

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de Informática
Carrera de Ingeniería Informática

Aplicación Informática de Análisis y Diseño de Redes Radiales Eléctricas

Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en Informática

Autor:
Andrés Solenzal Omchina

Tutor:
Raúl Fernández Álvarez

Cienfuegos, Cuba
Curso 2008 - 2009

Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Grupo SIGERE de la Organización Básica Eléctrica de Sancti Spíritus y al Departamento de Informática de la Facultad de Informática en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, para que hagan el uso que estimen pertinente con el trabajo de diploma.

Para que así conste firmo la presente a los 12 días del mes de Junio del 2009.

Andrés Solenzal Omchina

Raúl Fernández Álvarez

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

Firma Tutor

Firma ICT

Firma Tutor

Firma Vicedecano

Opinión del usuario

El Trabajo de Diploma, titulado <Título del Trabajo de Diploma>, fue realizado en nuestra entidad <Nombre de la Entidad que utilizará el sistema>. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado nos satisface:

Totalmente

Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a nuestra entidad los beneficios siguientes (cuantificar):

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a <valor> MN y/o <valor> CUC. (Este valor debe ser REAL, no indica lo que se reportará, sino lo que reporta a la entidad. Puede desglosarse por conceptos, tales como: cuánto cuesta un software análogo en el mercado internacional, valor de los materiales que se ahorran por la existencia del software, valor anual del (de los) salario(s) equivalente al tiempo que se ahorra por la existencia del software).

Y para que así conste, se firma la presente a los ____ días del mes de ____ del año ____.

Raúl Fernández Álvarez

Nombre del representante de la entidad

Cargo

Firma

Cuño

Opinión del tutor

Título: Sistema Informático de Análisis y Diseño de Redes Radiales Eléctricas

Autor: Andrés Solenzal Omchina

El tutor del presente Trabajo de Diploma considera que durante su ejecución el estudiante mostró las cualidades que a continuación se detallan.

<El tutor debe expresar cualitativamente su opinión y medir (usando la escala: muy alta, alta, adecuada) entre otras las cualidades siguientes: Independencia, Originalidad, Creatividad, Laboriosidad y Responsabilidad>

<Además, debe evaluar la calidad científico-técnica del trabajo realizado (resultados y documento) y expresar su opinión sobre el valor de los resultados obtenidos (aplicación y beneficios)>.

Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está apto para ejercer como Ingeniero Informático; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de <2 – Desaprobado, 3 – Aprobado, 4 – Bien, 5 – Excelente>.

Y para que así conste, se firma la presente a los ___ días del mes de _____ del año ____.

Ing. Raúl Fernández Álvarez

Nombre completo del primer tutor

Fecha: _____

Agradecimientos

A mi papá, que siempre será el guía,

A mi familia,

A mi novia por soportarme el genio,

A mis amigos del cuarto,

Al grupo SIGERE por brindarme apoyo y conocimientos,

A la Revolución y en especial a todas las personas que trabajan para que siga adelante,

Y a todos los que quieran mi agradecimiento.

*A mi papá, mi mamá y mis hermanos.
A mis abuelos y a mi tío.*

Resumen

En las Empresas Eléctricas de nuestro país se hace necesaria la creación de aplicaciones para la manipulación de Redes Eléctricas y la realización de análisis de diferentes tipos a estas. Este proceso se ve obstaculizado porque las aplicaciones creadas con este fin no satisfacen todos los requerimientos de los técnicos que las utilizan.

En el trabajo se pone de manifiesto el uso de herramientas y técnicas innovadoras con el fin de ampliar las potencialidades del análisis de circuitos así como darle a este tipo de aplicaciones un entorno más amigable al usuario. Además de esto todo el proceso ha sido documentado mediante la utilización de nuevas herramientas para el modelado y de una metodología para el control del trabajo y de esta forma se muestran los procesos de análisis, diseño e implementación de una aplicación que realice el análisis y diseño de redes radiales eléctricas con el objetivo de reducir costos por las pérdidas que ocurren por mal planeamiento de las redes así como por un uso indebido de los componentes que las conforman.

Índice

Introducción.....	2
Capítulo 1 – Fundamentación teórica.....	7
1.1 – Introducción.....	7
1.2 – Descripción del dominio del problema.....	7
1.2.1 Redes Radiales Eléctricas.....	8
1.2.2 El Cálculo de Flujo de Potencia.....	10
1.2.3 Métodos Numéricos para la realización del Cálculo de Flujo de Potencia.....	11
1.2.4 Método de Cheng para el cálculo de flujo de potencia.....	13
1.3 – Cálculo Niveles de Cortocircuito.....	15
1.4 – Descripción del objeto de estudio.....	16
1.4.1 – Campo de Acción.....	16
1.5 – Descripción de las aplicaciones existentes.....	16
1.5.1 – Análisis comparativo de otras soluciones existentes con la propuesta.....	17
1.5.1.1 General.....	17
1.5.1.2 Radial.....	17
1.5.1.3 PSX o Power System Explorer:.....	18
1.6 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales.....	18
1.6.1 – Fundamentación de las metodologías utilizadas.....	18
1.6.1.1 Lenguaje de Modelado Unificado (UML).....	18
1.6.1.2 Proceso Unificado de Desarrollo.....	19
1.6.1.3 Metodología Ágil. Scrum.....	20
1.6.2- Fundamentación de la tecnología utilizada.....	22
1.6.2.1 Borland Caliber RM:.....	22
1.6.2.2 Enterprise Architect.....	23
1.6.2.3 Code Gear RAD Studio 2009.....	24
1.6.2.4 Microsoft SQL Server.....	24
1.6.2.5 Robo Help 2000.....	25
1.6.2.6 Borland Starteam.....	26
1.7 – Conclusiones.....	26
Capítulo 2 – Modelo del dominio.....	27
2.1 – Introducción.....	27
2.2 – Definición de las entidades y los conceptos principales.....	27
2.3 – Reglas del negocio a considerar.....	28
2.3.1 Codificación de Circuitos.....	29
2.3.2 Conectividad.....	31
2.5 – Conclusiones.....	31
Capítulo 3 – Requisitos.....	32
3.1 – Introducción.....	32
3.2 – Descripción del sistema propuesto.....	32
3.2.1 – Concepción general del sistema.....	32
3.2.2 – Requerimientos funcionales.....	33
3.2.3 – Requerimientos no funcionales.....	35
3.3 – Modelo de casos de uso del sistema.....	36

3.3.1 – Actores del sistema	36
3.3.2 – Paquetes y sus relaciones	36
3.3.3 – Diagramas de casos de uso del sistema.....	38
3.3.4 – Descripción de los casos de uso del sistema	44
Estimación del Esfuerzo basado en los Casos de Uso.....	47
Factores de Complejidad Técnica (TCF)	48
Factores de Complejidad Ambiental (ECF).....	49
3.4 – Conclusiones.....	50
Capítulo 4 – Construcción de la solución propuesta	51
4.1 – Introducción	51
4.2 – Diagrama de clases del diseño	51
4.3 – Diseño de los ficheros y la Base de Datos	55
4.3.1 – Modelo lógico de datos	55
4.3.2 – Modelo físico de datos	57
4.4 – Diagrama de implementación	58
4.5 – Principios de diseño	59
4.5.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación	59
4.5.2 Opciones del programa	59
4.5.3 – Utilización del Componente ActionManager	63
4.5.4 – Tratamiento de errores	63
4.5.5 – Concepción General de la ayuda.....	64
4.5.6 – Aceptación	64
4.6 – Conclusiones.....	64
Conclusiones	66
Recomendaciones	67
Referencias bibliográficas	68
Bibliografía.....	70
Anexos.....	71
Anexo 1 – Prototipos para los Casos de Uso del Sistema	71
Anexo 2 – Utilización del <i>ActionManager</i> para el control de las opciones del programa.	91
Anexo 3 Diagrama de componentes del SIGERE.	92
Anexo 4 Descripción de los Casos de Uso del Sistema.....	93

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de la Codificación de Circuitos	30
Tabla 2. Descripción de los actores del sistema	36
Tabla 3 Estimación del valor de cada Caso de Uso con base en su complejidad.....	47
Tabla 4 Resultados del Análisis de Factibilidad.....	48
Tabla 5 Estructura del fichero que almacena un circuito	57
Tabla 6 Descripción del Caso de Uso del Sistema Crear Circuito	93
Tabla 7 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Estación desde La Base de Datos.....	94
Tabla 8 Descripción del Caso de Uso del Sistema Conectarse a la Base de Datos	95
Tabla 9 Descripción del Caso de Uso del Sistema Entrar Datos Eléctricos	95
Tabla 10 Descripción del Caso de Uso del Sistema Entrar Datos de Transformadores	96
Tabla 11 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Sistema de Circuitos	96
Tabla 12 Descripción del Caso de Uso del Sistema Rectificar Estación.....	97
Tabla 13 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Configuración	98
Tabla 14 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Circuito por Discos	98
Tabla 15 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Datos de Tramos.....	99
Tabla 16 Descripción del Caso de Uso del Sistema Abrir Carga	99
Tabla 17 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cerrar Carga	100
Tabla 18 Descripción del Caso de Uso del Sistema Abrir Desconectivo.....	100
Tabla 19 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cerrar Desconectivo	101
Tabla 20 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cambiar Calibre.....	101
Tabla 21 Descripción del Caso de Uso del Sistema Recambiar Calibre	102
Tabla 22 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cambiar Estructura	103
Tabla 23 Descripción del Caso de Uso del Sistema Recambiar Estructura.....	103
Tabla 24 Descripción del Caso de Uso del Sistema Trasladar Fuente	104
Tabla 25 Descripción del Caso de Uso del Sistema Obtener Circuitos en Memoria	104
Tabla 26 Descripción del Caso de Uso del Sistema Seleccionar Circuito.....	105
Tabla 27 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Órdenes Ejecutadas	105
Tabla 28 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Corridas Ejecutadas	106
Tabla 29 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Básicos del Sistema.....	106
Tabla 30 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Resultados del Sistema.....	107
Tabla 31 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Interruptores del Sistema	108
Tabla 32 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Factores del Sistema	108

Tabla 33 Descripción del caso de uso de sistema Ver Factores del Sistema.....	109
Tabla 34 Descripción del caso de uso de sistema Escoger Datos del Sistema a Mostrar.....	109
Tabla 35 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar opcional del Sistema.....	110
Tabla 36 Descripción del caso de uso de sistema Escoger Datos del Circuito a Mostrar	110
Tabla 37 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar opcional por Circuito.....	111
Tabla 38 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados por Circuito	111
Tabla 39 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Básicos por Circuito	112
Tabla 40 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar elementos por Circuito	113
Tabla 41 Descripción del caso de uso de sistema Ver Monolineal del Circuito	113
Tabla 42 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfiles del Circuito.....	114
Tabla 43 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Corriente	114
Tabla 44 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Voltaje.....	115
Tabla 45 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Potencia y Reactivo	115
Tabla 46 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Niveles de Corto Circuito	116
Tabla 47 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados Fallas Circuito.....	116
Tabla 48 Descripción del caso de uso de sistema Realizar Cálculo de Flujo.....	117
Tabla 49 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados Flujo de un Circuito	117
Tabla 50 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Circuito	118
Tabla 51 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Carga Eléctrico.....	118
Tabla 52 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Carga Geográfico	119
Tabla 53 Descripción del caso de uso de sistema Ver Control Opcional del Sistema	120
Tabla 54 Descripción del caso de uso de sistema Ver Directorios Implícitos.....	120
Tabla 55 Descripción del caso de uso de sistema Ver Opciones de Ambiente General	121
Tabla 56 Descripción del caso de uso de sistema Ver Alternas de Flujo.....	121
Tabla 57 Descripción del caso de uso de sistema Ver Opciones de Cálculo de Carga	122
Tabla 58 Descripción del caso de uso de sistema Ver Control Opcional por Circuito.....	122

Índice de figuras

Figura 1 Esquema de una Red Radial.....	8
Figura 2 Esquema de un Sistema Mallado	12
Figura 3: Diagrama de Clases del Modelo de Objetos del Dominio	28
Figura 4 Diagrama de Paquetes del Sistema	37
Figura 5 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Entrada de Datos.....	38
Figura 6 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Salida de Datos	39
Figura 7 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Cálculos	40
Figura 8 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Ver	41
Figura 9 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Configuración	42
Figura 10 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Gráficos.....	43
Figura 11 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Modificaciones.....	44
Figura 12. Diagramas de Paquetes	51
Figura 13. Diagramas de Clases Paquete Circuitos	52
Figura 14. Diagramas de Clases Paquete Cálculos.....	53
Figura 15. Diagramas de Clases Paquete Reportes	54
Figura 13. Diagramas de clases persistentes	56
Figura 14 Diagrama del Modelo Físico de Datos.....	58
Figura 15. Diagrama de implementacion	59
Figura 16 Diagrama de clases para el mecanismo de las acciones.....	62
Figura 17 Diagrama de Actividad en la ejecución de una acción.....	91
Figura 18 Diagrama de Componentes del SIGERE	92

Introducción

El mundo hoy está sumergido en una gran crisis económica provocada por el decrecimiento de las reservas de recursos naturales que intervienen en la producción de energía. La Revolución Industrial marcó una etapa importante en la economía mundial, empleando en gran parte el petróleo como fuente de energía para generar electricidad, calor y otros derivados. Hoy, el petróleo ha sido el objetivo de sangrientas guerras con el objetivo de controlar este preciado recurso, esto ha provocado la subida del precio de este en el mercado mundial. Muchos de los países del mundo se han trazado estrategias para combatir esta adversidad creando programas de ahorro e inclusive la explotación de otras fuentes de energía renovables.

Con el objetivo de lograr la eficiencia energética es necesario el uso de herramientas que permitan realizar un análisis comparativo de redes eléctricas sometidas a varios cambios o modificaciones en busca del mejor desempeño y la menor cantidad de pérdidas de energía y materiales ocasionadas por aspectos técnicos.

Estas herramientas ofrecen grandes beneficios económicos al país ya que solo pocas empresas producen este tipo de sistemas; entre estas encontramos a Siemens, Telvent, FENOSA, General Electrics y ABB. La utilización de software producido por transnacionales puede ocasionar una dependencia tecnológica fuerte con los suministradores de estos sistemas, y llegar al punto de ocasionar problemas en muchos países como sucedió en Nicaragua. Además de esto está el precio de los servicios prestados por los suministradores, por ejemplo en el año 2003 una consultoría general del estado de la distribución fue valorada en 250 mil USD, y en el año 2004 Soluziona oferta a la Unión Nacional Eléctrica (en lo adelante UNE) un sistema que solo abarcaba la distribución en 2 millones de dólares (USD). Además de esto otras propuestas de software más especializado o con menor precio realizadas por compañías extranjeras se han visto frustradas por el bloqueo económico existente sobre nuestro país. Esta es una de las razones que hacen que la construcción de sistemas de este tipo sea un tema imperativo.

En la actualidad existen otros sistemas producidos en Cuba y en el extranjero que realizan este tipo de análisis. Pero estos atienden otros niveles de información y no

tienen la misma concepción de circuito que se abordará en el transcurso del trabajo, un ejemplo de esto es la realización de cálculo de flujo de potencia a varios circuitos a la misma vez y la consideración de lazos existentes entre circuitos a la hora de realizar el cálculo.

El análisis realizado a redes eléctricas nos permite obtener conocimientos acerca de las condiciones estables e inestables de la red. Los resultados muestran el estado de las variables involucradas en el análisis lo cual brinda una medida de cuanta energía se pierde o se gana de acuerdo a conceptos técnicos. Además de esto el análisis puede ofrecer información acerca de qué condiciones deben ocurrir en el circuito para la ocurrencia de fallas, las cuales pueden ser muy costosas a la economía porque pueden llevar al reemplazo de uno o varios componentes en la red.

Una vía para obtener el estado estable de la red eléctrica es la realización del cálculo de flujo de potencia con la realización de este podemos obtener los parámetros fundamentales de cada uno de los elementos que componen la red, por ejemplo el voltaje, la corriente, el ángulo de la corriente y la potencia tanto activa como reactiva que llega a cada uno de estos elementos. Otro resultado importante de este cálculo son las pérdidas de potencia ocurridas en cada nodo, estas se pueden minimizar haciendo mejoras a los componentes de la red.

Otro de los cálculos importantes es el de Niveles de Corto Circuito, el cual nos brinda las condiciones que deben existir en la red para la ocurrencia de este fenómeno no deseado.

Con el objetivo de realizar el análisis y diseño de redes eléctricas es necesario crear una aplicación informática que se encargue de estas funcionalidades y que pueda ser utilizado por los técnicos de la UNE en aras de realizar esto con una mayor precisión, velocidad y confiabilidad en los resultados. El sistema debe permitir realizar el análisis y diseño de redes eléctricas centrándose en el cálculo de flujo y el cálculo de niveles de cortocircuito; además de permitir al usuario la realización de modificaciones típicas a los circuitos en busca de mejores resultados.

En la Unión Nacional Eléctrica se ha creado con el objetivo de objeto de atender integralmente la informática, las comunicaciones y la automática una nueva empresa y

dentro de se formo una UEB para atender específicamente las aplicaciones sobre Redes Eléctricas a partir del grupos de desarrolladores que desde hace diez años se encargan de la automatización de los procesos relacionados con la manipulación y el control de las redes en nuestro país.

El objeto de estudio de este trabajo son los procesos de informatización que ocurren en la Unión Nacional Eléctrica en especial el de creación de software técnico para análisis de redes eléctricas.

Esto hace que se tome como idea a defender la creación y puesta en explotación de un sistema que realice el cálculo de flujo y de niveles de corto circuito a redes radiales eléctricas.

El objetivo general del trabajo es la creación de un producto informático nombrado Wingeneral que permita realizar el cálculo de flujo de potencia y de niveles de cortocircuito mediante la aplicación de métodos numéricos diseñados para cumplir estos objetivos. Este producto está basado en una aplicación anterior realizado por el grupo de redes en los años 90.

Para darle cumplimiento al objetivo general del trabajo se trazaron los siguientes objetivos específicos:

- Perfeccionar métodos para realizar el análisis a circuitos eléctricos.
- Crear las estructuras de datos necesarias para la manipulación de circuitos.
- Mostrar reportes tanto gráficos como tabulados de los resultados tras aplicar los métodos de análisis de circuitos eléctricos.
- Obtener un mecanismo de acciones que sea capaz de manipular el desempeño de la aplicación.

Para realizar lo planteado es necesario el cumplimiento de tareas científicas con el objetivo de ganar conocimientos acerca del tema que se trata. Estas tareas son:

- Estudiar diferentes métodos para el cálculo de flujo para determinar el que mejor se adapte a la problemática.
- Estudiar diferentes conceptos de circuitos aplicables a la informática para determinar la estructura de datos correcta a emplear.

- Estudiar el mecanismo de acciones general que rige las operaciones sobre circuitos y su adaptación a las posibilidades que brinda el entorno Windows.
- Estudiar tecnologías para la presentación de gráficos y la manipulación de estos.

Con la realización de este trabajo se obtendrá una aplicación capaz de realizar el Análisis y Diseño de Redes Radiales Eléctricas el cual podrá ser empleado por los técnicos y personas vinculadas al campo de acción.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera, utilizando los estándares estructurales de trabajos de diploma:

Capítulo 1: Se describe el estado del arte y objeto de estudio del Sistema General de Análisis y Diseño de Redes Radiales Eléctricas, así como la situación problemática que rige esta investigación; además de presentar definiciones, ventajas, utilidades, formas correctas de aplicación y características específicas que reflejan las potencialidades de su uso. Además de esto se hace un resumen de las metodologías y herramientas que usa el grupo y que se tuvo que adoptar para la creación de una solución al problema.

Capítulo 2: Se describe, a través del Modelo de Dominio, una representación de la solución propuesta, además, se presenta una descripción detallada de las reglas de negocio que el objeto de automatización debe seguir para asegurar el cumplimiento de las restricciones que existen en el dominio.

Capítulo 3: Se describe y analiza el modelo de sistema del objeto de automatización. Se identifican los requerimientos funcionales y no funcionales, se definen a los actores del sistema y a los servicios o funcionalidades que a su disposición se colocan (los casos de uso del sistema). Además de esto se presentan diferentes diagramas que describen el comportamiento de los casos de uso y su relación con los actores. Además de esto se presenta el estudio de factibilidad en base a los casos de uso del sistema definidos en el capítulo.

Capítulo 4: Se trata el tema relacionado con la construcción de la solución propuesta, se presentan diagramas del Modelo Lógico y Físico de datos y el Diagrama de Implementación.

Capítulo 1 – Fundamentación teórica

1.1 – Introducción

En este capítulo se describen los temas asociados al dominio de la problemática planteada con el objetivo de lograr un mejor entendimiento del tema que se discute basándose en el objeto de estudio y en los principales conceptos asociados a este problema. Además de esto se describe las metodologías y herramientas utilizadas para darle solución al problema.

1.2 – Descripción del dominio del problema

Cuando la palabra electricidad es mencionada, refleja vagamente una forma de energía que puede ayudarnos a realizar o realizar múltiples tipos de trabajo, ya que al aplicarle una serie de transformaciones puede obtenerse como resultado final energía térmica, luminosa, mecánica y química. Las bases de todos los conceptos relacionados con el campo de la electricidad están en la teoría del electrón. Esto dice que en todos los estados, la materia está compuesta de diminutas unidades llamadas átomos. Estos se dividen en partículas mucho menores llamadas protones, electrones y neutrones. Además de esto hay un gran número de materiales que pueden conducir electricidad, estos son llamados conductores. Al movimiento continuo y ordenado de los electrones dentro de un conductor se le llama corriente eléctrica y se mide en Amperes (A), mientras que, a la presión que ejercen estos se le llama voltaje la cual se mide en Volts (V).

Hay muchas maneras de generar electricidad, utilizando energías naturales renovables, utilizando combustibles fósiles o simplemente vinculando elementos químicos y físicos. Con el paso de la revolución industrial y la apertura de la extracción de combustibles fósiles desde el interior del planeta se hizo más efectivo generar electricidad basándose en la energía térmica y hoy en día se consume mucho combustible en dicho proceso por el crecimiento acelerado de consumidores. Otra vía para realizar la generación es la puesta en marcha de reacciones nucleares entre sustancias con energía potencial de

este tipo, método el cual es utilizado con otros fines incorrectos al usarse en guerras de exterminio.

El proceso de distribución es la porción de la infraestructura de entrega de corriente que toma la electricidad desde circuitos de transmisión de alto voltaje y la entrega a los consumidores.[1]

1.2.1 Redes Radiales Eléctricas

El concepto de radial dentro de las redes eléctricas es que todos los elementos de la red se alimentan con solo una fuente, en esta red los elementos que la componen pueden tener solo un padre o predecesor. Por ejemplo:

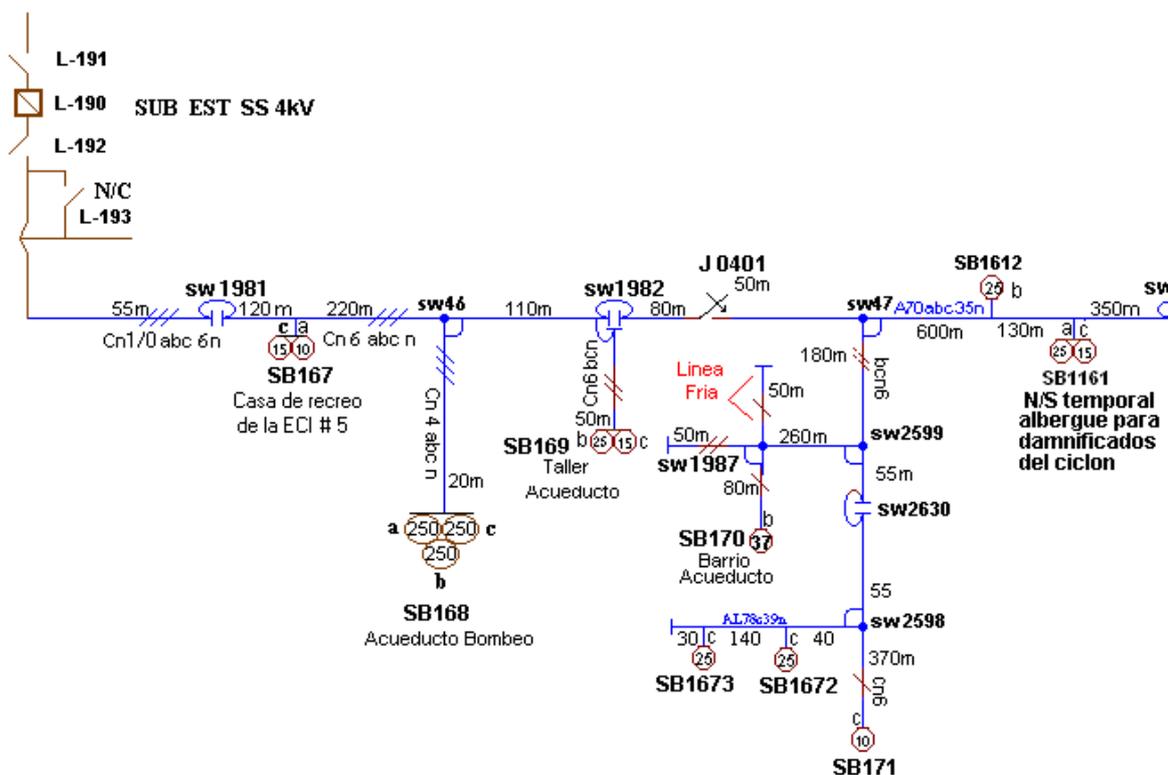


Figura 1 Esquema de una Red Radial

Las Redes Radiales eléctricas están compuestas por uno o más circuitos eléctricos y las conexiones entre estos.

Circuitos de Subtransmisión

Este tipo de circuito es el encargado de llevar la energía eléctrica con un voltaje de aproximadamente 34.5 kV (34500 V) desde las Subestaciones de Transmisión hasta las Subestaciones de Distribución. Estos circuitos alimentan zonas extensas pudiendo llegar hasta 50 kilómetros de longitud.

Circuitos Primarios

Los circuitos primarios distribuyen con un voltaje que en Cuba es de 4.16 kV ó 13.2 kV. Parten de las Subestaciones de Distribución y son los encargados de controlar, y distribuir la energía hasta los bancos de transformadores y capacitares. Alimentan zonas rurales y urbanas y su longitud típica es de 20 kilómetros.

Circuitos Secundarios

El circuito secundario tiene como objetivo llevar la energía eléctrica con voltaje reducido hasta los consumidores comerciales de poca envergadura y los consumidores residenciales. El voltaje que circula por sus líneas esta en el rango de 120 a 440 Volts. Estos circuitos generalmente son conectados a bancos de transformadores ubicados en circuitos primarios los que se encargan del proceso de reducción de voltaje.

En este circuito los datos más relevantes son la cantidad de acometidas y de consumidores que tienen por fase los cuales ayudan a calcular la potencia activa y reactiva (que se definen más adelante) y la resistencia en un poste en particular.

Circuitos de Alumbrado

El alumbrado público es el servicio consistente en la iluminación de las vías públicas, parques , y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de

ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objetivo de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

Por lo general el alumbrado público en las ciudades o centros urbanos es un servicio municipal que se encarga de su instalación, aunque en carreteras o infraestructura vial importante corresponde al gobierno central o regional su implementación.

Datos importantes acerca del alumbrado público son: el ancho de la calle, la altura del montaje, tipo de lámpara, largo del brazo, tipo de montaje, potencia de la lámpara y pérdidas de balastro.

1.2.2 El Cálculo de Flujo de Potencia

Un sistema eléctrico de potencia (de ahora en adelante SEP) tiene como propósito general satisfacer la continua demanda de potencia eléctrica de carga, requerida por los consumidores. Existen varias restricciones que deben cumplirse al proporcionarse el servicio: los niveles de voltaje y frecuencia deben mantenerse dentro de cierta tolerancia; las líneas de transmisión no deben operar cerca de sus límites térmicos y de estabilidad; además, el suministro debe ser confiable y con el menor costo posible.[2] Para analizar el comportamiento del SEP bajo las consideraciones anteriores, se plantea lo siguiente: dadas las inyecciones de potencia activa y reactiva -generaciones y cargas- en los nodos de la red, encontrar las condiciones eléctricas en Estado Estable del SEP. Este análisis del comportamiento del SEP es conocido como Análisis de Flujos de Potencia[2]

Los estudios de flujo de potencia son de gran importancia en la planeación y diseño de la expansión futura de los sistemas de potencia, así como también en la determinación de las mejores condiciones de operación de los sistemas existentes. La principal información que se obtiene de un estudio de flujos y potencia es la magnitud y el ángulo de fase del voltaje en cada barra y la potencia real y reactiva que fluyen en cada línea. Sin embargo, se puede obtener gran cantidad de información adicional que es valiosa a través de la salida impresa de los programas de computadora que utilizan las compañías eléctricas de generación. [3]

Además de esto en la planificación de un sistema es necesario considerar alternativas de expansión que cumplan todas las restricciones para anticipar soluciones a problemas en la operación futura[2]

El significado físico de la potencia activa P se comprende con facilidad. La energía total absorbida por una carga durante un intervalo de tiempo T , consistente en un ciclo de la tensión sinusoidal, es PT - watt-segundos (Ws). Durante un intervalo de tiempo de n ciclos la energía absorbida es $P(nT)$ watt-segundos, toda la cual es absorbida por la componente resistiva de la carga. Un medidor de kilowatt-horas está diseñado para medir la energía absorbida por una carga en un intervalo (t_2-t_1) , el cual consta de un número entero de ciclos, al integrar la potencia real P sobre un intervalo de tiempo (t_2-t_1) . [4]

El significado físico de la potencia reactiva Q no se entiende tan fácilmente. Q se refiere al valor máximo de la potencia instantánea absorbida por la componente reactiva de la carga. La potencia reactiva instantánea es positiva y negativa de forma alterna y representa el flujo reversible de energía que va hacia la componente reactiva de la carga y sale de ella. La potencia reactiva Q es una cantidad útil cuando se describe la operación de los sistemas de potencia. Como un ejemplo se pueden usar capacitores en derivación en los sistemas de transmisión para entregar potencia reactiva e incrementar el valor de las magnitudes de tensión durante los períodos de carga pesada. [4]

1.2.3 Métodos Numéricos para la realización del Cálculo de Flujo de Potencia

Existen métodos tradicionales para solución matemática del cálculo de flujo como son el Método de Gauss-Seidel y el Método de Newton-Raphson.

Los métodos que a continuación se explican no analizan Sistemas Mallados sino Radiales. Los Sistemas Mallados se diferencian de los radiales en que los elementos que lo componen pueden tener más de un padre.

ellos necesita de sub-iteraciones. Su característica de convergencia no es buena para sistemas cargados. [6]

Para un mismo sistema cargado nominalmente, los métodos Suma de Corrientes y Suma de Potencias convergen en la misma cantidad de iteraciones. Sin embargo, al aumentar la carga solo converge el método de Suma de Potencias[7].

Otro método para realizar el cálculo de flujo es el desarrollado por Cheng en la Universidad de Taiwán en el año 1988, este se explica a continuación.

1.2.4 Método de Cheng para el cálculo de flujo de potencia

El algoritmo para el barrido hacia delante y hacia tras de la simulación del flujo de potencia en un sistema de distribución radial fue formulado por D. Shirmohammadi y C. S. Cheng en su tesis para IEEE Transiciones en Sistemas de Potencia. El algoritmo es simple ya que está basado en dos leyes básicas de ingeniería eléctrica, la ley de corrientes y voltajes de Kirchoff. Desde que fue especialmente formulado para los sistemas de distribución radiales de poca envergadura como en un sistema de gran escala, este es una herramienta muy rápida y efectiva para una simulación donde el factor más importante es la velocidad. Si es propiamente implementado utilizando cualquier lenguaje de programación el tiempo de ejecución crece menos linealmente respecto a la inserción de nuevos nodos o líneas.[8]

Ahora se presenta una explicación detallada acerca de este método.

El Método de Cheng consta de tres fases que se repiten en iteraciones hasta que una condición de convergencia es cumplida.

Primera Fase: Cálculo de inyecciones de corrientes para cada uno de los nodos.

$$\begin{bmatrix} I_{ia} \\ I_{ib} \\ I_{ic} \end{bmatrix}^{(k)} = \begin{bmatrix} \left(\frac{S_{ia}}{V_{ia}^{(k-1)}} \right)^+ \\ \left(\frac{S_{ib}}{V_{ib}^{(k-1)}} \right)^+ \\ \left(\frac{S_{ic}}{V_{ic}^{(k-1)}} \right)^+ \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Y_{ia}^+ & & \\ & Y_{ib}^+ & \\ & & Y_{ic}^+ \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{ia} \\ V_{ib} \\ V_{ic} \end{bmatrix}^{(k-1)}$$

Donde:

I_{ia}, I_{ib}, I_{ic} : Inyecciones de corriente por fase en el nodo i correspondiente a una carga de potencia constante.

S_{ia}, S_{ib}, S_{ic} : Inyecciones de potencia conocida en el nodo i.

V_{ia}, V_{ib}, V_{ic} : Voltaje en el nodo i.

Y_{ia}, Y_{ib}, Y_{ic} : Tolerancia en el nodo i.

Segunda Fase: Barrido hacia detrás sumando las corrientes de las secciones de líneas.

La corriente en la sección de línea i se computa de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} J_{ia} \\ J_{ib} \\ J_{ic} \end{bmatrix}^{(k)} = - \begin{bmatrix} I_{ia} \\ I_{ib} \\ I_{ic} \end{bmatrix}^{(k)} + \sum_{m \in M} \begin{bmatrix} J_{ma} \\ J_{mb} \\ J_{mc} \end{bmatrix}^{(k)}$$

Donde:

J_{ia}, J_{ib}, J_{ic} : Son los flujos de corriente en la sección de línea i.

M : Es el conjunto de secciones de línea conectados al nodo i.

Tercera Fase: Barrido hacia delante para actualizar el valor del voltaje nodal.

El voltaje nodal es:

$$\begin{bmatrix} V_{ja} \\ V_{jb} \\ V_{jc} \end{bmatrix}^{(k)} = \begin{bmatrix} V_{ia} \\ V_{ib} \\ V_{ic} \end{bmatrix}^{(k)} - \begin{bmatrix} Z_{aa} & Z_{ab} & Z_{ac} \\ Z_{ab} & Z_{bb} & Z_{bc} \\ Z_{ac} & Z_{bc} & Z_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_{ia} \\ J_{ib} \\ J_{ic} \end{bmatrix}^{(k)}$$

Estos tres Pasos se repiten hasta que se cumpla la siguiente condición de convergencia:

$$\Delta S_{ia}^{(k)} = V_{ia}^{(k)}(I_{ia}^{(k)})^* - Y_{ia}^+ |V_{ia}|^2 - S_{ia}$$

$$\Delta S_{ib}^{(k)} = V_{ib}^{(k)}(I_{ib}^{(k)})^* - Y_{ib}^+ |V_{ib}|^2 - S_{ib}$$

$$\Delta S_{ic}^{(k)} = V_{ic}^{(k)}(I_{ic}^{(k)})^* - Y_{ic}^+ |V_{ic}|^2 - S_{ic}$$

Este algoritmo de flujo de potencia ha sido probado satisfactoriamente en la ubicación óptima de capacitores.[8]

1.3 – Cálculo Niveles de Cortocircuito

En el diseño, planificación y operación de los SEP los estudios de fallas son comúnmente utilizados con diferentes propósitos. En algunos casos para la especificación del equipo de interrupción, en otros, para definir estrategias de operación sin violar niveles de corto circuito, también se emplean para definir el ajuste de protecciones o bien para analizar casos específicos de fallas.

La ocurrencia de Fallas en un sistema es de naturaleza aleatoria, de ahí que su estudio requiera bases sólidas para la definición del problema y la aplicación de resultados. El momento en que ocurre la falla, el tipo de falla, el lugar en que ocurre, las fases involucradas, la evolución de la falla, etc., son aspectos importantes para el estudio.

Las fallas son conexiones no planeadas que perturban el equilibrio del sistema, con lo cual se inicia un proceso dinámico y la reacción de elementos y controles. La falla tiene un impacto variable a lo largo del tiempo, teniendo los valores mayores de corrientes en los primeros ciclos del disturbio.[9]

Un estudio de fallas completo involucra estudios dinámicos para observar el comportamiento de diversas variables en el tiempo. Sin embargo, si se define específicamente el objetivo del análisis, el rango del tiempo de interés queda bien definido. [9]

1.4 – Descripción del objeto de estudio

Los Sistemas de Gestión evolucionan con los cambios estructurales y avances tecnológicos del dominio donde se aplican. El SIGERE (Sistema de Gestión de Redes) es una evolución del Sistema de Gestión de Distribución (SIGEDI) cuyo alcance inicial era a partir de las barras de 33 kV y los Despachos de Distribución. 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 actualidad se cuenta con 19 módulos terminados de acuerdo con la visión del SIGERE y otros 7 ejecutables auxiliares desarrollados, de un total de 30 módulos en seis Subsistemas Funcionales lo que da un costo de 120 Años Hombres de Desarrollo. El SIGERE ha sido clave en la automatización de los Despachos Eléctricos en todo el País. En el Anexo 3 se muestra un diagrama de los componentes del SIGERE que le permite al lector obtener una mejor noción del objeto de estudio.

1.4.1 – Campo de Acción

El campo de acción abarcado en este trabajo no solo se limita a la realización de cálculos como el flujo y los niveles de cortocircuito sino a la introducción de modificaciones en los circuitos para ver el comportamiento que toman los resultados de estos cálculos dada la variación realizada.

1.5 – Descripción de las aplicaciones existentes

En la actualidad existen varias aplicaciones tanto nacionales como internacionales en explotación que tratan temas vinculados al análisis de circuitos eléctricos. Muchos de estos son producidos en el exterior, lo que representa una desventaja para nuestro país ya que por razones políticas o económicas no pueden ser comprados. En Cuba, en estos momentos se encuentran en uso: General, Radial y PSX o Power System Explorer los que se describen brevemente a continuación.

1.5.1 – Análisis comparativo de otras soluciones existentes con la propuesta.

1.5.1.1 General

General o Programa G es una buena solución a la problemática dada este tiene entre sus características:

1. Trabaja con los 4 tipos de circuitos radiales.
2. Trabaja con el concepto de Sistema. Carga o elimina dinámicamente los circuitos de memoria.
3. Permite las modificaciones usuales en estos circuitos.
4. Permite hacer análisis estadísticos y zonales.
5. Permite varias modelaciones de carga y tipos de cálculo de flujo.
6. Tiene grandes posibilidades gráficas.
7. Puede trabajar como un procesador de comandos a partir de un fichero Caso.

Este también presenta sus dificultades entre las cuales se encuentra la interfaz gráfica es realizada en base MS-DOS lo que lo hace un poco incómodo para el usuario a la hora de interactuar con este, fue programado en una época donde las computadoras existentes contaban con muy poca memoria lo que hace que algunos datos tengan restricciones en sus tamaños y otra deficiencia importante es que no soporta la tabla del sistema Unicode, lo que hace que a la hora de imprimir en pantalla algunos caracteres especiales no lo haga de manera correcta.

1.5.1.2 Radial

En el caso de Radial, la principal deficiencia es que no considera el concepto de Sistema de Circuitos o sea que los análisis y estudios realizados a circuitos los hace de uno a uno, lo que la solución propuesta cumple perfectamente. La principal ventaja es que calcula redes radiales desbalanceadas y que tiene una interfaz gráfica eficiente.

1.5.1.3 PSX o Power System Explorer:

PSX es un sistema creado en la Universidad de las Villas para el entorno de Windows 95, fue creado originalmente usando la herramienta de programación Delphi 3.0 y sus módulos de cálculo en Microsoft Visual C++ 5.0 todos ellos utilizando las técnicas del diseño orientado a objetos. Su característica principal es que está enfocado a la red fundamental del Sistema y no considera el concepto de circuito.

1.6 – Tendencias, metodologías y/o tecnologías actuales

Por razones obvias, para el análisis y desarrollo de una solución a la problemática fue necesario utilizar las herramientas que se utilizan el SIGERE. El autor tuvo que asimilar estas tecnologías en relativamente poco tiempo.

1.6.1 – Fundamentación de las metodologías utilizadas

1.6.1.1 Lenguaje de Modelado Unificado (UML): El Lenguaje de Modelado Unificado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un producto de software que responde a un enfoque orientado a objetos. Este lenguaje fue creado por un grupo de estudiosos de la Ingeniería de Software formado por: Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1995. Desde entonces, se ha convertido en el estándar internacional para definir organizar y visualizar los elementos que configuran la arquitectura de una aplicación orientada a objetos. Con este lenguaje, se pretende unificar las experiencias acumuladas sobre técnicas de modelado e incorporar las mejores prácticas actuales en un acercamiento estándar. [10]UML no es un lenguaje de programación sino un lenguaje de propósito general para el modelado orientado a objetos y también puede considerarse como un lenguaje de modelado visual que permite una abstracción del sistema y sus componentes. Entre sus objetivos fundamentales se encuentran:

1. Ser tan simple como sea posible, pero manteniendo la capacidad de modelar toda la gama de sistemas que se necesita construir.

2. Necesita ser lo suficientemente expresivo para manejar todos los conceptos que se originan en un sistema moderno, tales como la concurrencia y distribución, así como también los mecanismos de la ingeniería de software, como son el encapsulamiento y los componentes.
3. Debe ser un lenguaje universal, como cualquier lenguaje de propósito general.
4. Imponer un estándar mundial.

A partir del surgimiento de UML, muchas de las metodologías existentes en ese entonces, fueron adaptadas para utilizar este lenguaje, como es el caso de las Metodologías de Análisis y Diseño Orientado a Objetos de Sistemas Informáticos en su versión 5.0 y en otras como el Proceso Unificado de Desarrollo se concibió desde sus inicios utilizar UML.[10]

1.6.1.2 Proceso Unificado de Desarrollo:

El Proceso Unificado de Desarrollo, fue creado por el mismo grupo de expertos que crearon *UML*, Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1998. El objetivo que se perseguía con esta metodología era producir *software* de alta calidad, es decir, que cumpla con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecidos. Esta metodología concibió desde sus inicios el uso de *UML* como lenguaje de modelado.

Es un proceso dirigido por casos de uso, este avanza a través de una serie de flujos de trabajo, los cuales se muestran en la **Figura 3**, que parten de los casos de uso; está centrado en la arquitectura y es iterativo e incremental. Además cubre el ciclo de vida de desarrollo de un proyecto y toma en cuenta las mejores prácticas a utilizar en el modelo de desarrollo de *software*.

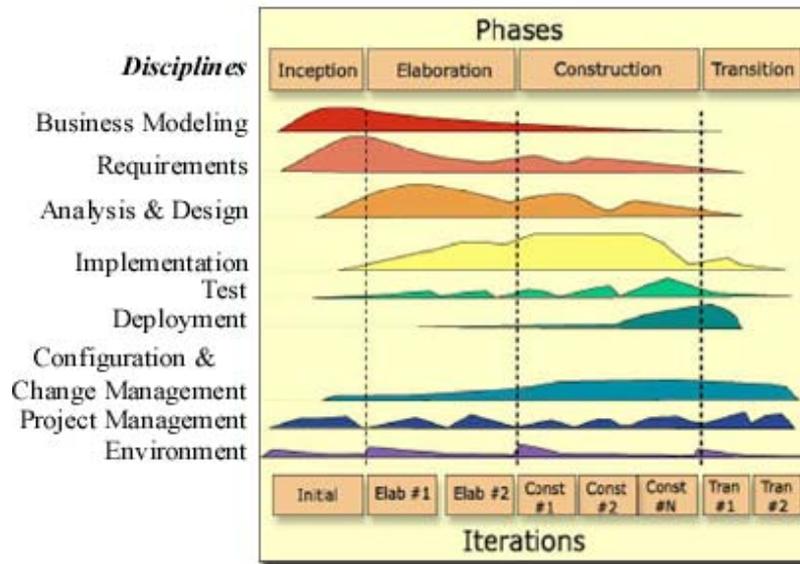


Figura 3 Flujos de Trabajo de la Metodología RUP

1.6.1.3 Metodología Ágil. Scrum:

Como metodología ágil específicamente referida a ingeniería de software, Scrum fue aplicado por Jeff Sutherland y elaborado más formalmente por Ken Schwaber [11]. Poco después Sutherland y Schwaber se unieron para refinar y extender Scrum, en el que se aplicaron principios de procesos de control industrial, junto con experiencias metodológicas de Microsoft, Borland y Hewlett-Packard. Schwaber se dio cuenta entonces de que un proceso necesita aceptar el cambio, en lugar de esperar predictibilidad [11]. A pesar que CMM se concentraba en hacer que los procesos de desarrollo se tornaran repetibles, definidos y predecibles, muchos de ellos eran formalmente impredecibles e irrepitibles porque cuando se está planificando no hay primeros principios aplicables, los procesos recién comienzan a ser comprendidos y son complejos por naturaleza.

Scrum no abarca todas las disciplinas del proceso por lo que es un complemento de otras metodologías, como XP o el Proceso Unificado [10]. Como método, **Scrum enfatiza valores y prácticas de gestión**, y no incluye prácticas para los requisitos, implementación y demás cuestiones técnicas; de allí su gran capacidad para complementar otros métodos.

Scrum es un proceso de gestión y control que implementa técnicas de control de procesos. Los valores de SCRUM son:

Equipos auto-dirigidos y auto-organizados. No hay un líder que decida, ni otros títulos que miembros del equipo, Director o Administrador; la excepción es el Scrum Máster que debe ser 50% programador y que resuelve problemas, pero no manda. Los observadores externos se llaman gallinas; pueden observar, pero no interferir ni opinar.

Una vez elegida una tarea, no se agrega trabajo extra. En caso que se agregue algo, se recomienda quitar alguna otra cosa.

Encuentros diarios en las que los miembros responden a tres preguntas:

¿Qué ha logrado completar con respecto al cronograma (backlog en Scrum), desde la última reunión?

¿Qué obstáculos ha encontrado en la forma de hacer su trabajo?

¿Qué cosas específicas planea completar, relativo al backlog, entre este momento y la siguiente reunión? Esta reunión se realiza siempre en el mismo lugar formando un círculo.

Iteraciones de treinta días, Scrum admite que sean más frecuentes.

Muestra del Producto, Se debe hacer una demostración a participantes externos al fin de cada iteración.

Planeación por objetivo, al principio de cada iteración, hay un planeamiento adaptativo guiado por el cliente.

Como se dijo Scrum puede ser utilizado en combinación con otros métodos. En el grupo de desarrollo se combina con el Proceso Unificado. También pueden usarse las recomendaciones del Modelado Ágil (AM) que es un complemento a las metodologías ágiles para facilitar el modelado y documentación efectiva de sistemas basados en software. AM es una colección de prácticas, guiadas por principios y valores, para ser aplicadas por los ingenieros del software. AM no define detalladamente procedimientos para crear un tipo de modelo dado, en cambio, provee consejos para hacer efectivo tal

modelado. Los modelos ágiles son más efectivos que los modelos tradicionales porque ellos son sólo lo que se necesita, no tienen que ser perfectos y completos. AM puede ser aplicado para modelar los requisitos, el análisis, la arquitectura y el diseño.[12]

1.6.2- Fundamentación de la tecnología utilizada

1.6.2.1 Borland Caliber RM:

Caliber RM es una herramienta para manipular los requerimientos de software que facilita la colaboración, análisis de impacto y comunicación, permitiendo a los equipos de software entregar los proyectos con una gran precisión y predictibilidad. Caliber RM también ayuda a pequeñas, grandes y distribuidas organizaciones a asegurarse que sus aplicaciones conozcan las necesidades del usuario final por lo que permite a analistas, desarrolladores, probadores y otros elementos dentro de un proyecto capturar la voz del cliente durante el ciclo de vida del proyecto. A continuación algunas de las principales cualidades de Caliber RM.

Repositorio centralizado: Caliber RM de Borland provee un repositorio central y seguro para todos los requerimientos de proyectos.

Adaptabilidad: Se adapta a sus procesos, brindando velocidad y agilidad para los procesos de manipulación de requerimientos.

Rastreo de requerimientos de principio a fin: La Arquitectura abierta de Caliber RM le permite enlazar los requerimientos de software a una gran variedad de artefactos durante el ciclo de vida.

Análisis de impacto: Los múltiples métodos para visualizar la rastreabilidad ayudan a los usuarios a analizar el impacto de algún cambio específico.

Conjunto de diversos clientes: Incluye un grupo de diversos clientes para una variedad de usuarios como son Web, Visual Studio y Windows.

Integración: La integración con otros productos de Borland permite vincular a Caliber RM durante el ciclo de desarrollo del producto.

1.6.2.2 Enterprise Architect

Enterprise Architect (EA), desarrollada por Sparx Systems, tiene una interfaz de usuario intuitiva y muy buenas herramientas para el diseño, haciendo la creación de los diagramas bastante fácil y rápida [13]. Esta herramienta soporta UML 2.0 además de funcionalidad extendida como fragmentos y estructura compuesta. EA se enfoca en proveer en forma relativamente sencilla métricas que no son relativas a algún lenguaje en específico, así como gestión de pruebas y defectos sin necesidad alguna de adición o instalación de componentes.

Sparx Systems desarrolló esta herramienta con muy buen soporte para la gestión del ciclo de vida de las aplicaciones, además de contar con muy buena ingeniería e ingeniería inversa aunque aún no genera código a partir de los diagramas dinámicos de UML. Enterprise Architect no favorece algún lenguaje de programación sobre otro, mas, son varios los lenguajes para los que EA genera código usando ingeniería inversa de lenguaje de programación y de Bases de Datos. EA puede extender sus modelos de UML para refinar el nivel de detalle usando tres técnicas: **valores de etiqueta** que son pegados a los diferentes elementos de los diagramas, **restricciones** son condiciones lógicas que pueden ser aplicadas a relaciones y elementos dentro de un diagrama y los **estereotipos** que son calificadores que estrechan la definición de elementos y relaciones. EA puede ser extendido adicionándole nuevos tipos de diagramas y estereotipos mediante la creación de perfiles que pueden ser creados, compartidos o importados.

Enterprise Architect presenta la característica de poder importar/exportar los diferentes diagramas a los distintos formatos existentes, importa diagramas de otras herramientas importantes como Rational Rose de IBM, e implementa los estándares más comúnmente usados.

EA es una herramienta muy completa que ha tomado el liderazgo en cuanto a la implementación de la última versión de UML, que implementa la compatibilidad con los lenguajes más populares y de última generación, además de estar preparado para aceptar futuros cambios que puedan ocurrir en la concepción de nuevos diagramas.

Todo esto hace que Enterprise Architect sea una herramienta más que adecuada para todas las tareas relacionadas al modelado con UML.

1.6.2.3 Code Gear RAD Studio 2009

Esta es una nueva entrega de la plataforma de programación Delphi creada en Embarcadero Technologies. Está basada en todas las cualidades de su versión anterior BDS Delphi 2006 y cuenta con un gran número de nuevas actualizaciones.

- Nuevos componentes.
- Nuevas opciones en el Manipulador de Proyectos.
- Nuevas Opciones para Build y Debugger
- Wizzard para creación de Componentes
- Nuevo Manipulador de recursos
- Nuevo explorador de clases.
- Búsqueda de componentes en la barra de herramientas
- Genéricos
- Prueba de Units
- Explorador de Bases de Datos
- Creador de Consultas SQL
- Nuevos Diálogos para Windows Vista.

Esto y mucho más hacen que una migración hacia Delphi 2009 sea una buena opción, ya que le permite al desarrollador realizar sus tareas de una forma más confiable y rápida.

Además de esto Mantiene las características del Delphi 2007.[14]

1.6.2.4 Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos relacionales basada en el lenguaje SQL, capaz de poner a disposición de muchos usuarios grandes cantidades de datos de manera simultánea.

Entre sus características figuran:

- Soporte de transacciones.
- Gran estabilidad.

- Gran seguridad.
- Escalabilidad.
- Soporta procedimientos almacenados.
- Incluye también un potente entorno gráfico de administración, que permite el uso de comandos DDL y DML gráficamente.
- Permite trabajar en modo cliente-servidor donde la información y datos se alojan en el servidor y las terminales o clientes de la red sólo acceden a la información.
- Además permite administrar información de otros servidores de datos

Este sistema incluye una versión reducida, llamada MSDE con el mismo motor de base de datos pero orientado a proyectos más pequeños. Microsoft SQL Server constituye la alternativa de Microsoft a otros potentes sistemas gestores de bases de datos como son Oracle o Sybase.

Para el desarrollo de aplicaciones más complejas (tres o más capas), Microsoft SQL Server incluye interfaces de acceso para la mayoría de las plataformas de desarrollo, incluyendo .NET.

Este gestor, al contrario de su más cercana competencia, no es multiplataforma, ya que sólo está disponible en Sistemas Operativos de Microsoft.

1.6.2.5 Robo Help 2000

RoboHELP® HTML es la herramienta líder para crear ayudas basadas en HTML para Windows. Combina el poder de la edición WYSIWYG (What You See is What You Get) HTML, organización de páginas, tabla de contenidos y fichero índice, navegación, gráficos, compilación y todo lo demás que se necesite para crear ayudas con contenido HTML en un ambiente gráfico fácil de usar.

Sus versátiles capacidades de salida permiten crear ayudas Microsoft HTML Help, WebHelp, Java Help, contenido para intranet, páginas Web y documentación impresa todo desde un mismo proyecto.

Además de esto se pueden importar archivos de ayuda del tipo .HPJ y .HLP creando así una ayuda HTML completamente funcional. [15]

1.6.2.6 Borland StarTeam

StarTeam de Borland es una herramienta integrada para el control de cambios y de configuración diseñada para desarrolladores ubicados en ambientes centralizados o distribuidos geográficamente.

Es una robusta plataforma para coordinar y manipular el proceso de desarrollo completo, StarTeam promueve la coordinación la colaboración a través de un control centralizado de actividades. Provee manipulación integrada de requerimientos, manipulación de cambio y configuración, manipulación de proyecto y tareas, rastreo de defectos, poner versión a ficheros y discusiones de equipo.

Otras funcionalidades son:

- Escalabilidad: StarTeam está distribuido en dos paquetes, uno para distribuciones geográficas de menor tamaño y otro para distribuciones geográficas globales.
- Seguridad: StarTeam encripta toda la comunicación existente entre el cliente y el servidor así como los ficheros en este. Dando acceso solo a los usuarios que definan las reglas del administrador.

1.7 – Conclusiones

En este capítulo se mostró el estado del arte del Sistema de Análisis General de Redes Radiales Eléctricas, se mostraron los principales conceptos asociados al tema y se describió el método de cálculo de flujo a aplicar para realizar el análisis. Además de esto se presentó una discusión acerca de las metodologías utilizadas y las herramientas empleadas para llevar a cabo la construcción de la solución.

Capítulo 2 – Modelo del dominio

2.1 – Introducción

En el presente capítulo se toma uno de los artefactos incluidos dentro de la Metodología RUP, el Modelo del Dominio, el cual ayuda a describir y a crear la solución propuesta. También cuenta con una descripción detallada de las reglas del negocio a considerar en aras de lograr un buen desempeño de la solución propuesta respetando el cumplimiento de las restricciones.

2.2 – Definición de las entidades y los conceptos principales

Un Modelo del Dominio captura los tipos más importantes de objetos en el contexto del sistema. Los objetos del dominio representan las "cosas" que existen o los eventos que suceden en el entorno en el que trabaja el sistema. Muchos de los objetos del dominio o clases pueden obtenerse de una especificación de requisitos. La modelación del dominio tiene como objetivo fundamental la comprensión y descripción de las clases más importantes en el sistema.

En el modelo del dominio empleado en este trabajo se definen las siguientes clases y entidades: Técnico, Sistema de Circuitos, Circuito, Modificaciones, Encabezamiento, Reporte y Cálculos. Esto está basado en las actividades realizadas por los técnicos con el objetivo de realizar el análisis a un Sistema de Circuitos para buscar los circuitos que mejores resultados ofrezcan y así reducir niveles de pérdidas de energía y por lo tanto de gastos para la economía. Este modelo se representa a continuación.

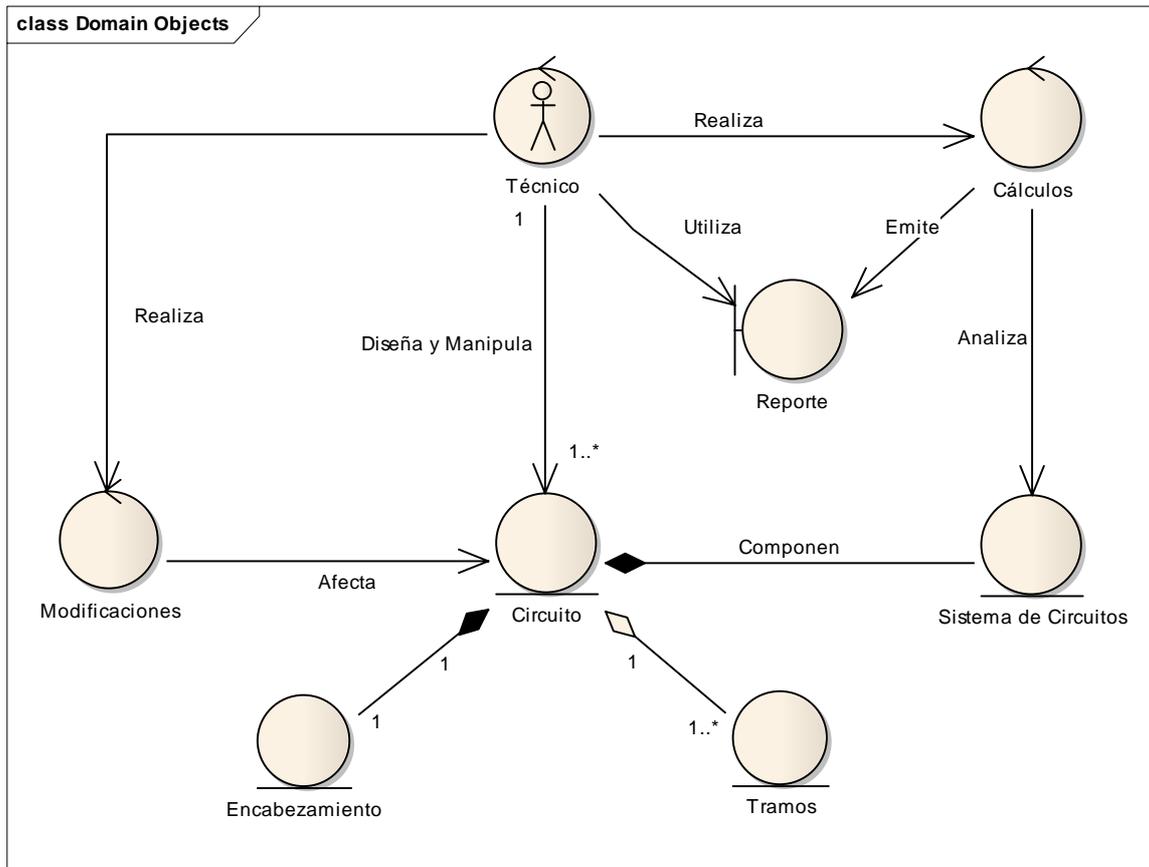


Figura 4: Diagrama de Clases del Modelo de Objetos del Dominio

Un Sistema de Circuitos está formado por circuitos. Dichos Circuitos son manipulados o diseñados según lo estime el técnico que interactúe con el sistema, esto le permite la ejecución de acciones con el objetivo de modificar el estado del Circuito, lo que modifica los resultados que devuelve el análisis que se realice al Sistema formado por estos. Cada vez que se realice el Análisis a un Sistema de Circuitos se emiten reportes con los resultados obtenidos en estos análisis, los cuales son utilizados por el técnico para saber del Sistema analizado cuales son los circuitos que ofrecen mejores resultados.

2.3 – Reglas del negocio a considerar

Las reglas del negocio definen restricciones que se deben cumplir para un funcionamiento adecuado del negocio. Para llevar a cabo un correcto Análisis y Diseño

de Redes Eléctricas Radiales es necesario cumplir con las políticas definidas a continuación:

- Los métodos matemáticos usados en el trabajo restringen el análisis de circuitos para el esquema radial no el mallado.
- No pueden existir tramos en un circuito que no tengan padre.
- Los valores utilizados para los elementos eléctricos deben ser los valores nombrados basados en normas nacionales e internacionales.
- Los Circuitos son codificados.
- El primer elemento en un circuito es la fuente de este.
- El Sistema debe ser capaz de hacer análisis y modificaciones que involucren a más de un circuito.

Al cumplir con estas restricciones el técnico posee una base más sólida para la realización del Análisis Eléctrico, este mediante la resolución de ecuaciones complejas y métodos matemáticos numéricos los cuales funcionan con diferentes modelos de cálculo y constantes, que describen diferentes condiciones de funcionamiento de los circuitos eléctricos. Además del uso de variables inherentes al tipo de circuito que se esté sometiendo al análisis.

Los resultados derivados del análisis representan una herramienta potente para la toma de decisiones por parte del técnico a la hora de escoger el mejor o el peor circuito analizado. La comparación se logra mediante la utilización de un modelo de análisis que permite realizar cálculos y modificaciones a un gran número de circuitos a la misma vez lo que representa una gran ventaja sobre otros sistemas que lo realizan de uno a uno.

Los resultados devenidos del análisis representan una gran mejora a la economía ya que se pueden mediante la aplicación de mejoras a los circuitos disminuir los valores de pérdidas de energía y de esta forma el ahorro de recursos para la economía.

2.3.1 Codificación de Circuitos

Para poder emplear el programa aunque no es necesario codificar los diferentes elementos de acuerdo a lo establecido dentro del Sistema, si es necesario codificar los circuitos según estas mismas normas. La numeración de los circuitos es política de la mayor parte de las Empresas Eléctricas, por lo que el uso de esta codificación permite una gran flexibilidad durante la Entrada\Salida y manipulación del programa.

El código a emplear es muy sencillo, y es el mismo tipo de código alfanumérico que se emplea en el resto del Sistema. Consiste en dos letras y un número consecutivo, donde: La Primera Letra corresponde al OBE o Unidad Administrativa en que esta el circuito. La Segunda Letra corresponde al Tipo de Circuito (o en el marco del sistema y de una forma general al tipo de elemento codificado). Los caracteres reconocidos por el programa son:

Letra	Tipo de Circuito	Voltaje
U	Subtransmisión	34.5 kV
P	Primario	Cualquier voltaje
K	Primario	13.2 kV
J	Primario	4.16 kV
S	Secundario	240 Volts
Y	Secundario	208 Volts en estrella
A	Alumbrado	240 Volts

Tabla 1. Descripción de la Codificación de Circuitos

Los números consecutivos corresponden al número consecutivo que tiene ese circuito dentro del OBE o Unidad Administrativa. Aunque cada Empresa puede introducir variaciones en este esquema.

Como ejemplos de esta codificación de circuitos se tiene:

- SU3010 - Circuito de Subtransmisión del OBE Sancti Spíritus 3010.
- SJ6 - Circuito Primario de 4 kV Número 6
- SK49 - Circuito Primario de 13 kV Número 49
- GS34 - Circuito Secundario De la UAE Taguasco Número 34
- RA5 - Circuito de Alumbrado de La Sierpe Número 5.

2.3.2 Conectividad

Se entiende por conectividad, la forma en que están ubicados los nodos del circuito y las relaciones entre estos. En esta solución se utilizan secuencias de letras y números para nombrar a los nodos. Esto permite además de conocer de qué tramo se alimenta un tramo cualquiera, conocer la dirección en que sale, y la posición absoluta del tramo dentro del circuito, facilitando su búsqueda.

El primer nodo de un circuito en el momento en que este es creado es el 0.

2.5 – Conclusiones

En este capítulo se presentó el Modelo del Dominio mediante el cual se representan los objetos del dominio correspondientes al Diseño y Análisis de circuitos eléctricos. Además de esto también se incluyen las reglas del negocio, las cuales son de gran importancia porque exponen qué se debe cumplir para que el negocio funcione correctamente.

Capítulo 3 – Requisitos

3.1 – Introducción

En el presente capítulo se tratan los temas relacionados a la construcción de la solución basándose en la Metodología RUP. Se presenta la concepción general del sistema donde se describen los elementos más importantes del sistema y las bases en las que este será creado. Además de esto se cuenta también con el listado de requerimientos funcionales y no funcionales el cual describe las funcionalidades que debe presentar la solución propuesta y también los casos de uso con sus diagramas y descripciones para permitirle al lector una mejor comprensión del tema que se trata y el flujo de trabajo en aras de cumplir con cada uno de los requerimientos.

3.2 – Descripción del sistema propuesto

3.2.1 – Concepción general del sistema

Almacenamiento de Datos

La persistencia de datos será hacia ficheros en el sistema de archivos. Eso hace posible lograr una mejor movilidad a la hora de la utilización del software y un menor requerimiento de tecnología para el acceso a Bases de Datos desde la localidad que se requiera. Solo se almacenan en la Base de Datos los datos básicos de los circuitos eléctricos y los resultados de los cálculos realizados a estos con el objetivo de lograr que otros sistemas puedan acceder a esta información y realizar comparaciones.

Los ficheros estarán compuestos de un encabezamiento con la información general del circuito y 1 registro por cada tramo del circuito. El nombre del fichero debe coincidir con el código del circuito que se desee salvar y la extensión puede ser cualquiera pero la que generalmente se usa es el año donde se diseñó el circuito.

3.2.2 – Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios o funciones que proveerá el sistema, de la manera en que éste reaccionará a entradas particulares. Estos dependen del tipo de software y del sistema que se desarrolle y de los posibles usuarios del software. Los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas y salidas, excepciones, etc. En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también declaran explícitamente lo que el sistema no debe hacer.[16]

A continuación se presenta el listado de requerimientos funcionales del sistema.

1. Crear Estación (Crear Circuito)
2. Entrar Datos Eléctricos
3. Entrar Datos de los Transformadores
4. Entrar datos de los Tramos
5. Modificar Estación
6. Modificar Tramos
7. Salvar Fichero de Configuración
8. Cargar Fichero de Configuración
9. Cargar Sistema
10. Eliminar Sistema
11. Cargar circuito desde sistema de archivos
12. Salvar Circuito a Sistema de Archivo
13. Conectarse a la Base de Datos
14. Eliminar Circuito
15. Eliminar Tramos
16. Exportar Básicos y Resultados
17. Mostrar órdenes ejecutadas
18. Mostrar Corridas ejecutadas
19. Mostrar Básicos del Sistema
20. Mostrar Resultados del Sistema
21. Mostrar Factores del Sistema

22. Mostrar Interruptores del Sistema
23. Mostrar Opcional del Sistema
24. Mostrar Básicos por circuito
25. Mostrar Resultados por Circuito
26. Mostrar Elementos por Circuito
27. Mostrar Opcional por Circuito
28. Ver Estado de la Base de Datos
29. Realizar Cálculo de Niveles de Corto Circuito
30. Mostrar Resultados de Niveles de Corto Circuito por Circuito
31. Realizar Cálculo de flujo
32. Mostrar Resultados de Cálculo de Flujo por Circuito
33. Calcular Centro de Carga Eléctrico
34. Calcular Centro de Carga Configuración
35. Abrir desconectivo.
36. Cerrar desconectivo.
37. Abrir Carga
38. Cerrar Carga
39. Cambiar Calibre
40. Recambiar Calibre
41. Cambiar Estructura
42. Recambiar Estructura
43. Mostrar Monolineal de Circuito
44. Mostrar Perfiles de Circuito
45. Modificar Básicas de Flujo
46. Modificar Alternas de Flujo
47. Modificar Control de Ambiente General
48. Modificar Control de Directorios Implícitos
49. Modificar Control de Cálculo de Carga
50. Modificar Control de Opcional del Sistema
51. Modificar Control de Opcional del Circuito
52. Mostrar la ayuda

3.2.3 – Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales describen las restricciones del sistema o del proceso de desarrollo; no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, la respuesta en el tiempo y la capacidad de almacenamiento. De forma alternativa, definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida, en cuanto a prestaciones, atributos de calidad y la representación de datos que se utiliza en la interfaz del sistema.[16]

- **Usabilidad.**

1. La aplicación tendrá una apariencia moderna con una Interfaz Gráfica atractiva que permita el uso de Sistemas de Menús, Atajos, Barras de Herramientas y Barras de Estado para dar información al usuario de las posibilidades que tiene para realizar cada tarea.
2. Las combinaciones de atajo deberán ser lo más parecidas posible al Sistema anterior.
3. Debe tener una ayuda eficaz y educativa.
4. Debe ser portable para poder ser usado sin conexión a la Base de Datos.

- **Rendimiento.**

Se requiere un tiempo de respuesta rápido ante las diferentes operaciones que se realicen.

- **Portabilidad.**

El Sistema solo funciona bajo el Sistema Operativo Windows en cualquiera de sus versiones a partir de Windows 2000.

- **Confiabilidad.**

Es importante que el Sistema presente un tiempo de respuesta rápido ante fallos que puedan ocurrir y propiciar la menor cantidad de información perdida posible.

- **Ayuda y documentación en línea.**

El Sistema cuenta con una herramienta de ayuda que permite al usuario acceder al tema que se desee desde cualquier parte del programa.

3.3 – Modelo de casos de uso del sistema

Los modelos de Casos de Uso del sistema y sus descripciones permiten al lector entender el funcionamiento del sistema y los principales procesos que lo componen. Además de esto describen la relación que guardan los actores con cada uno de estos procesos.

3.3.1 – Actores del sistema

Actor	Descripción
Usuario	Interviene en todos los procesos del sistema. Es el encargado de crear, modificar y manipular toda la información que circula en el sistema.

Tabla 2. Descripción de los actores del sistema

3.3.2 – Paquetes y sus relaciones

A continuación se muestra un diagrama de paquetes con el objetivo de simplificar los diagramas de caso de uso agrupándolos según el tema asociado a cada uno de ellos.

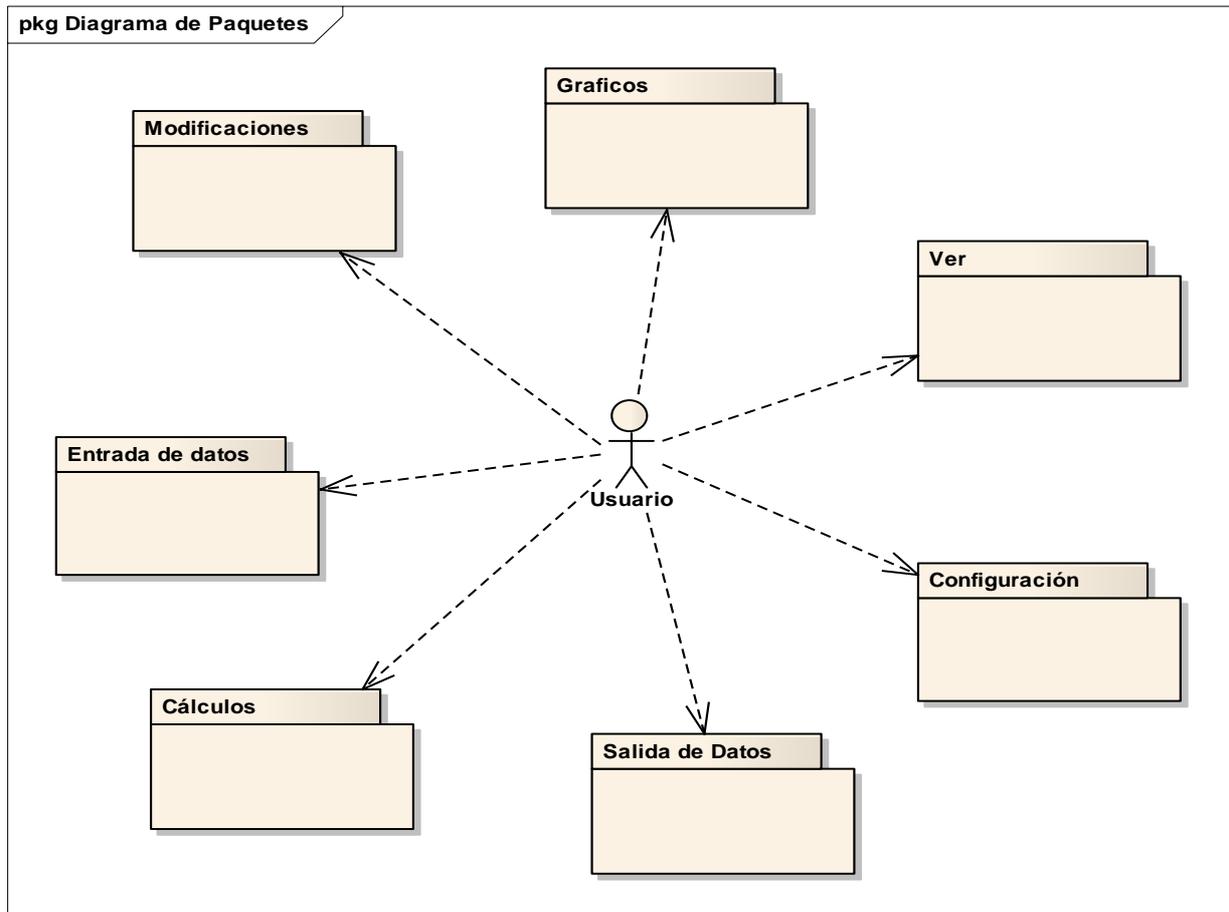


Figura 5 Diagrama de Paquetes del Sistema

Paquete Entrada de Datos: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la entrada de diferentes datos al sistema.

Paquete Salida de Datos: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la Salida de Datos del Sistema.

Paquete Modificaciones: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de las mejoras realizadas a circuitos.

Paquete Cálculos: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la realización de diferentes cálculos y la presentación de sus resultados.

Paquete Ver: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la visualización de información perteneciente a Circuitos a al Sistema de estos.

Paquete Gráficos: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la presentación de información de forma gráfica acerca de circuitos.

Paquete Configuración: Contiene el Diagrama de Casos de Uso asociado al tema de la configuración del sistema.

3.3.3 – Diagramas de casos de uso del sistema

Los diagramas de Casos de Uso muestran desde una perspectiva de acción y reacción el paso de los actores por el sistema. Representan un flujo de trabajo y una sucesión de acciones.

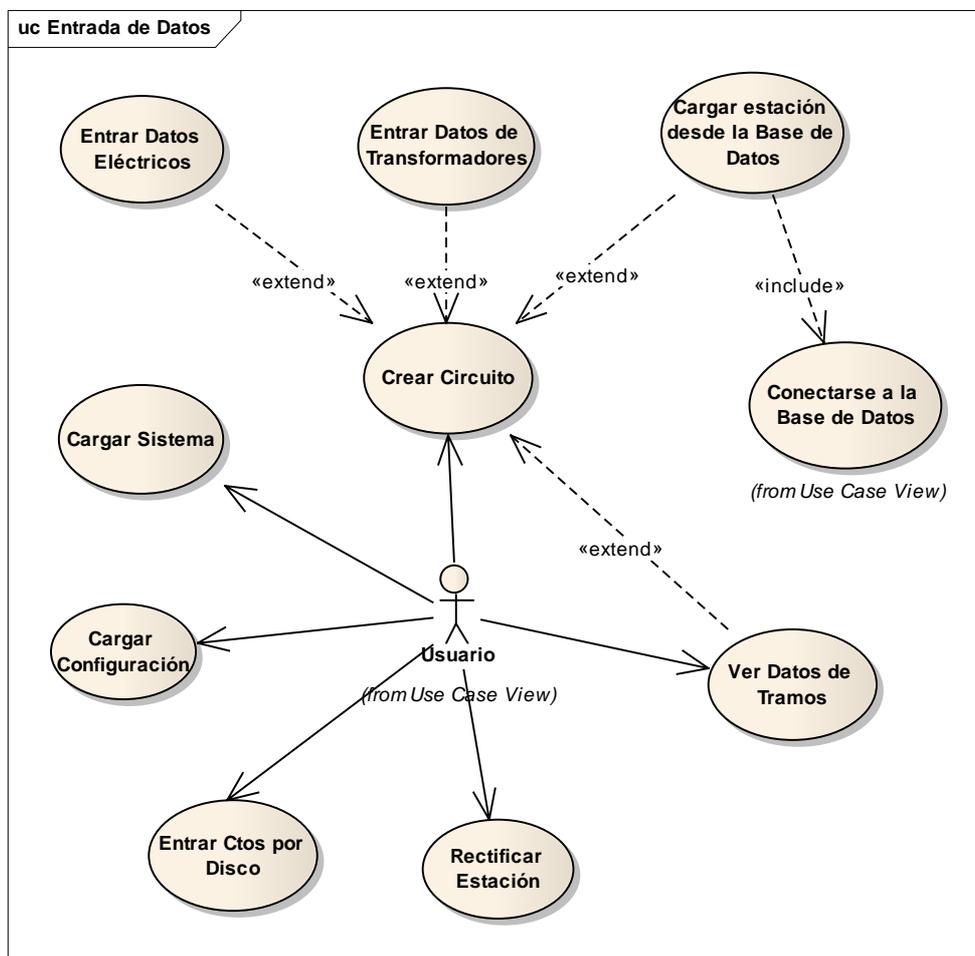


Figura 6 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Entrada de Datos

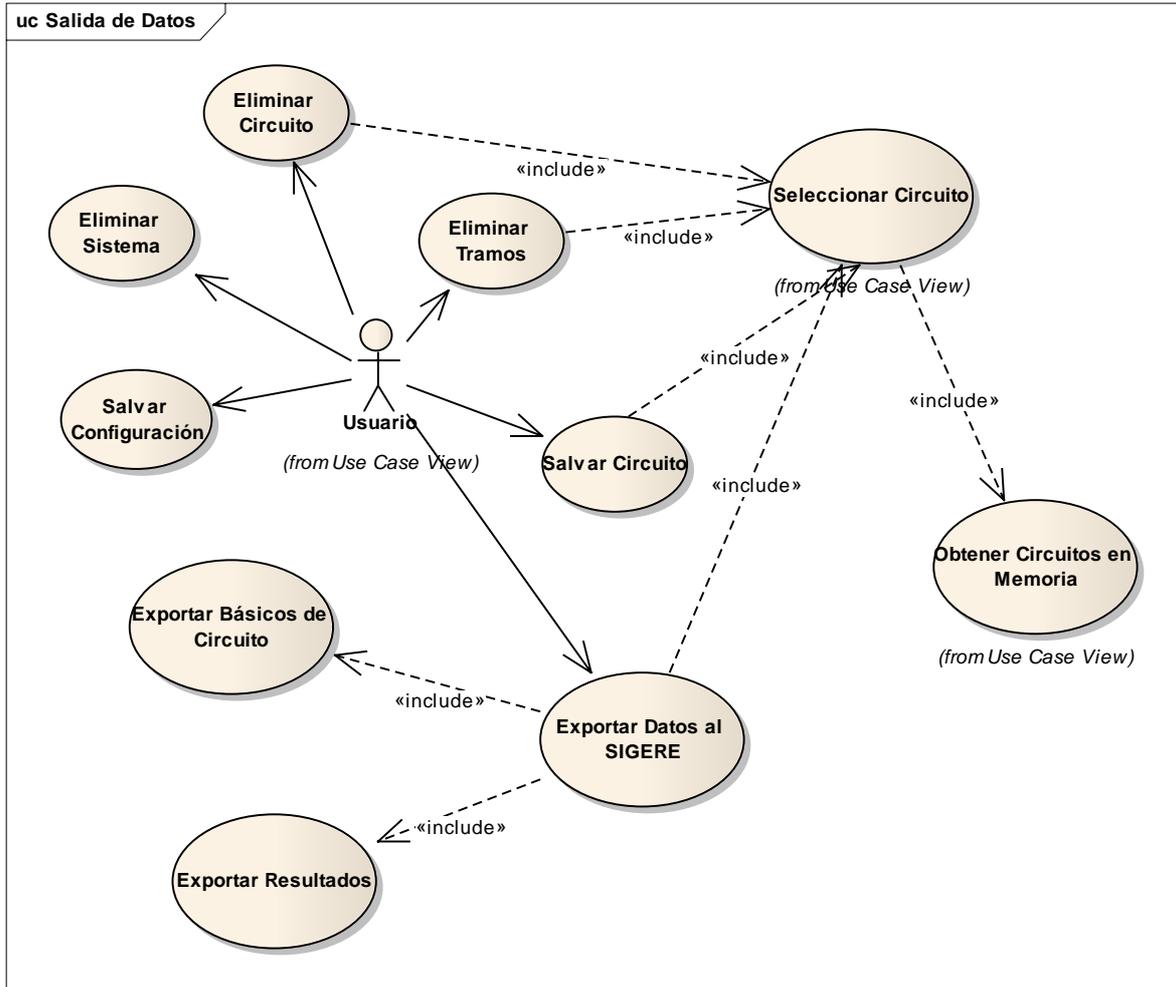


Figura 7 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Salida de Datos

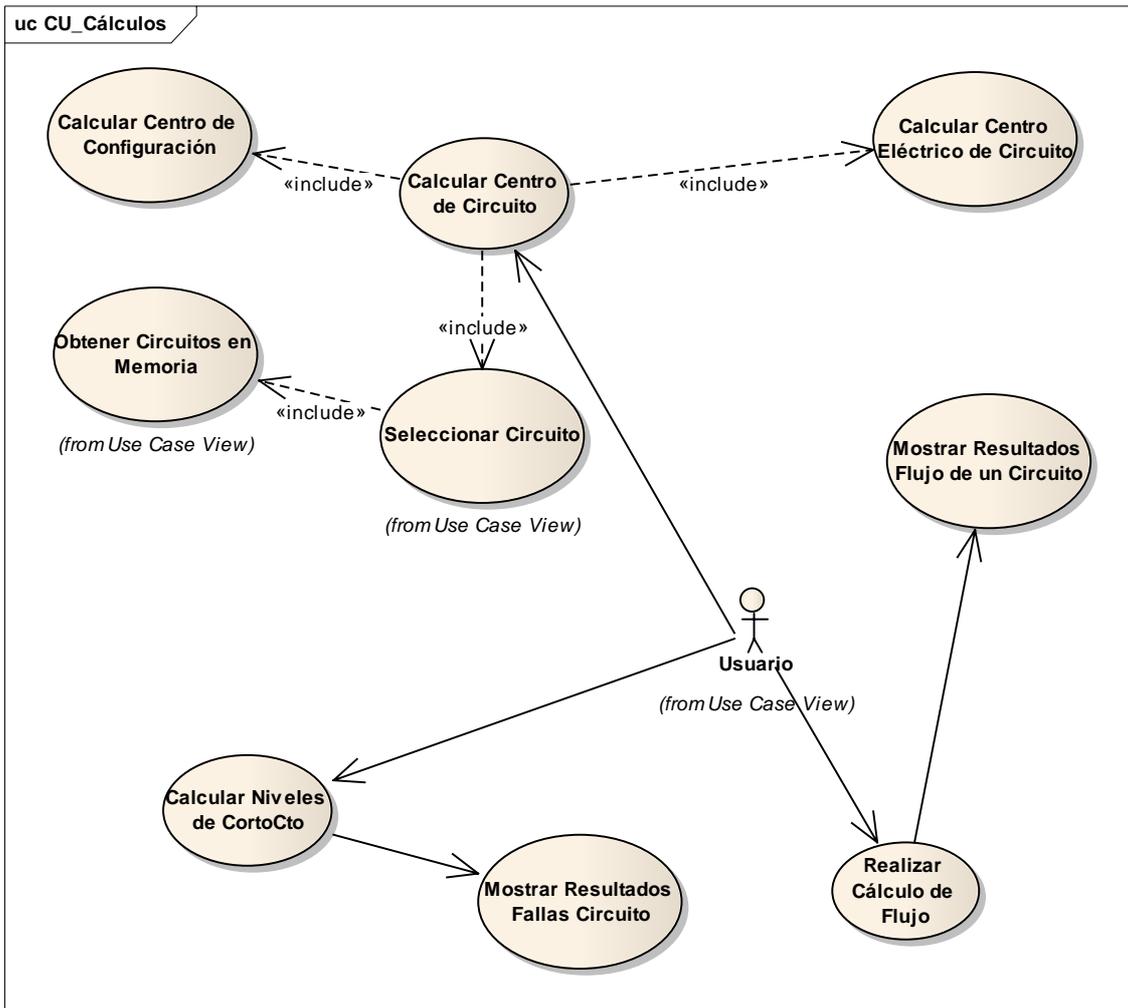


Figura 8 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Cálculos

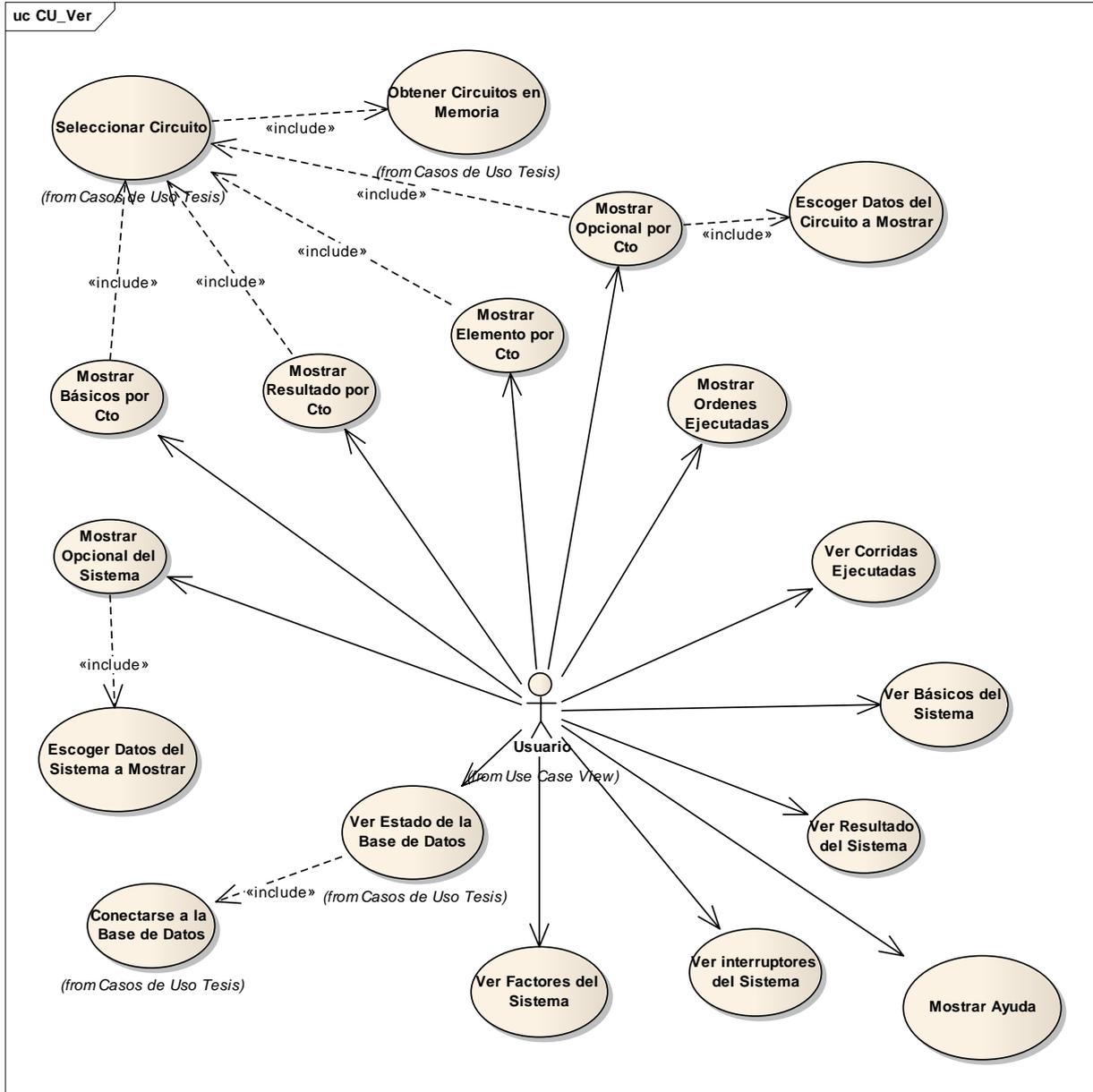


Figura 9 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Ver

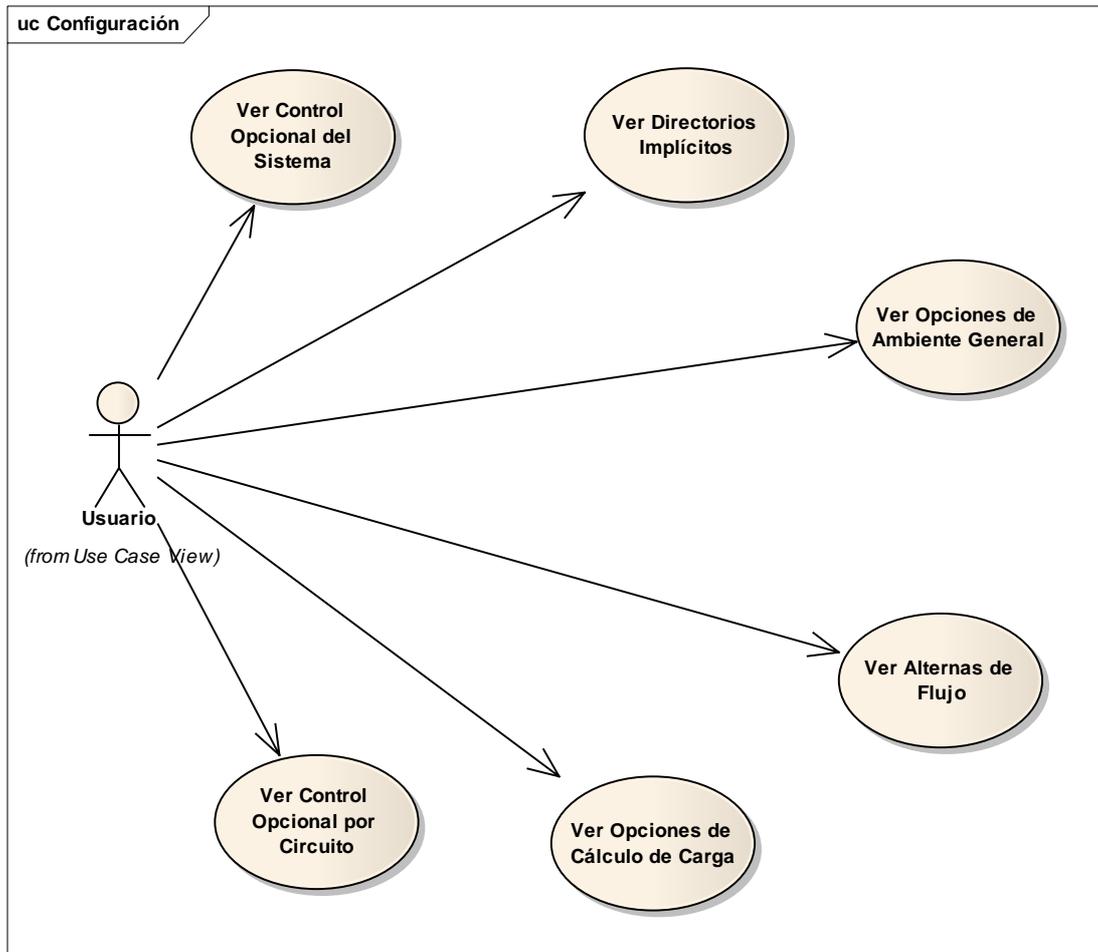


Figura 10 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Configuración

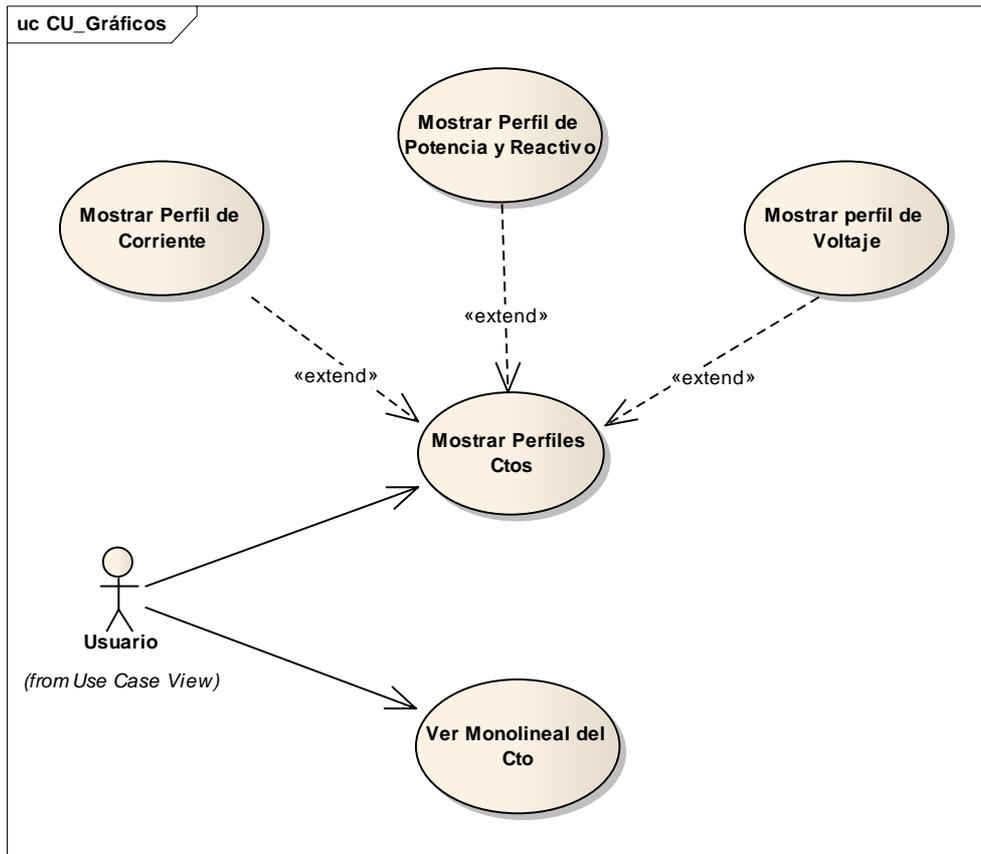


Figura 11 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Gráficos

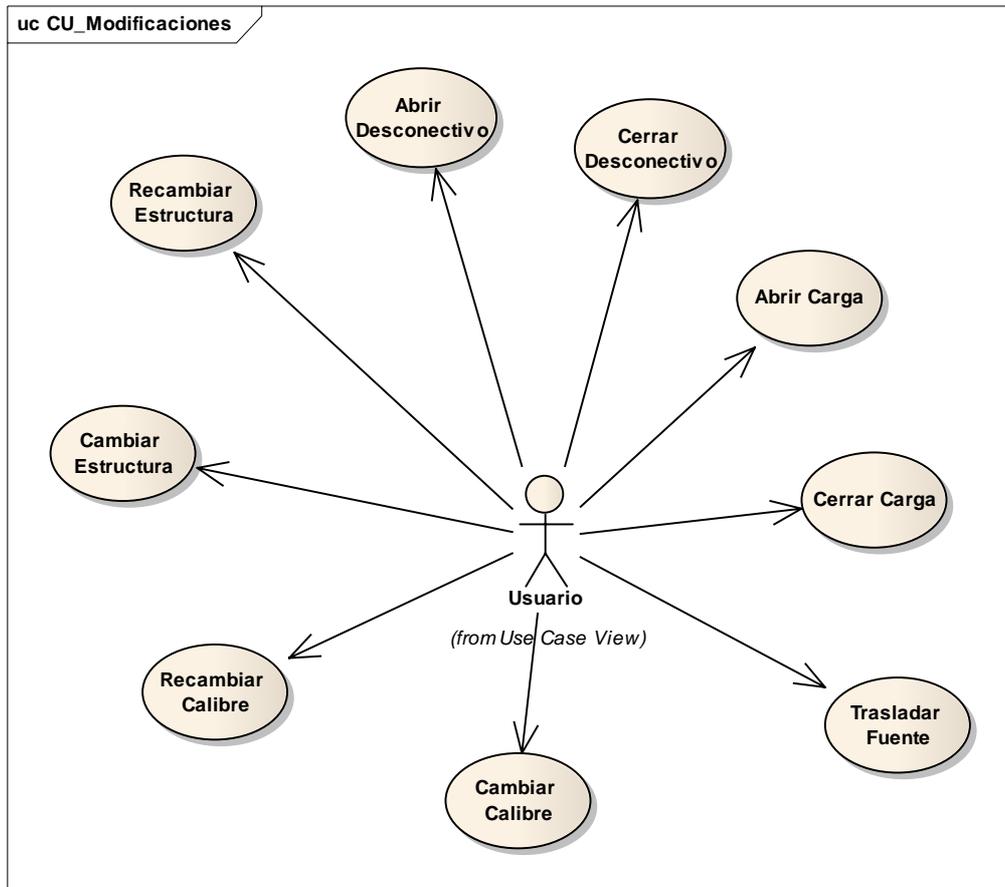


Figura 12 Diagrama de Casos de Uso del Sistema. Paquete Modificaciones

3.3.4 – Descripción de los casos de uso del sistema

En el Anexo 4 se presenta una descripción de cada uno de los Casos de Uso del Sistema. En estas descripciones se muestra el flujo de trabajo, objetivos y actores involucrados entre otros.

Los Casos de Uso están referenciados a los Requerimientos Funcionales descritos en el epígrafe 3.2.2.

Aunque Enterprise Architect contiene una plantilla para la generación de esta descripción en diferentes formatos se prefirió utilizar la plantilla tradicional usada por nuestra facultad.

Debe tenerse en cuenta que existen varios Casos de Uso que pueden realizarse utilizando el código del Sistema anterior.

A partir de estos elementos se obtiene el listado mostrado en la siguiente tabla donde se refleja la complejidad y el costo por cada caso de uso.

Paquete	Nombre	Tipo	Complejidad	Costo Estimado
CUT	Ver Control Opcional por Circuito	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Control Opcional del Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Opciones de Cálculo de Carga	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Alternas de Flujo	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Opciones de Ambiente General	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Directorios Implícitos	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Opciones de Control	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Exportar Resultados	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Exportar Básicos de Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Exportar Datos al SIGERE	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Resultados Fallas Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Resultados Flujo de un Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Calcular Centro de Configuración	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Calcular Centro Eléctrico de Circuito	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Resultados de un Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Escoger Datos del Sistema a Mostrar	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Escoger Datos del Circuito a Mostrar	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Obtener Circuitos en Memoria	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Seleccionar Circuito	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar perfil de Voltaje	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Perfil de Potencia y Reactivo	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Perfil de Corriente	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Rectificar Estación	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Cargar estación desde la Base de Datos	Caso de Uso	*****	144,00
CUT	Conectarse a la Base de Datos	Caso de Uso	***	96,00

Paquete	Nombre	Tipo	Complejidad	Costo Estimado
CUT	Ver Estado de la Base de Datos	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Eliminar Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Salvar Configuración	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Eliminar Tramos	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Eliminar Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Ver Datos de Tramos	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Crear Circuito	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Cargar Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	%Cctoón	Caso de Uso	0	0,00
CUT	Entrar Datos Eléctricos	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Entrar Datos de Transformadores	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Opcional del Sistema	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Cambiar Calibre	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Cerrar Carga	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Cerrar Desconectivo	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Calcular Niveles de CortoCto	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Recambiar Estructura	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Ordenes Ejecutadas	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Resultado del Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Abrir Carga	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Ver interruptores del Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Cambiar Estructura	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Recambiar Calibre	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Abrir Desconectivo	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Elemento por Cto	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Mostrar Perfiles Ctos	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Ver Corridas Ejecutadas	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Abrir Cto	Caso de Uso	*****	144,00
CUT	Mostrar Básicos por Cto	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Salvar Circuito	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Entrar Ctos por Disco	Caso de Uso	*	48,00

Paquete	Nombre	Tipo	Complejidad	Costo Estimado
CUT	Cargar Configuración	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Trasladar Fuente	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Ayuda	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Básicos del Sistema	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Opcional por Cto	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Ver Factores del Sistema	Caso de Uso	0	0,00
CUT	Mostrar Ayuda	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Realizar Cálculo de Flujo	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Mostrar Resultado por Cto	Caso de Uso	***	96,00
CUT	Calcular Centro de Circuito	Caso de Uso	*	48,00
CUT	Ver Monolineal del Cto	Caso de Uso	*	48,00

Tabla 3 Estimación del valor de cada Caso de Uso con base en su complejidad

Los elementos presentados hasta el momento hacen que este sea el adecuado para realizar el análisis de factibilidad una vez que se identificó cada uno de los Casos de Uso del Sistema. El Análisis de Factibilidad que a continuación se presenta muestra valores aproximados y ha sido generado utilizando las bondades del Enterprise Architect.

Estimación del Esfuerzo basado en los Casos de Uso

La tabla que sigue muestra los resultados del Análisis de Factibilidad realizado por la herramienta Enterprise Architect. En esta los Factores de Complejidad Técnica y Ambientales son calculados basándose en los pesos de cada uno de estos factores y el valor que le es asignado a cada uno de ellos.

Elemento	Valor
Fecha de Estimación	2-jun-2009 15:40:41
Fase	*
Total de Casos de Uso	67

Puntos de Casos de Uso Únicos (UUCP)	465,00
Complejidad Técnica (TCF)	1,07
Complejidad del Medio(ECF)	0,75
Puntos de Caso de Uso (UUCP * TCF * ECF) = UCP	375,00
Horas estimadas por UUCP (HRS)	6,00
Horas Totales (HRS * UCP)	2250,00
Costo Total	4500,00

Tabla 4 Resultados del Análisis de Factibilidad

El Cálculo de los factores ambientales y técnicos se realiza a continuación.

Factores de Complejidad Técnica (TCF)

Los Factores de Complejidad Técnica son valores que cuantifican la dificultad técnica del trabajo manual.[17]

El Peso indica cuanta complejidad técnica es asignada a un factor.[17]. Por Ejemplo 'El sistema tiene que ser desarrollado en ADA' puede acaparar mayor peso que 'el sistema tiene que ser un shell script'. Un peso evalúa su respectivo factor, pero es irrelevante al proyecto. El Campo valor nos da el rol de un factor dentro de un proyecto.

Métrica	Descripción	Peso	Valor	TCF
TCF01	Sistema distribuido	2,00	5,00	10,00
TCF02	Respuesta ante los objetivos	1,00	4,00	4,00
TCF03	Eficiencia del Usuario Final (online)	1,00	2,00	2,00
TCF04	Procesamiento Interno Complejo	1,00	4,00	4,00
TCF05	Código reusable	1,00	2,00	2,00
TCF06	Fácil de Instalar	0,50	5,00	2,50
TCF07	Fácil de Usar	0,50	3,00	1,50
TCF08	Portable	2,00	3,00	6,00
TCF09	Fácil de Modificar	1,00	3,00	3,00
TCF010	Concurrente	1,00	2,00	2,00
TCF011	Inclusión de Seguridad	1,00	2,00	2,00
TCF012	Provee Acceso libre a observadores	1,00	5,00	5,00
TCF013	Requiere Entrenamiento del Usuario	1,00	3,00	3,00
			Total:	47,00

Factor	Valor
Valor TCF Desajustado (UTV)	47,00
Pesado de TCF (TWF)	0,01
TCF Constante (TC)	0,60
Factor de Complejidad Técnica(TCF) = TC + (UTV * TWF)	1,07

Factores de Complejidad Ambiental (ECF).

Los Factores de Complejidad Ambiental son valores que cuantifican los aspectos no técnicos del trabajo. Algunos de estos con experiencia y conocimiento.[17]

Métrica	Descripción	Peso	Valor	TCF
ECF01	Familiarizado con RUP	1,50	4,00	6,00
ECF02	Experiencia de Aplicación	0,50	3,00	1,50
ECF03	Experiencia en la orientación a objetos	1,00	4,00	4,00
ECF04	Capacidad de Análisis	0,50	4,00	2,00
ECF05	Motivación	1,00	3,00	3,00
ECF06	Requerimientos estables	2,00	4,00	8,00
ECF07	Trabajadores parciales participantes	-1,00	0,00	-0,00
ECF08	Lenguaje de Programación Difícil	-1,00	3,00	-3,00
			Total:	21,50

Factor	Valor
Valor desajustado ECF (UEV)	21,50
Pesado de ECF (EWF)	-0,03
Constante ECF (EC)	1,40
Factor de Complejidad Ambiental (ECF) = EC + (UEV * EWF)	0,75

Cálculo de la cantidad de hombres

CH = Esfuerzo/Tiempo Estimado de Desarrollo

CH= 2550 / 960 = 2.6 Hombres

Este resultado muestra que el desarrollo de este trabajo en un intervalo de tiempo de 960 Horas debe ser realizado por dos desarrolladores para eliminar así la sobrecarga de trabajo.

3.4 – Conclusiones

En este capítulo se presentó el modelo del sistema del objeto de automatización sobre las bases de la Metodología RUP. Se identificaron los requerimientos funcionales y no funcionales, se identificó el actor de sistema, las actividades y funcionalidades relacionadas con este y fueron representadas mediante diagramas de casos de uso con el objetivo de lograr una mejor comprensión del flujo del trabajo del sistema. Además de esto se describió cada uno de los casos de uso, los cuales están agrupados en paquetes de acuerdo a la funcionalidad que ofrecen. Además de esto se presentó el Análisis de Factibilidad generado por la Herramienta CASE Enterprise Architect lo que muestra el costo, el esfuerzo y la cantidad de hombres necesarios para cumplir la tarea.

Capítulo 4 – Construcción de la solución propuesta

4.1 – Introducción

En el presente capítulo se muestran los diagramas de clases del diseño, el modelo lógico y físico de datos y el diagrama de implementación así como algunas consideraciones del diseño de la aplicación. Esto ayuda al lector a entender el proceso de construcción y funcionamiento de la solución propuesta a la problemática dada.

4.2 – Diagrama de clases del diseño

Por la gran cantidad de clases involucradas en el diseño de la aplicación se presenta un diagrama de paquetes donde cada uno de estos contiene las clases involucradas a su funcionalidad.

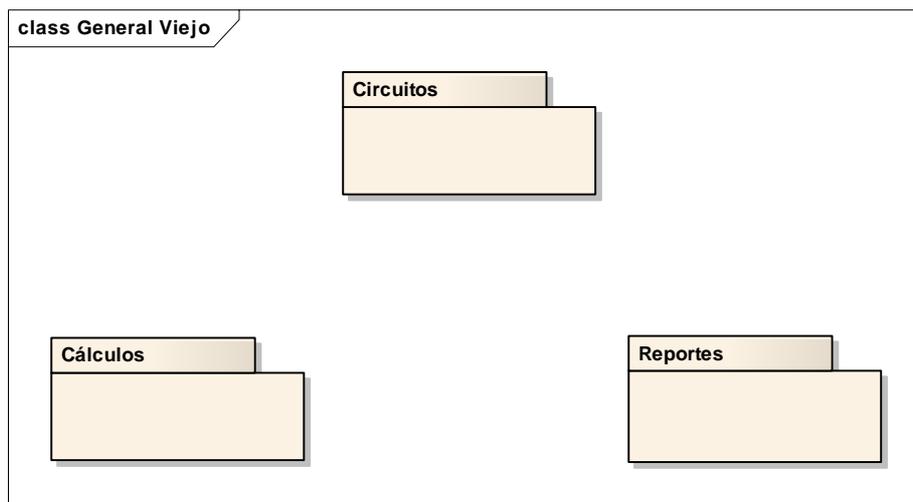


Figura 13. Diagramas de Paquetes

A continuación se muestran los diagramas de clases para cada uno de los paquetes.

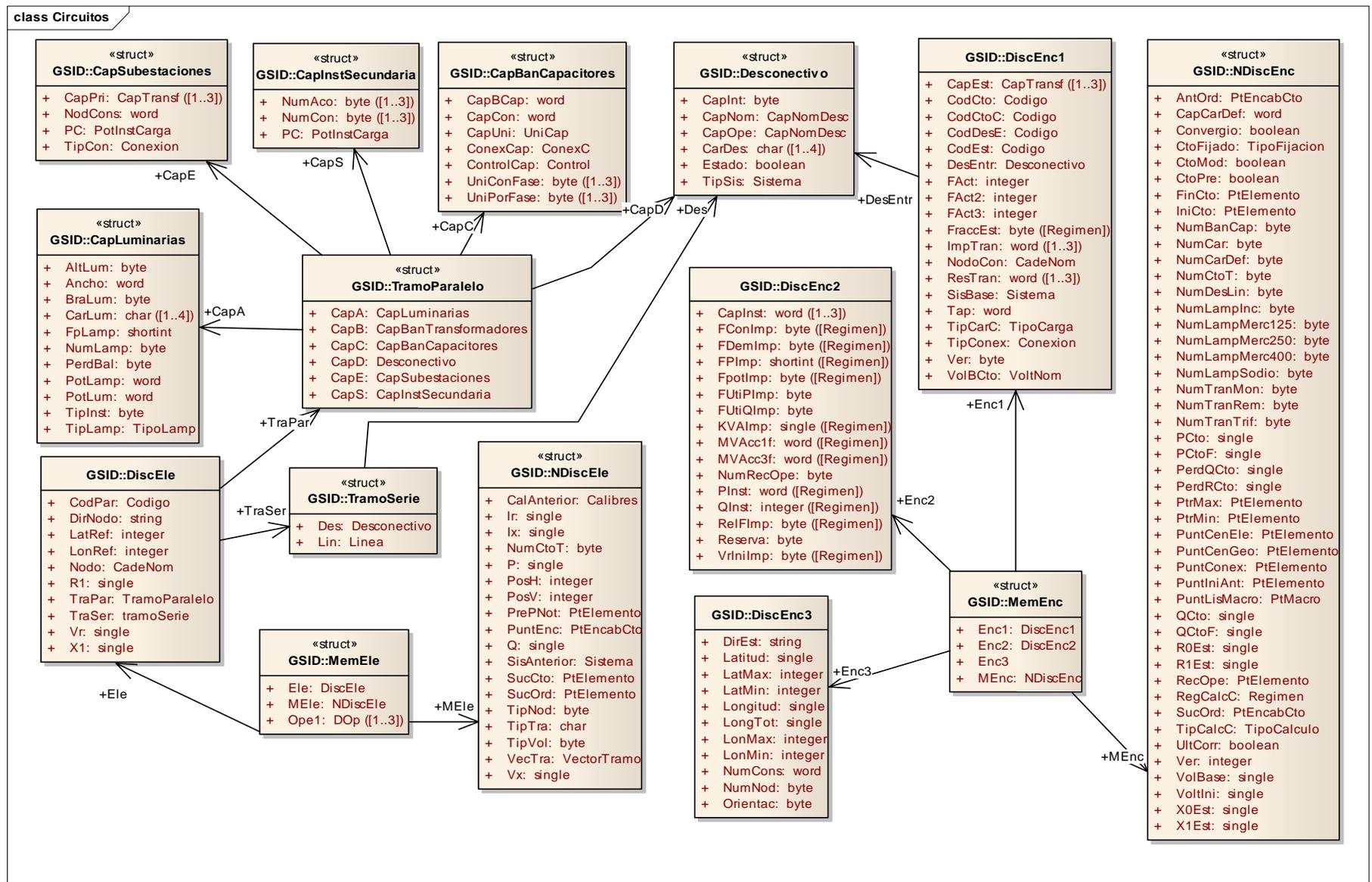


Figura 143. Diagramas de Clases Paquete Circuitos

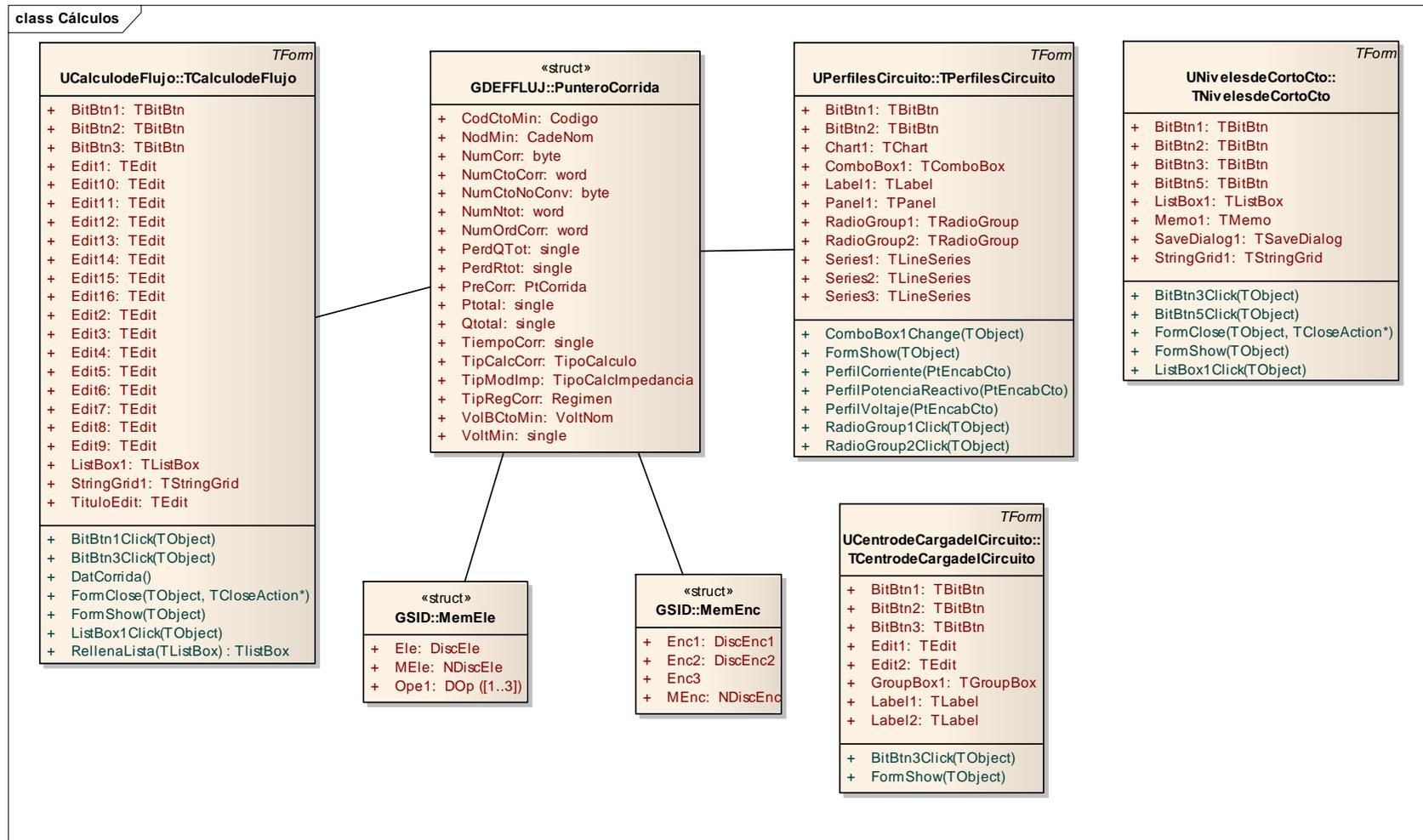


Figura 154. Diagramas de Clases Paquete Cálculos

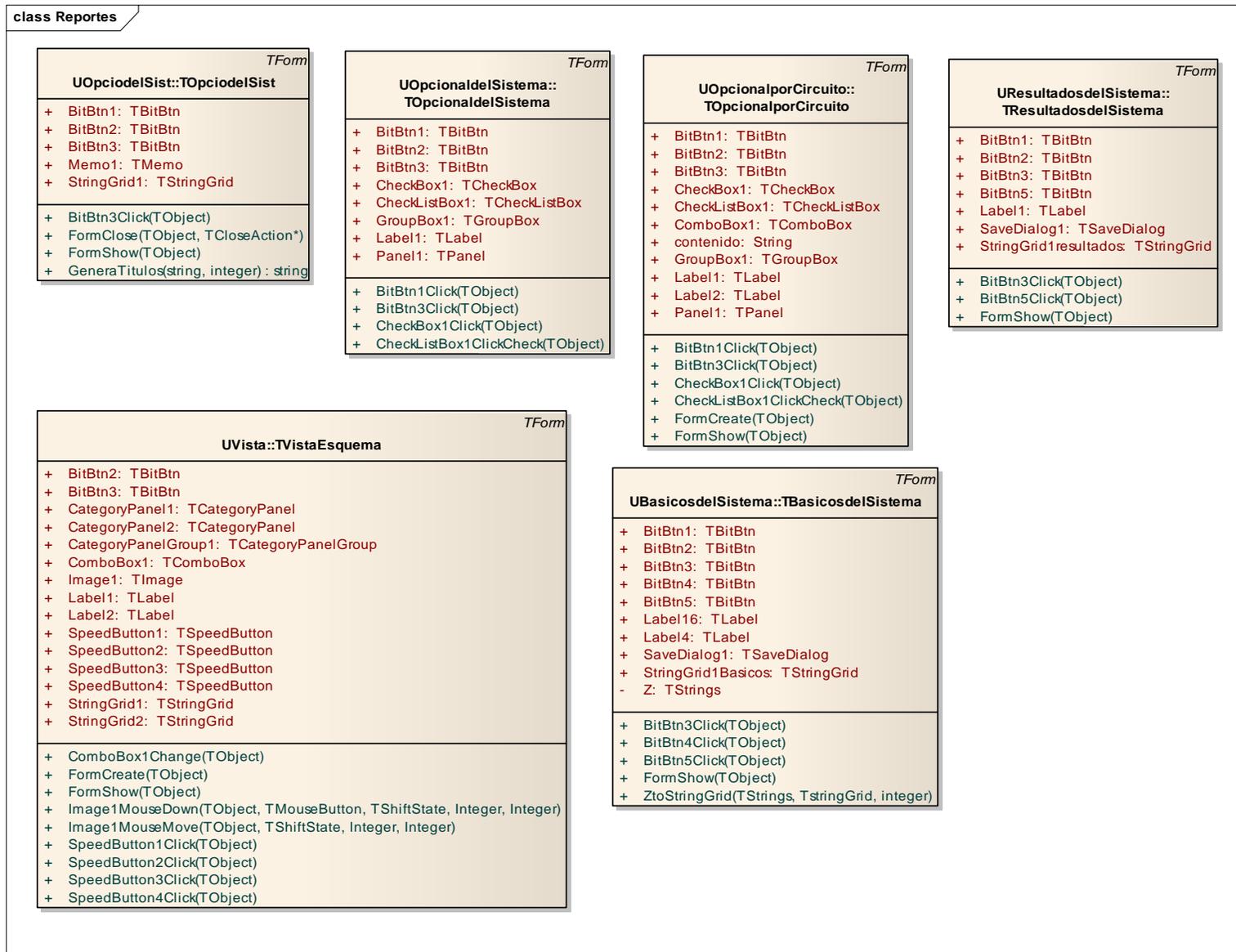


Figura 165. Diagramas de Clases Paquete Reportes

En los diagramas anteriores se muestran las clases del modelo del diseño de la aplicación a construir, en el caso de los paquetes de Cálculos y Reportes ninguna de estas clases es persistente ya que no es necesario almacenar físicamente los resultados porque estos son transcientes. El diagrama de persistencia de datos se muestra en la siguiente sección.

4.3 – Diseño de los ficheros y la Base de Datos

4.3.1 – Modelo lógico de datos

A continuación se representa un diagrama con las clases persistentes del sistema.

dm Modelo Logico de Datos

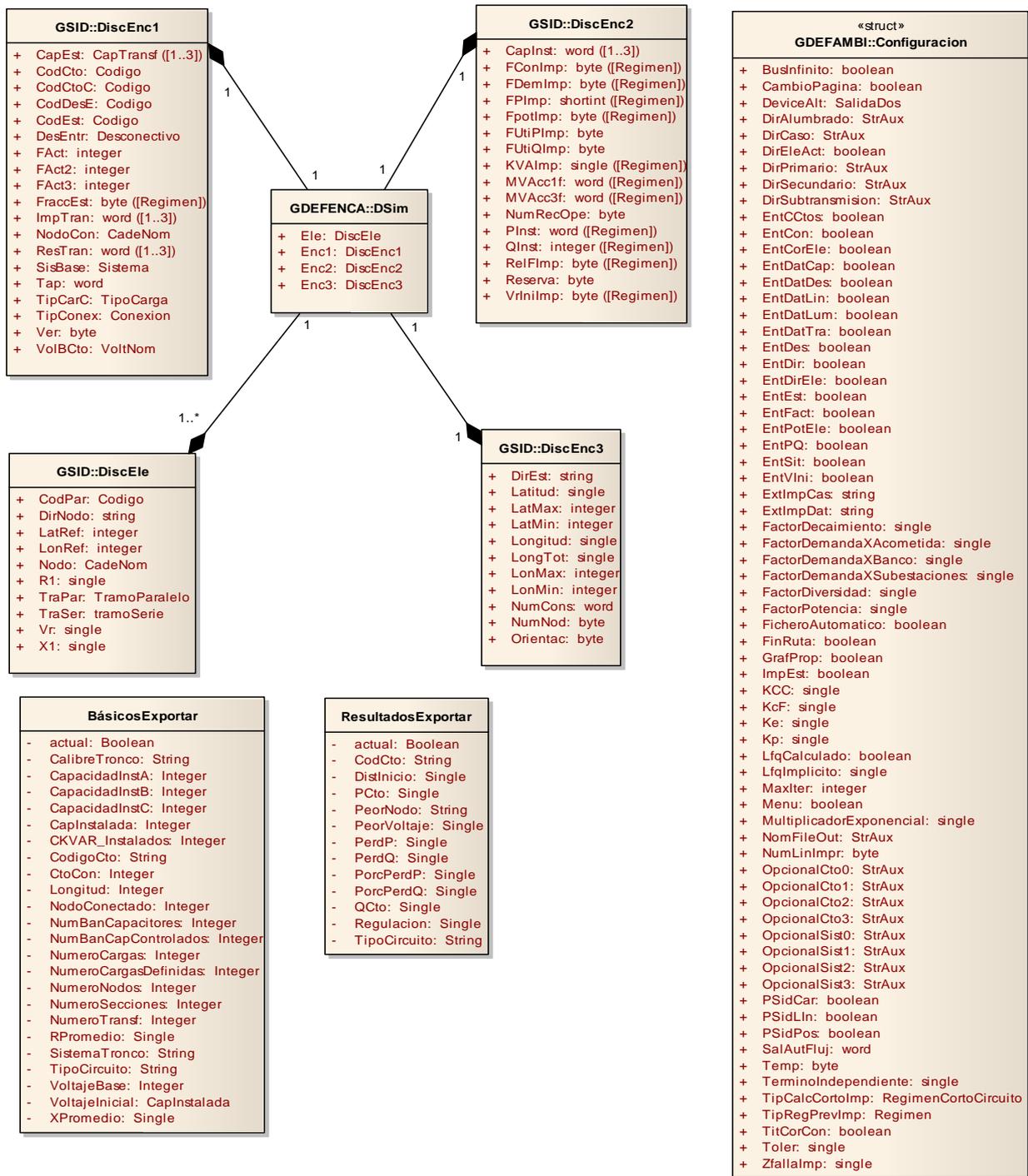


Figura 17. Diagramas de clases persistentes

4.3.2 – Modelo físico de datos

En la sección anterior se presentó el diagrama de clases persistentes. Las clases persistentes en el caso de nuestro sistema se dividen en dos grupos: las que se almacenan en ficheros y las que se almacenan en el Sistema de Bases de Datos. Las clases que se almacenen en ficheros son DSim y Configuración, Dsim se corresponde al circuito como tal y la estructura del fichero para cada uno de los circuitos se define como sigue:

Registro 1 DiscEnc1	Registro que contiene los datos referentes a la estación del circuito.
Registro2 DiscEnc2	Registro que contiene los datos referentes a la capacidad instalada, factor de potencia y potencia instalada.
Registro3 DiscEnc3	Registro que contiene los datos referentes a la ubicación geográfica, numero de nodos y de consumidores.
Registro4 DiscEle	Un registro por cada nodo que compone el circuito con los datos específicos de ese nodo.
...	...
Registro n DiscEle	Último nodo en el listado con sus datos específicos.

Tabla 5 Estructura del fichero que almacena un circuito

La otra clase persistente es configuración, esta contiene cada uno de los campos que se muestran en la Figura 4. El fichero está compuesto por un registro por cada uno de los campos. Esta clase es la que define el comportamiento del sistema y el control de constantes y opciones implícitas para la realización de los análisis.

El otro tipo de clases persistentes es el que se almacena en el Sistema de Bases de Datos. El Modelo Físico d estos datos se presenta a continuación:

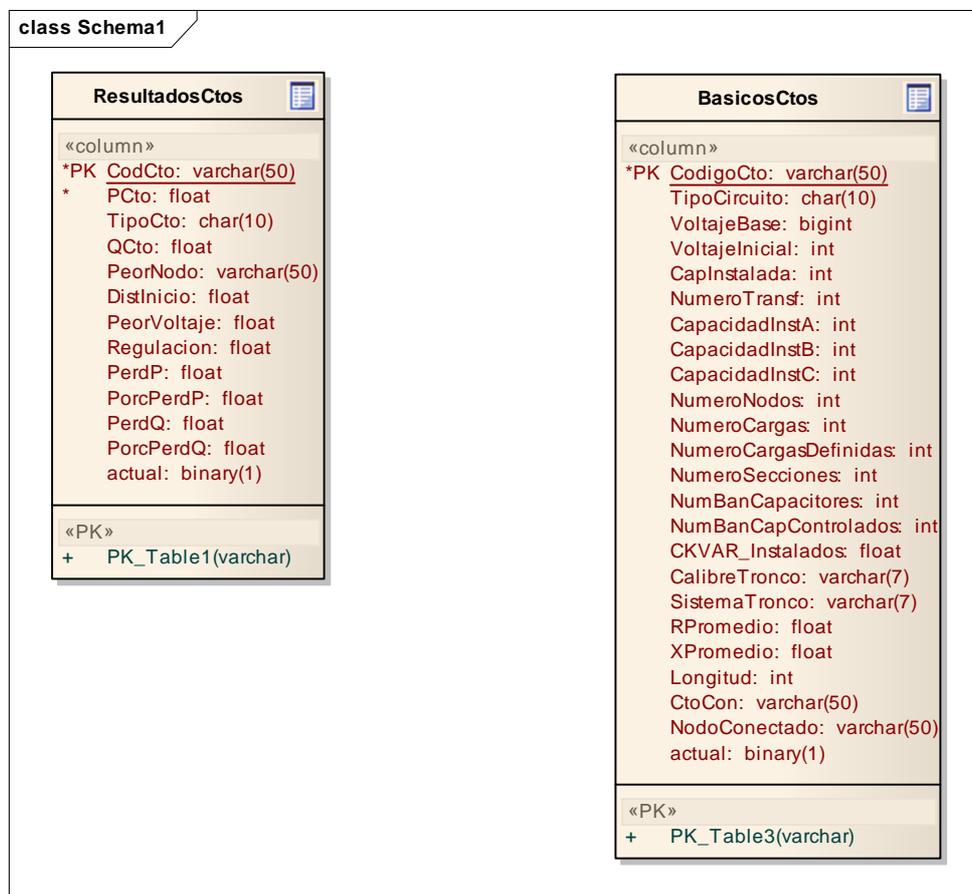


Figura 18 Diagrama del Modelo Físico de Datos

4.4 – Diagrama de implementación

El modelo de implementación describe la forma en que los elementos del modelo de diseño, como las clases, se implementan en términos de componentes. Describe también como se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados y como dependen los componentes unos de otros.[18]

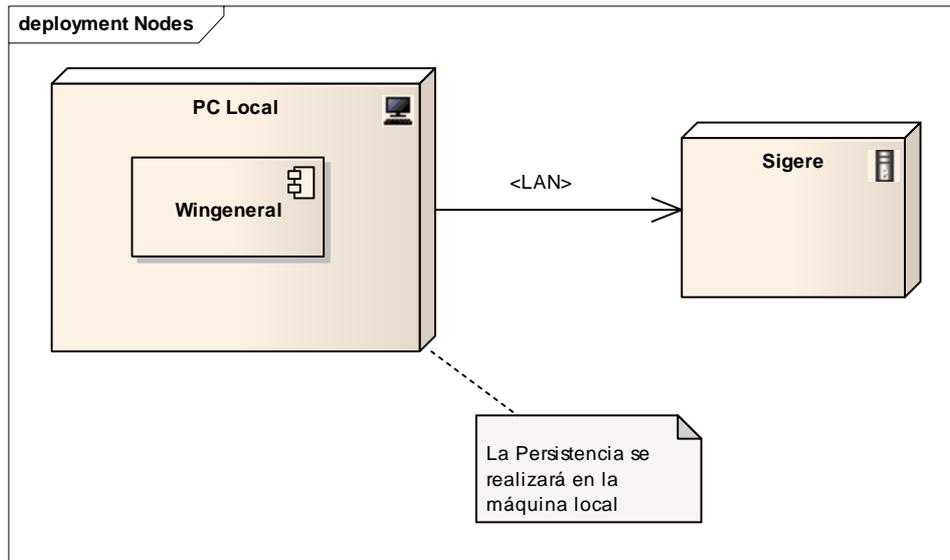


Figura 19. Diagrama de implementación

4.5 – Principios de diseño

4.5.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación

La aplicación ha sido creada en base al sistema de ventanas utilizado por Microsoft Windows, sin la utilización de ningún tema o estilo visual para eliminar así la sobrecarga de colores y efectos. En la ventana principal contamos con un Menú Principal y una barra de tareas que le permiten al usuario un rápido acceso a todas las operaciones que se realizan en el programa. Además de esto también se muestra en la parte inferior una barra de estado con información acerca de la cantidad de circuitos presentes en memoria y la última acción que se ejecutó. Los mensajes mostrados son sencillos y precisos para que el usuario pueda identificarlos con absoluta claridad. La barra de tareas cuenta solo con las principales operaciones para evitar que el usuario tenga que buscar una operación entre muchas, y estas muestran un mensaje con el nombre de la operación para así lograr una mejor comprensión de qué representa el icono seleccionado.

4.5.2 Opciones del programa

En el sistema cualquier acción que se realice se registrará con el objetivo de que el usuario pueda ver que acciones realizó y el orden en que estas ocurrieron.

Además de esto, todas las acciones estarán registradas en un componente divididas en diferentes clases que atienden a los elementos que afectan. Dichas clases se describen a continuación:

- **Órdenes:** afectan al universo del programa completo, sin tener un formato fijo de datos: A veces no piden ningún dato, o piden una verificación de un grupo de datos mostrados en la pantalla, o piden el nombre de un fichero. Ejemplo de estas Cargar Sistema, Entrada desde Disco, Cargar Configuración, etc.
- **Comandos:** Los comandos afectan solamente a los datos de estación de uno o más circuitos. Usualmente piden como dato el código del circuito, y rechazan cualquier código entrado que no sea válido. Existen algunos comandos que piden algunos datos adicionales para poder ejecutar la opción. Ejemplos de estos Abrir Serie, Cerrar Serie, Rectificar Estación, Mostrar Monolineal, etc.
- **Acción:** Las acciones afectan un grupo de tramos de uno o más circuitos: Usualmente piden como datos el circuito o grupo de circuitos (con las mismas reglas de los comandos) y el grupo de tramos que son afectados dentro de ese (esos) circuitos. Pueden ser vistas como comandos ampliados. El grupo de tramos se define con el Rango y espera como respuesta la conectividad de los tramos que son afectados. Hay varios símbolos que ayudan a dar más de un tramo dentro del rango:
 1. "*" - Significa que todos los tramos del circuito son afectados por la opción.
 2. ">" - Significa que todos los elementos mayores que el que se indica son afectados por la acción.
 3. "<" Afecta los tramos menores que el indicado.
 4. "-" Indica que afecta los tramos en el camino de las conectividades que separa. Este concepto es muy útil para cambios de calibre ó estructura. Por complicado que sea el camino siempre se encuentra.

En algunas acciones se pide un dato complementario. Acciones típicas son la rectificación de tramos, los cambios de calibres, etc.

- **Operación:** Esta es una opción que involucra a más de un circuito, y se

emplea en algunas modificaciones complejas como el traspaso de carga, unir dos circuitos, cerrar o abrir un lazo, etc. Usualmente pide los nombres de los circuitos y tramos involucrados en la operación.

A continuación se muestra un diagrama con la jerarquía de clases diseñadas con este objetivo.

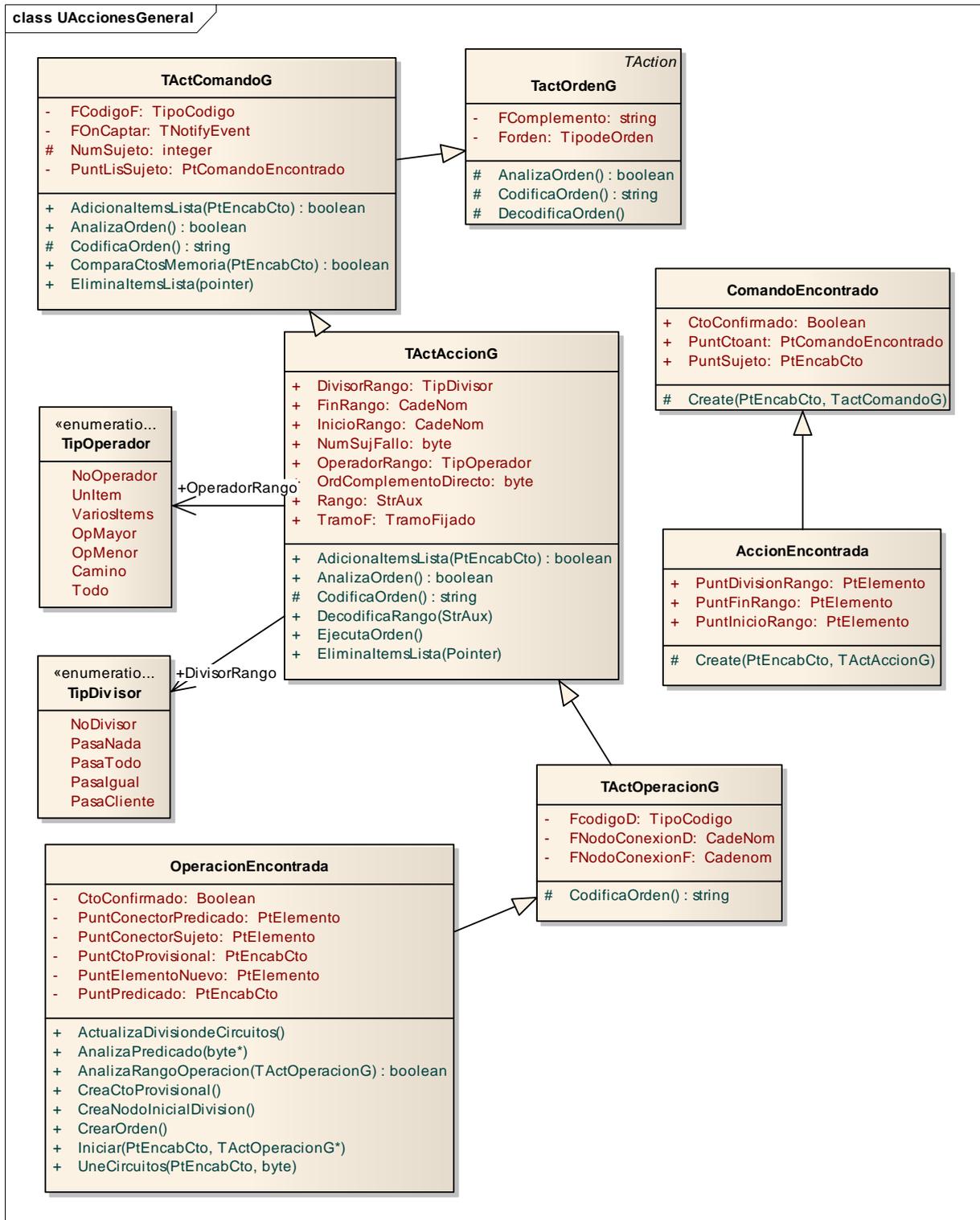


Figura 20 Diagrama de clases para el mecanismo de las acciones.

4.5.3 – Utilización del Componente ActionManager

El componente *ActionManager* es introducido en Delphi a partir de su versión 6.0, este le permite al usuario reconfigurar sus menús y barras de tareas agregando o eliminando elementos dentro de estos en tiempo de ejecución. Además de esto permita ocultar opciones que no son frecuentemente usadas. Se pueden incluir iconos para cada una de las opciones del menú y estos pueden ser visualizados utilizando varias formas como son: icono grande o normal. Una de las principales funcionalidades que hace del *ActionManager* una buena opción a utilizar es la tecnología *drag and drop* que presenta, permitiéndole al desarrollador la creación de menús y barra de tareas con una rapidez que nunca se había logrado.

El *ActionManager* trabaja directamente con acciones de la clase *TAction*, cada acción tiene su nombre único y otras propiedades inherentes a estas.

Este componente cuenta con varios métodos importantes como son *OnExecute* y *OnUpdate*. *OnExecute* es llamado al iniciar cualquier acción y *OnUpdate* cuando se actualiza cada una de las acciones del *ActionManager*.

En el apartado 3.2.1.4 de este trabajo se describe un mecanismo de acciones creado con el objetivo de manipular las opciones del sistema según la funcionalidad que estas realicen.

Con el objetivo de lograr que cada una de las opciones del programa fuera una acción dentro del *ActionManager* se creó una jerarquía de clases basada en la *TAction* que propicia esta funcionalidad ya que se convierten todas las acciones del programa en una acción dentro del *ActionManager*. El flujo de trabajo desde que una acción es ejecutada se describe en la Figura 7 del Anexo 2.

El *ActionManager* no ha sido integrado en plataformas de desarrollo modernas como la .NET.

4.5.4 – Tratamiento de errores

El tratamiento de errores se realiza mostrando mensajes. Los mensajes están creados de forma que el usuario reciba la notificación con absoluta claridad. En el caso de que el error se cometa haciendo la entrada de datos el cursor se movería hacia el campo implicado mostrando el respectivo mensaje. Además de esto la entrada de datos cuenta

con un sistema de validación para que el usuario no pueda entrar caracteres no debidos en correspondencia con el tipo de datos que manipula la entrada realizada.

4.5.5 – Concepción General de la ayuda

El sistema de ayuda fue creado mediante la utilización de la herramienta llamada Robo Help 2000 la cual permite hacer ayudas en formato chm aplicando la tecnología Lo que ves es lo que tienes (traducido del inglés What You See is What You Get), mediante este podemos contar con una tabla de contenidos, un índice de temas y un sistema de búsqueda de cadenas. La ayuda está creada bajo la supervisión del tutor con el objetivo de mostrar al usuario la información acerca del tema que se desee utilizando un lenguaje adecuado y dando la explicación de la manera más simple posible aunque el tema sea complejo, lo que le permite a un usuario sin conocimientos de electricidad entender al menos lo básico del tema. El sistema de ayuda es accesible desde cualquiera de las ventanas del sistema enfocándose en el tema que abarca la ventana que solicite la ayuda.

4.5.6 – Aceptación

La Aplicación creada ha tenido buena aceptación dentro de los usuarios que han interactuado con ella. Ese es el caso de tres estudiantes de la universidad Central de las Villas que realizan su trabajo de diploma en la Empresa Eléctrica de Sancti Spíritus cuyo objetivo es realizar el análisis de una posible solución para el soterrado del casco histórico de la ciudad y necesitaron de una herramienta capaz de diseñar los circuitos y realizarles análisis de flujo. Los estudiantes opinan que es una buena solución y que les ha sido de gran utilidad.

4.6 – Conclusiones

En este capítulo se hizo referencia a los temas relacionados con la construcción del sistema que representa la solución a la problemática descrita en la introducción de este documento. En este se ha hecho énfasis en las estructuras de datos empleadas, las clases persistentes del sistema y el modelo físico de datos, donde se mostró la estructura de los ficheros que son almacenados físicamente y las relaciones entre sus

registros. Además de esto se mostró un diagrama de implementación mediante el cual el lector puede entender el sistema de funcionamiento de la aplicación.

Conclusiones

Mediante la investigación realizada acerca del Análisis y Diseño de Redes Radiales Eléctricas se arribó a los siguientes resultados:

- Se creó una aplicación informática capaz de realizar el análisis de flujo de potencia y el de corto circuito a circuitos eléctricos radiales, además de permitir el diseño de dichos circuitos.
- Se perfeccionó el algoritmo de cálculo de flujo mediante la posibilidad de selección de circuitos para mostrar sus resultados y la presentación de gráficos de perfiles de voltaje, corriente y potencia para lograr una mejor comprensión de los resultados.
- Se crearon las estructuras de datos necesarias para la manipulación de circuitos eléctricos radiales y mediante las estructuras creadas se puede acceder a todas las variables rápidamente.
- Se crearon reportes para la muestra de resultados y de datos pertenecientes a los circuitos eléctricos además de la vista del monolineal de circuito que fue perfeccionada.
- Se creó un mecanismo de acciones capaz de controlar y registrar las operaciones de la aplicación mediante la utilización de una jerarquía de clases diseñada con este objetivo y el uso de un componente que controla esta funcionalidad.

Recomendaciones

Se recomienda:

1. La obtención de una estructura de datos orientada a objetos para el manejo de los circuitos eléctricos y de cumplirse esto crear una aplicación para la conversión de los circuitos creados bajo las bases especificadas en este trabajo a ese nuevo formato.
2. La incorporación de las restantes funcionalidades de la aplicación que precede a la creada a una nueva versión de la solución propuesta en este trabajo.

Referencias bibliográficas

1. Short, T.A., *Electric Power Distribution Handbook*. 2004. p. 11.
2. García, D.F.A., *Análisis de Flujos de Potencia*, in *Análisis de sistemas de potencia(SEP)*. 1990. p. 216.
3. Grainger, J.J., *El Problema del Cálculo de Flujos de Potencia*, in *Análisis de Sistemas de Potencia*. 1996. p. 309.
4. J.D.Glover, *Significado Físico de la potencia Activa y Reactiva*, in *Sistemas de Potencia. Análisis y diseño*. p. 41.
5. Rudnick, H., *Método de Flujo de Potencia Radial*, in *Three Phase Power Flow Analysis in Radial Power Systems*.
6. Broadwater, R.P., *Unbalanced Multiphase Radial Distribution Power Flow Analysis* Vol. 14. 1988.
7. Shirmohammadi, D., in *Método Basado en Compensación para el Cálculo de flujo de Potencia para Redes de Distribución de poca Envergadura* 1988. p. 753-762.
8. Miras, J.C., *The Backward Forward Sweep Load flow for Three-phase Unbalance Radial Distribution System*, J.C. Miras, Editor. 2008.
9. Brandwajn, V., *Método Generalizado para el Análisis de Fallas*. 1985. p. 104.
10. Booch, J.R.I.J.G., *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia*. 1999.
11. Schwaber, K., *The Scrum development process*, in *OOPSLA 95 Workshop on Business, OOPSLA*. 1995.
12. Ambler, S., *Agile modeling: effective practices for extreme programming and the Unified Process*, ed. W.C. Publishing. 2002.
13. Meyer, J. *Comparison of UML Modelling Tools*. 2005 [cited July 2007]; Available from: <http://consulting.dthomas.co.uk>.
14. Lanasse, A., *Reasons to Migrate from Delphi 7 to Delphi 2009*, in *Reasons to Migrate from Delphi 7 to Delphi 2009*, E. Technologies, Editor. 2009, Embarcadero Technologies. p. 2-40.
15. MicroVision, I.D., *Sistema de Ayuda de Robo Help HTML for Windows*. 2000.
16. Soto, L., *Especificación de requerimientos*. 2006.
17. Sparx, S., *Use Cases Metrics*, in *Enterprise Architect Help System*. 2007.

18. Jacobson, I., *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*, Addison-Wesley, Editor. 2000. p. 132.

Bibliografía

- Candelo, J.E. *Métodos para el Estudio de la Estabilidad de Voltaje en Sistemas de Potencia*.
- Fernández, R., *Manual de Usuario Programa G*. 1995. 40.
- Hill, T., *Take Action*, in *Delphi Informant Magazine*. 2004.
- Jensen, C., *Cross Platform and a whole lot more*, in *Delphi Informant Magazine*.
- Medellín, E.d., *Cálculo de Corto Circuitos en 13.2 kV*. 2002. 8.
- Meléndres, E.H., *Cómo Escribir una Tesis*, ed. E.N.d.S. Pública. 2006.
- Miras, J.C. (2006) *The Weaknesses of the Backward Forward Sweep Load flow for Three-phase Unbalance Radial Distribution System*. **Volume**,
- Pansini, A.J., *Guide to Electrical Power Distribution*. 6 ed, ed. C. Press. 2005. 275.
- Team, B., *Inside Delphi 2006 Examples and Reviews*. 2006.
- Technologies, E., *Code Gear RAD Studio System Help*. 2008.
- Tomsovic, K., *Adaptive Power Flow Method for Distribution Systems with Dispersed Generation*. p. 3.

Anexos

Anexo 1 – Prototipos para los Casos de Uso del Sistema

Circuito por Consola

Datos Básicos del Circuito
Código del Circuito
Voltaje Base del Circuito en Volts.

Entrada del Circuito Alimentador
Código del Circuito de Alimentación
Código del Punto de Conexión

Entrada de Capacidad Instalada en Estación
Codigo de Estacion
Tipo de Conexión
Tap de la Estacion en %
% carga circuito/carga estación
Ir a Datos de Tramos

Datos Transformadores

Entrada de la Dirección
Dirección
Entre Calle1
Y
Entre Calle2
Localidad

Entrada de la Localización Geográfica
Latitud Geográfica
Longitud Geográfica

Entrada del Desconectivo Alimentador
Códigos del Desconectivo

Impedancia de los Transformadores del Circuito
Impedancia Transformador en %
Resistencia Transformador en %

Anexo 1.1 Prototipo del Caso de Uso Crear Circuito

Datos Eléctricos

Entrada de Voltajes Iniciales
Voltaje Inicial en Régimen de Mínima
Voltaje Inicial en Régimen de Media
Voltaje Inicial en Régimen de Máxima

Entrada Niveles de Corto Circuito
Nivel de CortoCircuito Trifásico
Nivel de CortoCircuito Monofásico

Entrada de Carga del Circuito
Potencia de Cálculo
Reactivo de Cálculo

Forma de dar la carga
 Con KVA
 Con Potencia
 Dividida

Carga Total del Circuito
Cómo dará la carga del Circuito?(K,P,D)
KVA Totales en Régimen de Mínima
KVA Totales en Régimen de Media
KVA Totales en Régimen de Máxima
Factor de Potencia de Mínima
Factor de Potencia de Media
Factor de Potencia de Máxima

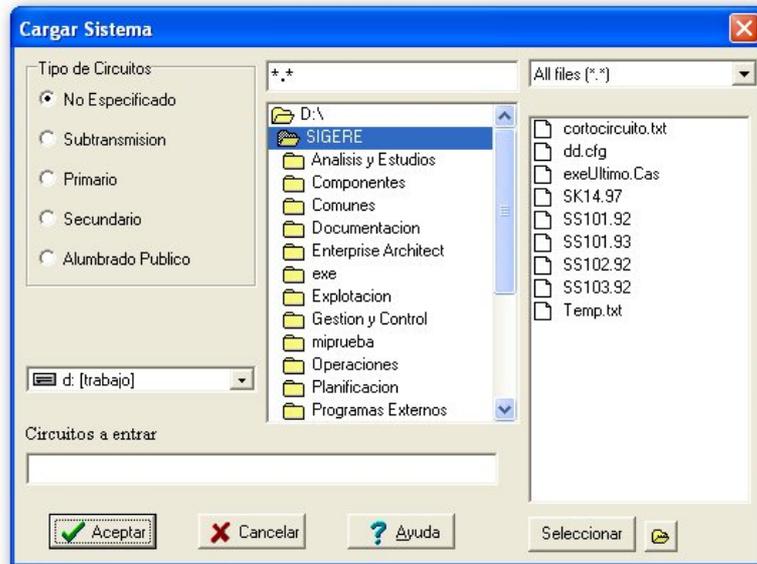
Anexo 1.2 Prototipo del Caso de Uso Entrar Datos Eléctricos



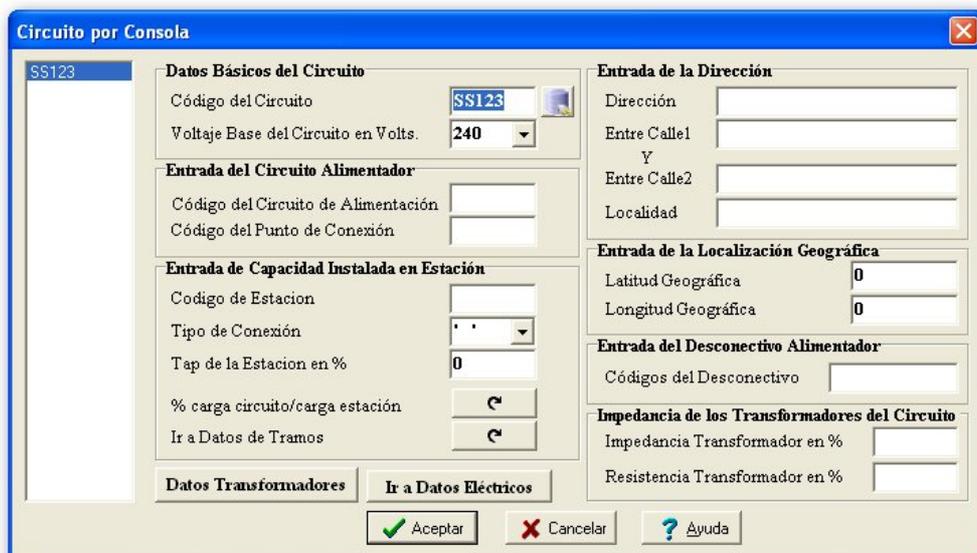
Anexo 1.3 Prototipo del Caso de Uso Conectar a la Base de Datos



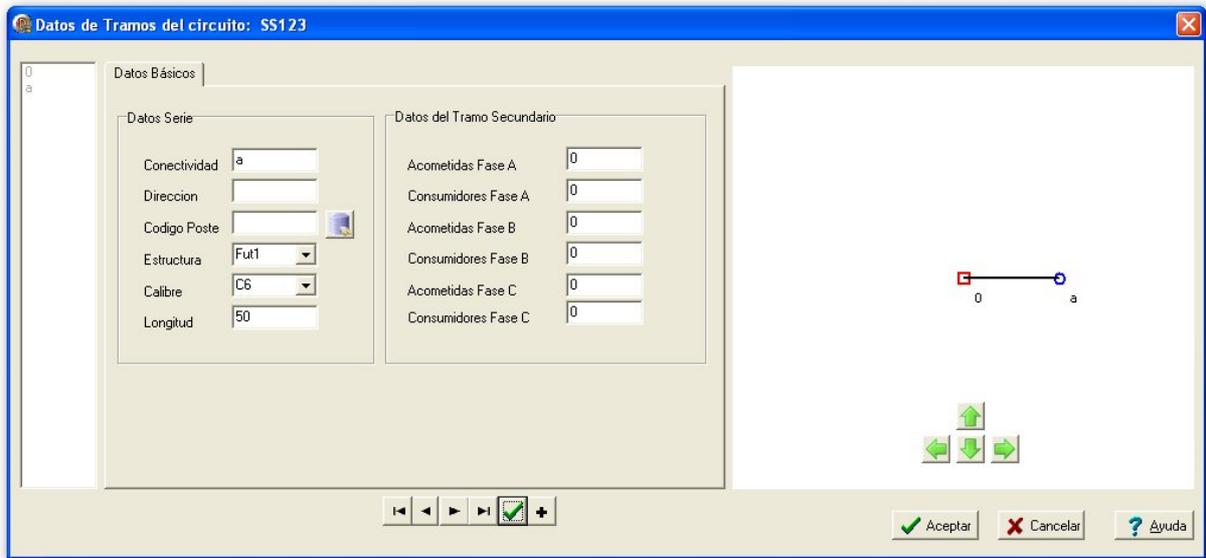
Anexo 1.4 Prototipo del Caso de Uso Entrar Datos de Transformadores



Anexo 1.5 Prototipo del Caso de Uso Cargar Sistema



Anexo 1.6 Prototipo del Caso de Uso Rectificar Estación



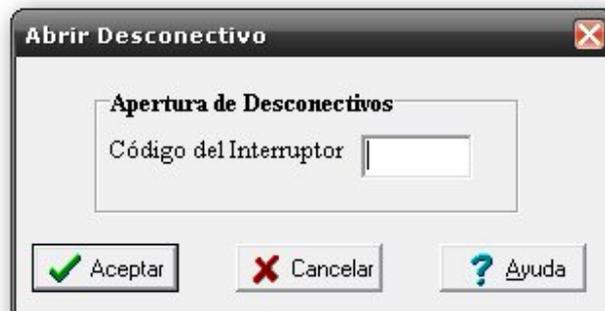
Anexo 1.7 Prototipo del Caso de Uso Ver Datos de Tramos



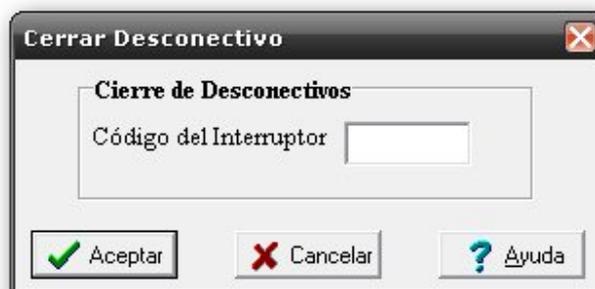
Anexo 1.8 Prototipo del Caso de Uso Abrir Cargas



Anexo 1.9 Prototipo del Caso de Uso Cerrar Cargas



Anexo 1.10 Prototipo del Caso de Uso Abrir Desconectivo



Anexo 1.11 Prototipo del Caso de Uso Cerrar Desconectivo



Anexo 1.12 Prototipo del Caso de Uso Cambiar Calibre



Anexo 1.13 Prototipo del Caso de Uso Recambiar Calibre



Anexo 1.14 Prototipo del Caso de Uso Cambiar Estructura



Anexo 1.15 Prototipo del Caso de Uso Recambiar Estructura



Anexo 1.16 Prototipo del Caso de Uso Seleccionar Circuito

Ordenes Ejecutadas

Ordenes Ejecutadas	Hora
1- Entrada de Estaciones	14:06:34
2- Entrada de Circuitos por Discos	14:10:37
3- Cargar Sistema	14:11:02
4- Ordenes Ejecutadas	14:12:04

Total de Ordenes Ejecutas: 4

Anexo 1.17 Prototipo del Caso de Uso Ver Órdenes Ejecutadas

Corridos Ejecutadas

Resumen de las Corridas Realizadas

#Corrida	#Orden	Tipo	Regimen	#Circuitos	P_total	Q_total	Perd_Pot	Perd_Reactiv	Volt_Min(Pu)	Nodo_Volt_Min	Cto_Volt_Min	Tit_Corr
1	0	0	Maxima	5	88.13	54.62	3.78	1.14	0.000	SS123	0	

salvar Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 1.18 Prototipo del Caso de Uso Ver Corridas Ejecutadas

Básicos del Sistema

Datos Básicos de los Circuitos en Memoria

CodiCto	VolBa	VIn	SCpE	T	SCpA	áCpB	áCpC	#Nd	#Ca	#Cd	CalTr	Estr	LoTot	CiCon	PtCo
JS40	240	100	0	0	27	26	0	8	8	0	CN6	2P	292		
JS43	240	100	0	0	26	35	0	10	10	0	CN6	2P	390		
JS44	240	100	0	0	16	23	0	10	10	0	C35	2P	340		
JS45	240	100	0	0	16	15	0	7	7	0	CN6	2P	230		
SS123	240	0	0	0	0	0	0	2	0	0	C6	Fut1	50		

Editar Salvar Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 1.19 Prototipo del Caso de Uso Ver Básicos del Sistema

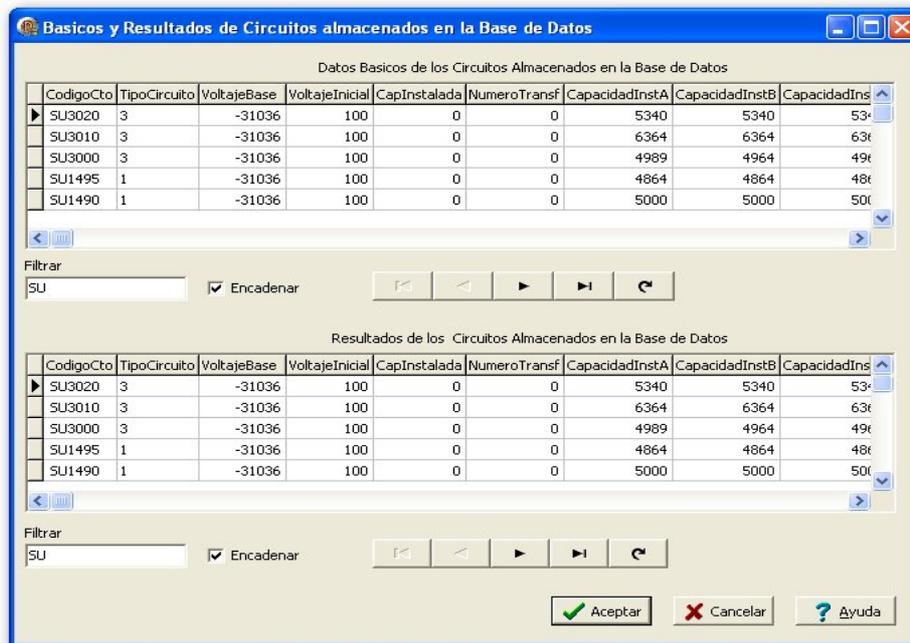
Resultados del Sistema

Resultados Básicos de los Circuitos en la última Corrida

CodiCto	P-Total	Q-Total	PeorNo	DisIn	PeorVo	%Regul	PerdIP	%PerP	PerdIQ	%PerQ
JS40	44.4	27.5	D	166	221	7.96	2.34	5.01	0.57	2.03
JS43	30.1	18.7	c	130	221	8.12	2.05	6.36	0.61	3.15
JS44	20.3	12.6	A1b	185	233	2.90	0.33	1.62	0.19	1.51
JS45	15.6	9.6	A2	90	234	2.45	0.23	1.44	0.06	0.63
SS123	0.0	0.0	0	0	0	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00

salvar Aceptar Cancelar Ayuda

Anexo 1.20 Prototipo del Caso de Uso Ver Resultados del Sistema



Anexo 1.23 Prototipo del Caso de Uso Ver Estado de la Base de Datos



Anexo 1.24 Prototipo del Caso de Uso Escoger Datos del Sistema a Mostrar

Opcional del Sistema

Código	Dirección	Perd.Act.	Perd.React.	Long.	Lat.	KVA.Tot.	Capinst	Long.Tot.	#Transf.	#Nodos	#
JS40	-	2,343001842	0,568710386	0	0	54,50700651	0/0/0	292	0 0 0 0	8	6
JS43	-	2,048239946	0,606601893	0	0	37,51409699	0/0/0	390	0 0 0 0	10	1
JS44	-	0,333695054	0,192503109	0	0	24,21548893	0/0/0	340	0 0 0 0	10	6
JS45	-	0,226415097	0,061099361	0	0	18,52079754	0/0/0	230	0 0 0 0	7	4

Anexo 1.25 Prototipo del Caso de Uso Ver Opcional del Sistema

Opcional por Circuito

Opcional por Circuito

Listar campos seleccionados de un Circuito

Listar el Circuito: JS40

Marcar Todos...

- Mostrar Código del Circuito
- Mostrar Código Predecesor
- Mostrar Código del Tramo
- Mostrar Dirección del Tramo
- Mostrar Pérdidas Activas del Tramo
- Mostrar Pérdidas Reactivas del Tramo
- Mostrar Longitud Cartográfica del Tramo
- Mostrar Latitud Cartográfica del Tramo
- Mostrar Corriente del Tramo
- Mostrar Ángulo de la Corriente del Tramo
- Mostrar Capacidad Instalada del Tramo
- Mostrar Longitud del Tramo
- Mostrar Números de Consumidores del Tramo
- Mostrar Conectividad del Tramo
- Mostrar Potencia del Tramo
- Mostrar Reactivo del Tramo
- Mostrar Resistencia del Tramo
- Mostrar Calibre del Tramo
- Mostrar Estructura del Tramo
- Mostrar Voltaje del Tramo
- Mostrar Provisional

Anexo 1.26 Prototipo del Caso de Uso Escoger Datos del Circuito a Mostrar

Opcional por Circuito

CódigoCto	CodPre	Código	Dirección	PerdAct	PerdReact	Long.	Lat.	Corr	AngCorr	CapInst
JS40	-		AGRAM	0	0	0.0	0.0	113,557064	-31,0031165	5/5/0
JS40	0		AGRAM	0,076431989	0,018552126	0.0	0.0	22,7263799	-31,5142162	4/4/0
JS40	a		AGRAM	0,005014253	0,001217096	0.0	0.0	6,50804912	-31,4715787	0/1/0
JS40	0		AGRAM	0,698732972	0,169601529	0.0	0.0	71,6398052	-30,6305946	2/1/0
JS40	A		CESAR	0,007450513	0,001808442	0.0	0.0	8,36218066	-30,9924443	2/0/0
JS40	A		AGRAM	0,252069234	0,061184078	0.0	0.0	53,2815674	-30,4926384	6/6/0
JS40	B		AGRAM	0,128584086	0,031210862	0.0	0.0	29,4772037	-30,3312820	6/7/0
JS40	C		AGRAM	0,003217910	0,000781074	0.0	0.0	5,21356344	-30,2894608	2/2/0

Anexo 1.27 Prototipo del Caso de Uso Ver Opcional por Circuito

Resultados por Circuitos

Voltaje Nom	Voltaje Inicial	Demanda Tot	Factor de Pot	Potencia del
0.240	100	27.254	0.86	44.38

Nodo	Direccion	PotCalc	ReactCalc	Vnodo	lTramo	Angulo	PerAct	PerReact
0	AGRAM	3.92	2.43	0.240	113.56	-31.0	0.000	0.000
a	AGRAM	3.26	2.02	0.237	22.73	-31.5	0.076	0.019
b	AGRAM	1.31	0.81	0.236	6.51	-31.5	0.005	0.001
A	AGRAM	1.96	1.21	0.230	71.64	-30.6	0.699	0.170
A1	CESAR	1.63	1.01	0.230	8.36	-31.0	0.007	0.002
B	AGRAM	4.57	2.83	0.226	53.28	-30.5	0.252	0.061
C	AGRAM	4.57	2.83	0.221	29.48	-30.3	0.129	0.031
D	AGRAM	0.98	0.61	0.221	5.21	-30.3	0.003	0.001

Anexo 1.28 Prototipo del Caso de Uso Ver Resultados por Circuito

Basicos Por Circuito

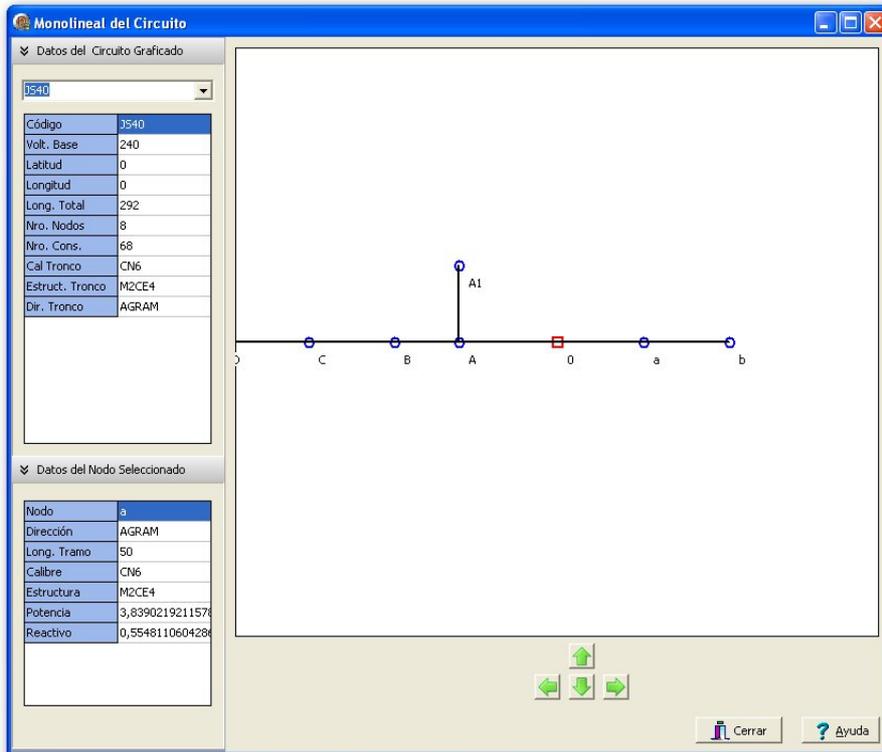
Conect	Potencia	Reactivo	Estructura	Calibre	Longitud	Dirección
0	3,915802478	2,426796197	2P	CN6	0	AGRAM
a	3,263168573	2,022330284	2P	CN6	50	AGRAM
b	1,305267453	0,808932065	2P	CN6	40	AGRAM
A	1,957901239	1,213398098	2P	CN6	46	AGRAM
A1	1,631584286	1,011165142	2P	CN6	36	CESAR
B	4,568436145	2,831262111	2P	CN6	30	AGRAM
C	4,568436145	2,831262111	2P	CN6	50	AGRAM

Anexo 1.29 Prototipo del Caso de Uso Ver Básicos por Circuito

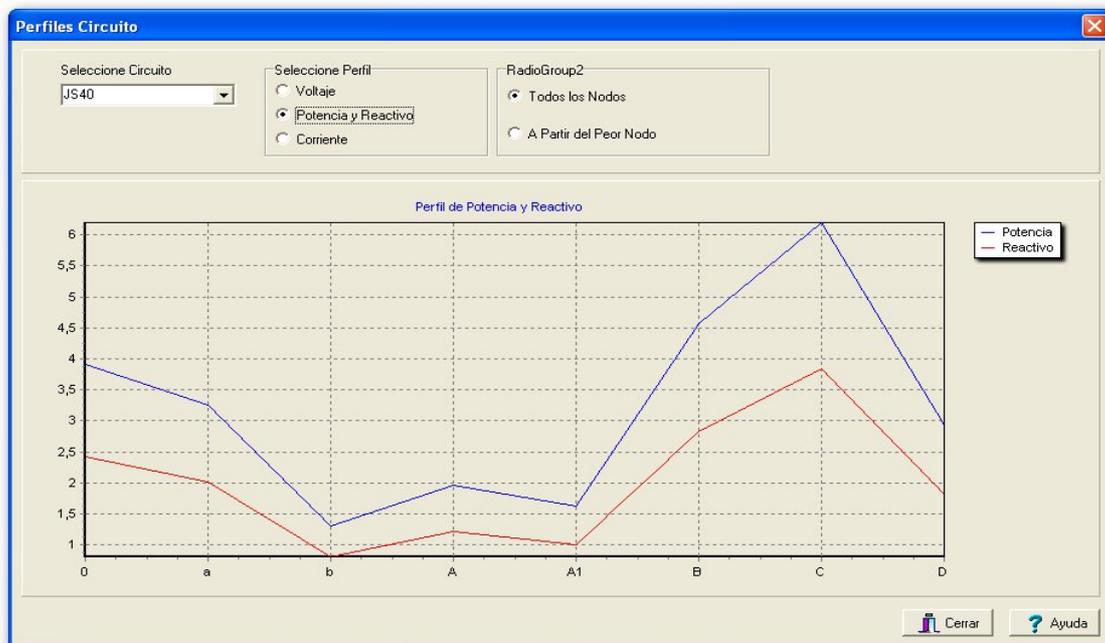
Elementos por Circuitos

CODIGO	CODIGOCTO	ESTADO	CAPNOM	CAPOPE	CAPINTERR	CARACT	CORRIENTE

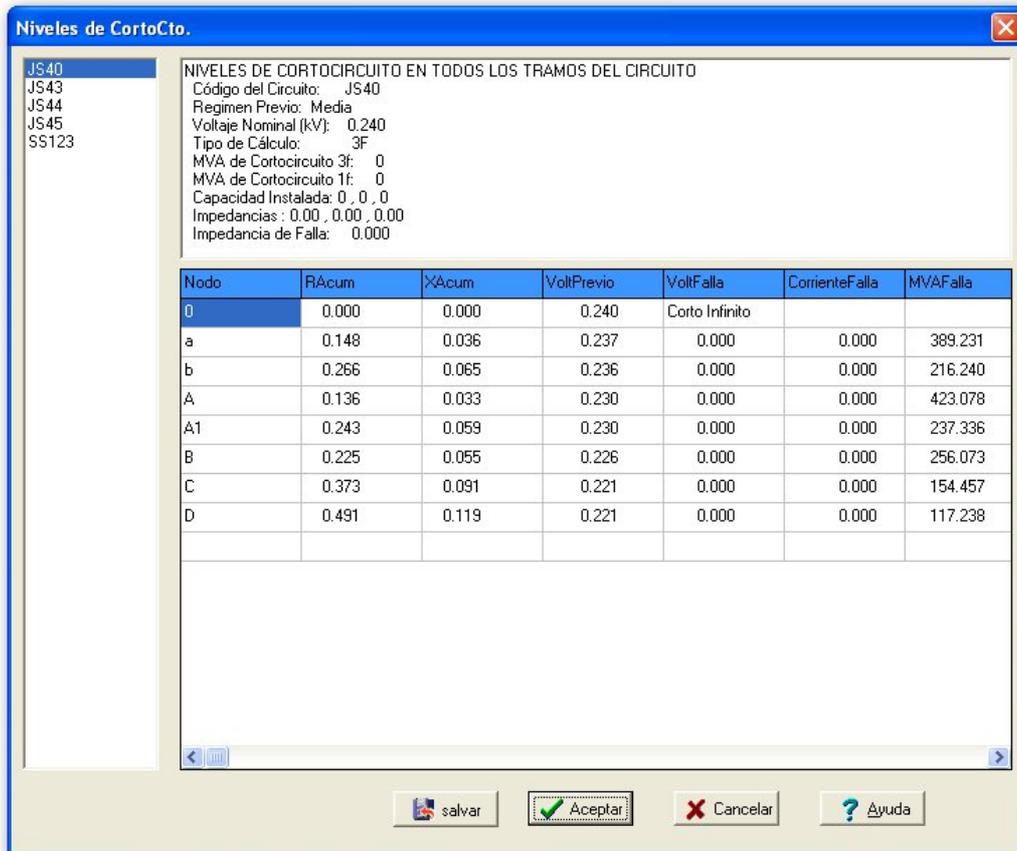
Anexo 1.30 Prototipo del Caso de Uso Ver Elementos por Circuito



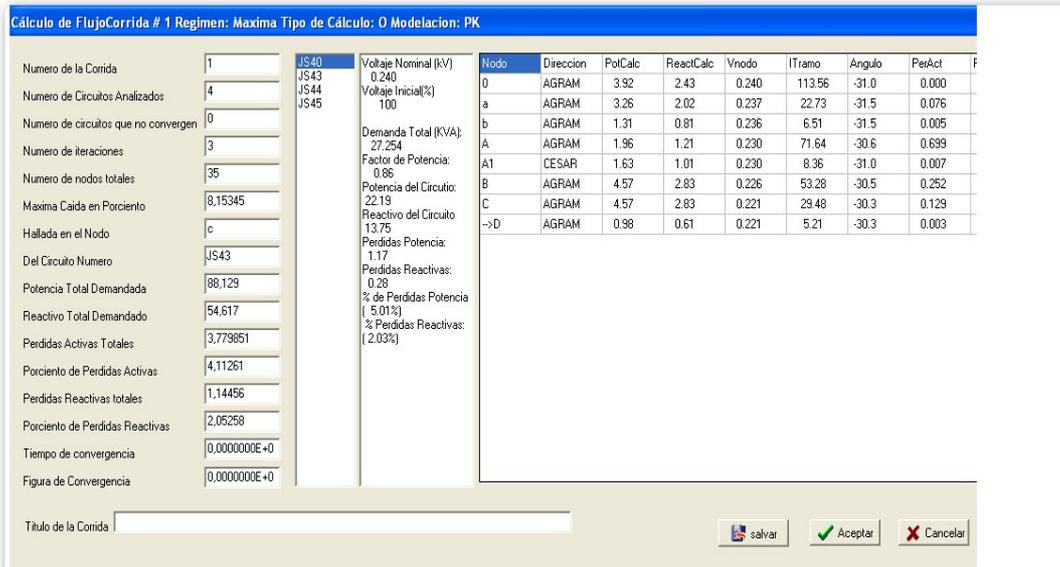
Anexo 1.31 Prototipo del Caso de Uso Ver Monolineal de Circuito



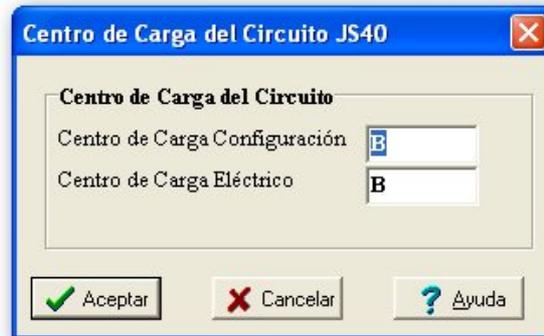
Anexo 1.32 Prototipo del Caso de Uso Mostrar Perfiles Ctos.



Anexo 1.33 Prototipo del Caso de Uso Mostrar Resultados Fallas Ctos.



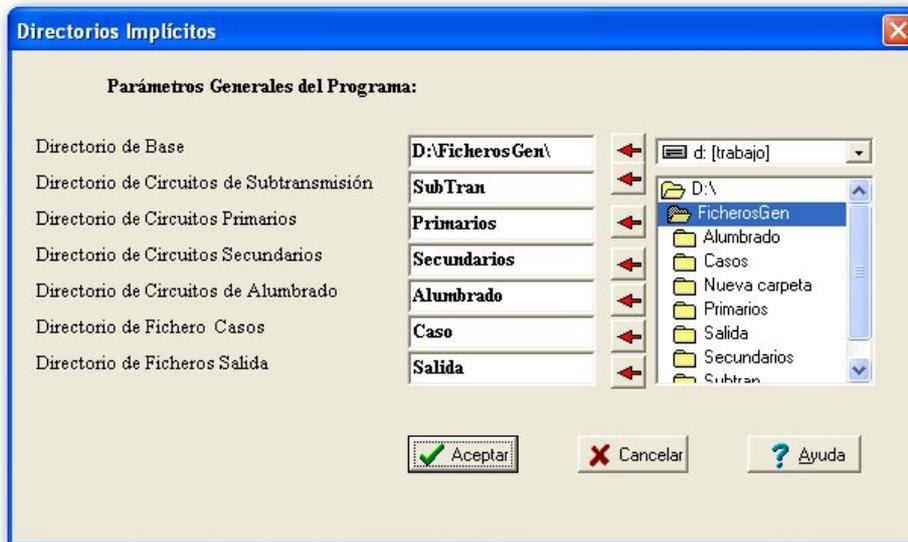
Anexo 1.34 Prototipo del Caso de Uso Mostrar Resultados Flujo de un Circuito



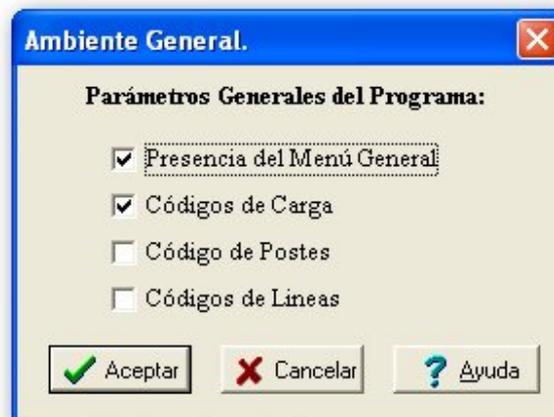
Anexo 1.35 Prototipo del Caso de Uso Calcular Centro de Circuito



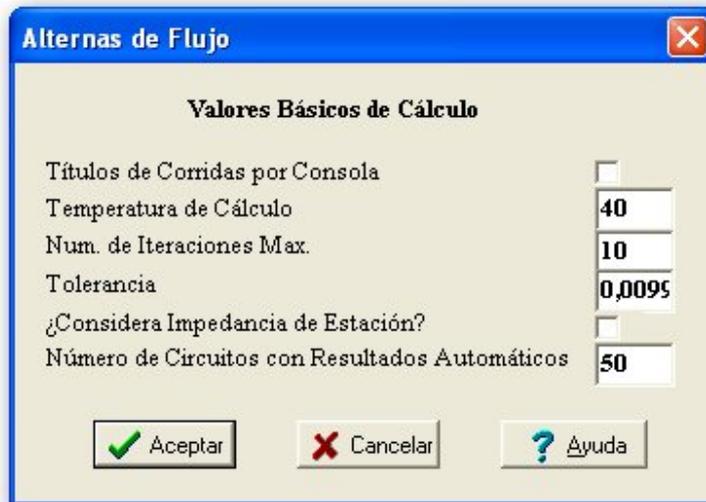
Anexo 1.36 Prototipo del Caso de Uso Ver Control Opcional del Sistema



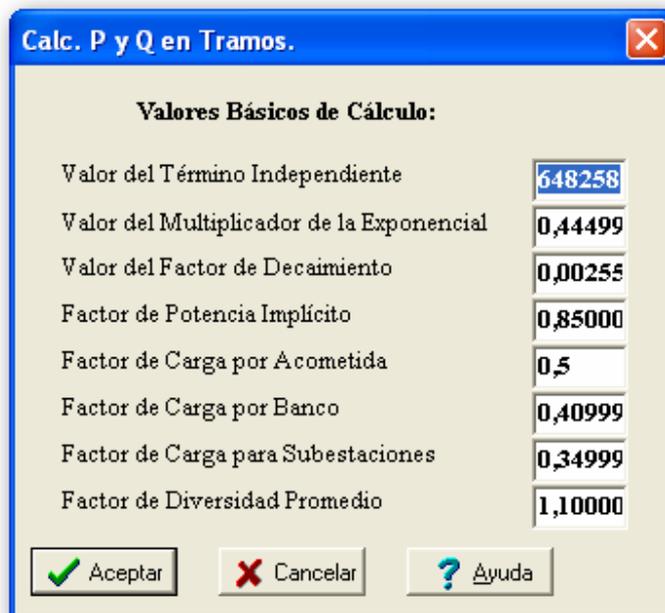
Anexo 1.37 Prototipo del Caso de Uso Ver Directorios Implícitos



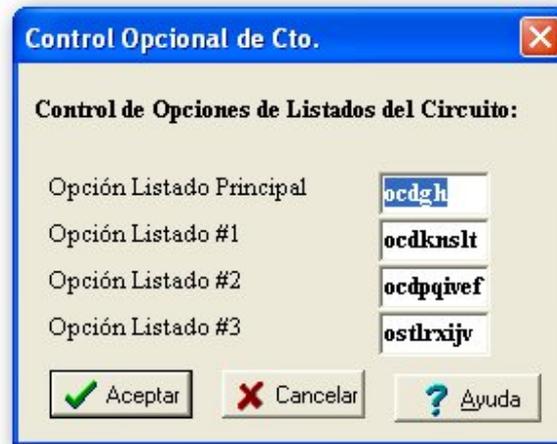
Anexo 1.38 Prototipo del Caso de Uso Ver Opciones de Ambiente General



Anexo 1.39 Prototipo del Caso de Uso Ver Alternas de Flujo



Anexo 1.40 Prototipo del Caso de Uso Ver Opciones de Cálculo de Carga



Anexo 1.41 Prototipo del Caso de Uso Ver Control Opcional por Circuito

Anexo 2 – Utilización del *ActionManager* para el control de las opciones del programa.

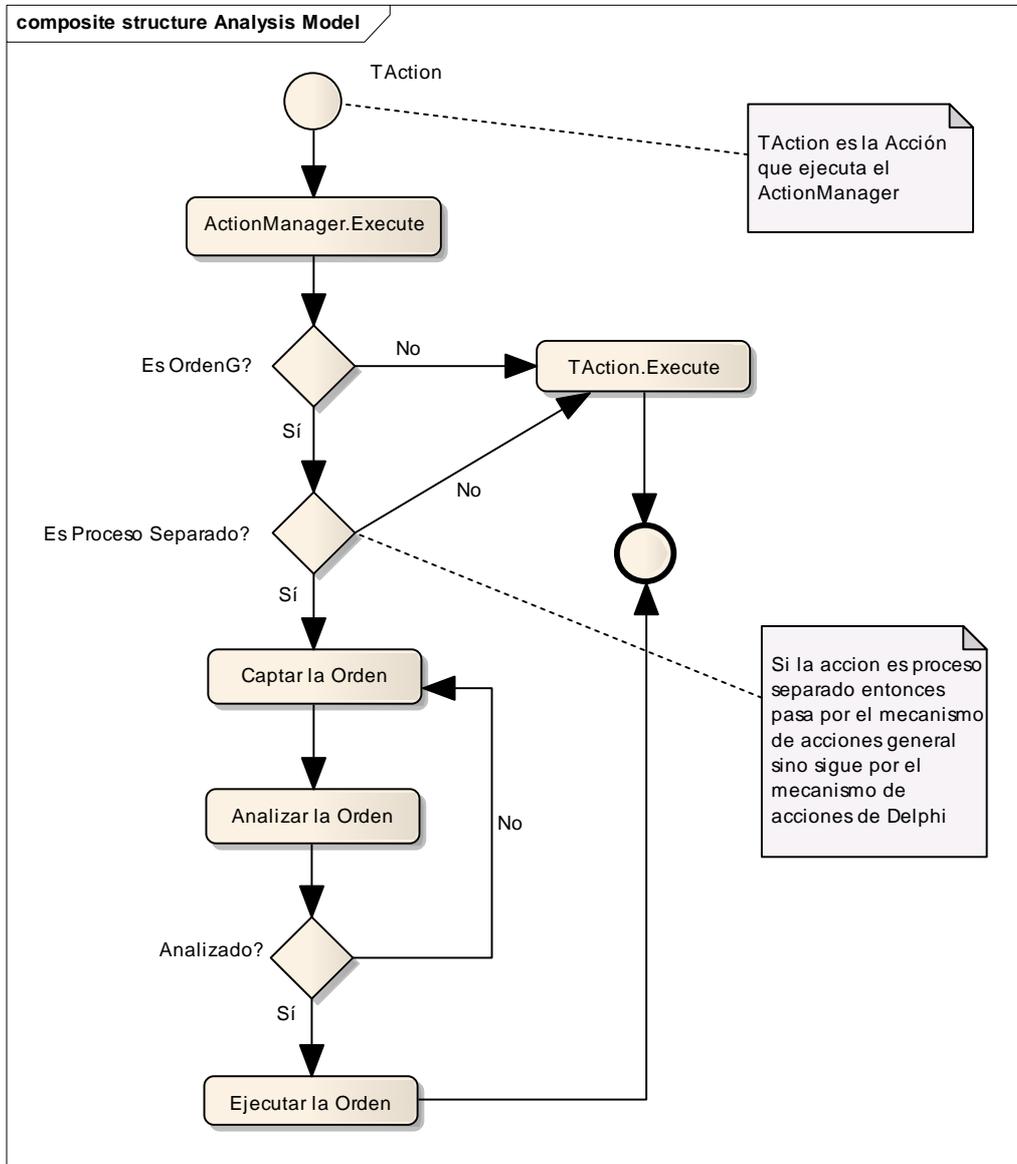


Figura 21 Diagrama de Actividad en la ejecución de una acción

Anexo 3 Diagrama de componentes del SIGERE.

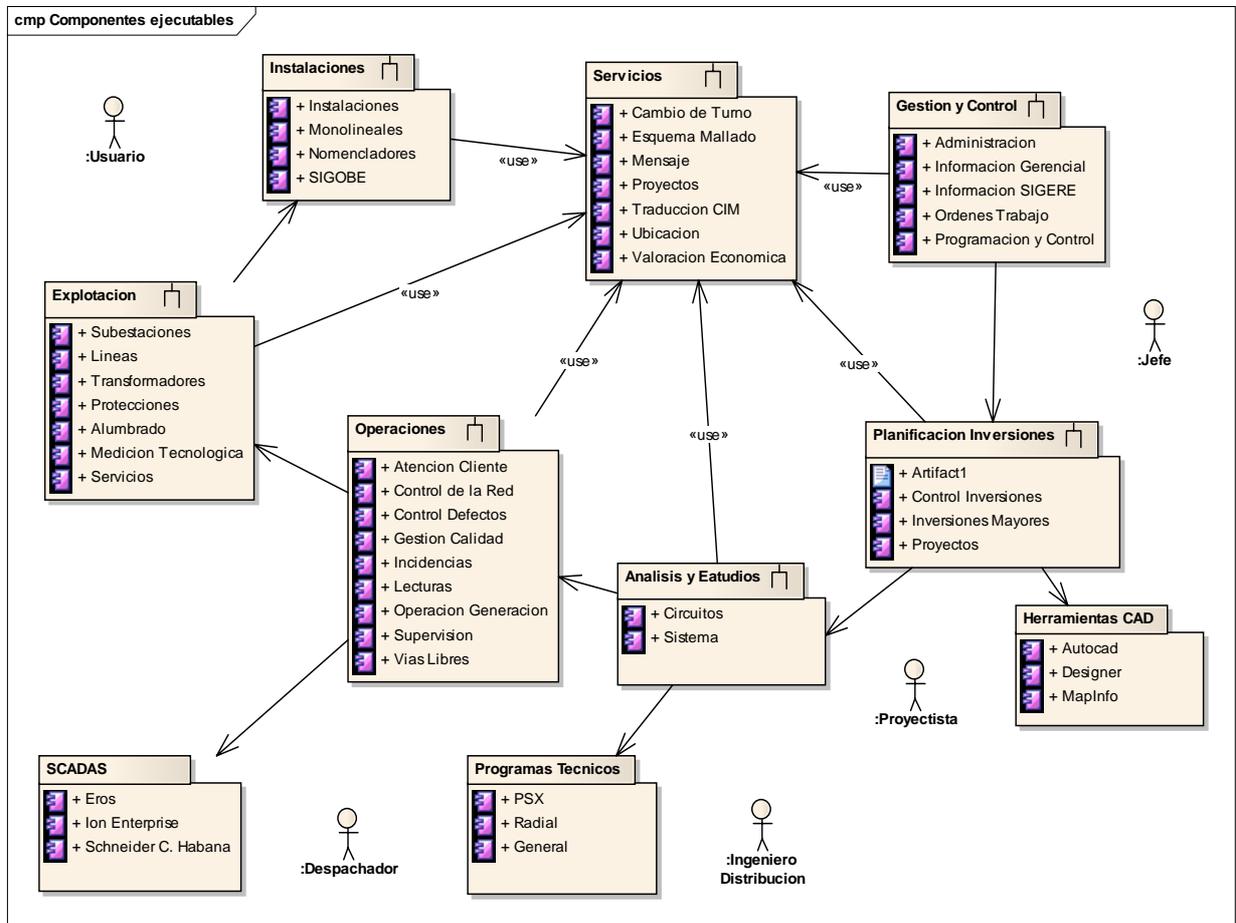


Figura 22 Diagrama de Componentes del SIGERE

Anexo 4 Descripción de los Casos de Uso del Sistema

Caso de uso	Crear Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Crear un nuevo circuito y almacenarlo en memoria
<p>Resumen</p> <p>Este caso de uso inicia cuando se desee crear un nuevo circuito y almacenarlo en memoria. Para hacer esto es necesario que el código del circuito a crear sea válido además del Voltaje Base. También se pueden adicionar datos como son los referentes a la localización geográfica, al circuito de alimentación, desconectivo principal y a los bancos de transformadores por fase. A partir de este también se puede acceder a los datos de los tramos del circuito para insertar los diferentes nodos que lo componen.</p>	
Referencias	R1
Precondiciones	No debe haber circuitos con el mismo código en la memoria.
Post-condiciones	Un nuevo circuito almacenado en memoria.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.1

Tabla 6 Descripción del Caso de Uso del Sistema Crear Circuito

Caso de uso	Cargar estación desde la Base de Datos
Actores	Usuario
Propósito	Cargar datos básicos del circuito desde la Base de Datos.
Resumen	El caso de uso inicia cuando se tiene el código del circuito y se desee comprobar si este está en la Base de Datos del SIGERE para en el caso afirmativo obtener los datos referentes a la estación alimentadora de la Base de Datos
Referencias	
Precondiciones	Debe existir una conexión activa a la Base de Datos.
Post-condiciones	Los datos del circuito son cargados desde la Base de Datos en caso de que se encuentren en esta, en caso contrario mostrar un aviso.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 7 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Estación desde La Base de Datos

Caso de uso	Conectarse a la Base de Datos
Actores	Usuario
Propósito	Establecer una conexión a un Sistema de Bases de Datos.
Resumen	
El caso de uso inicia cuando se conecta hacia un servidor de Bases de Datos SQL en la Red. El método de autenticación con el Sistema de Bases de Datos puede ser utilizando la seguridad integrada de Windows o utilizando un Usuario creado dentro del mismo Sistema de Bases de Datos.	
Referencias	R13
Precondiciones	No se debe estar conectado a la Base de Datos.
Post-condiciones	La Conexión a la Base de Datos es establecida o en caso contrario mostrar un aviso.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.3

Tabla 8 Descripción del Caso de Uso del Sistema Conectarse a la Base de Datos

Caso de uso	Entrar Datos Eléctricos
Actores	Usuario
Propósito	Realizar la entrada de Datos de Tipo Eléctrico para un circuito.
Resumen	
El caso de uso inicia cuando se procede a entrar datos eléctricos en el circuito. Mediante este se entran los datos para los diferentes regímenes de potencia.	
Referencias	R2
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenado en memoria.
Post-condiciones	Se realiza la entrada de Datos Eléctricos
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.2

Tabla 9 Descripción del Caso de Uso del Sistema Entrar Datos Eléctricos

Caso de uso	Entrar Datos de Transformadores
Actores	Usuario
Propósito	Realizar la entrada de Datos de los Transformadores por cada fase del circuito.
Resumen	El caso de uso inicia cuando se desea entrar los datos respectivos a los Transformadores para cada una de las fases A, B y C.
Referencias	R3
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenado en memoria.
Post-condiciones	El Circuito cuenta con los transformadores entrados por fase y sus capacidades.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.4

Tabla 10 Descripción del Caso de Uso del Sistema Entrar Datos de Transformadores

Caso de uso	Cargar Sistema de Circuitos
Actores	Usuario
Propósito	Almacenar un grupo de circuitos en la memoria.
Resumen	Mediante este caso de uso se puede realizar la entrada de grupos de circuitos atendiendo a características como el tipo de circuito o la extensión del fichero. El código de los circuitos almacenados en memoria no debe coincidir con el nombre del los fichero que se quieran cargar.
Referencias	R9
Precondiciones	Los ficheros a cargar deben ser válidos.
Post-condiciones	Se almacenan los circuitos seleccionados en la memoria. En caso contrario se emite un aviso.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.5

Tabla 11 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Sistema de Circuitos

Caso de uso	Rectificar Estación
Actores	Usuario
Propósito	Modificar Datos de la estación del Circuito
Resumen	El Caso de Uso inicia al modificar los datos de la estación del Circuito que se desee modificar. Al realizar la modificación se recalculan los valores que dependen de estos datos.
Referencias	R5
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se modifican los datos de la Estación del Circuito y se recalculan los valores que dependan de estos.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.6

Tabla 12 Descripción del Caso de Uso del Sistema Rectificar Estación

Caso de uso	Cargar Configuración
Actores	Usuario
Propósito	Cargar un fichero de configuración con las opciones implícitas del sistema.
Resumen	Mediante este Caso de Uso se realiza la entrada de un fichero de Configuración que será el que registrará el desempeño de algunas de las opciones que se muestran en el programa, además de la configuración de los directorios implícitos y opciones referentes a valores de constantes para realizar los cálculos. Las opciones por defecto son modificadas de acuerdo a las opciones almacenadas en el fichero.
Referencias	R8
Precondiciones	El fichero a cargar debe ser válido.
Post-condiciones	Las opciones de configuración del programa son establecidas de acuerdo a las almacenadas en el

	fichero cargado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 13 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Configuración

Caso de uso	Entrar Circuitos por Discos.
Actores	Usuario
Propósito	Cargar un circuito almacenado en un fichero
Resumen	El Caso de Uso inicia al cargar desde el sistema de archivos un circuito almacenado en un fichero. El nombre del fichero no debe coincidir con el código de alguno de los circuitos almacenados en la memoria, en caso de que existan.
Referencias	R11
Precondiciones	El fichero a cargar debe ser válido.
Post-condiciones	El circuito es almacenado en memoria.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 14 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cargar Circuito por Discos

Caso de uso	Ver Datos de Tramos
Actores	Usuario
Propósito	Ver los datos de los tramos del circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar los tramos que componen el circuito. Después de ser mostrados, estos se pueden modificar o incluir nuevos tramos. Las operaciones de inclusión y modificación de tramos hace que se realicen los cálculos de Potencia y Reactivo y de impedancia del nodo nuevamente.
Referencias	R4
Precondiciones	El fichero a cargar debe ser válido.

Post-condiciones	Se modifican los datos de los tramos del circuito seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.7

Tabla 15 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Datos de Tramos

Caso de uso	Abrir Carga
Actores	Usuario
Propósito	Abrir la Carga en un Rango de nodos dentro de un circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al abrir la carga en un rango de nodos dentro del circuito. Al realizar esta acción se recalculan los valores de Potencia, Reactivo y total de carga en el circuito para nodos sin carga.
Referencias	R37
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria
Post-condiciones	Se obtiene un circuito sin carga en el rango de nodos seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.8

Tabla 16 Descripción del Caso de Uso del Sistema Abrir Carga

Caso de uso	Cerrar Carga
Actores	Usuario
Propósito	Cerrar la carga en un rango de nodos dentro de un circuito.
Resumen	El caso de uso inicia al Cerrar la Carga existente en un rango dado de nodos dentro de un circuito. Con la realización de este se recalculan los valores de Potencia y Reactivo en el circuito para los nodos con carga dentro del rango dado y el circuito vuelve al estado inicial

Referencias	R38
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria
Post-condiciones	Se obtiene un circuito con la carga restablecida en el rango de nodos seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.9

Tabla 17 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cerrar Carga

Caso de uso	Abrir desconectivo
Actores	Usuario
Propósito	Desconectar un circuito a partir del desconectivo seleccionado.
Resumen	El Caso de Uso inicia al abrir un desconectivo, con esta acción el circuito queda desconectado a partir de este. Al realizar esta acción se recalculan los valores globales del circuito.
Referencias	R35
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. En el circuito seleccionado para realizar la acción debe existir al menos un desconectivo.
Post-condiciones	Se obtiene un circuito desconectado a partir del desconectivo seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.10

Tabla 18 Descripción del Caso de Uso del Sistema Abrir Desconectivo

Caso de uso	Cerrar Desconectivo
Actores	Usuario
Propósito	Cerrar un desconectivo abierto.
Resumen	El Caso de Uso inicia al cerrar un desconectivo abierto en un circuito. Con la

realización de esta acción la parte del circuito que estaba desconectada vuelve a estar activa.	
Referencias	R36
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. En el circuito seleccionado para realizar la acción debe existir al menos un desconectivo.
Post-condiciones	Se obtiene un circuito desconectado a partir del desconectivo seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.11

Tabla 19 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cerrar Desconectivo

Caso de uso	Cambiar Calibre
Actores	Usuario
Propósito	Cambiar el tipo de conductor en un rango de nodos.
<p>Resumen</p> <p>El Caso de Uso inicia al cambiar el calibre del tramo, con la realización de esta acción al rango dado toma un Calibre nuevo y se recalcula el valor de la resistencia y la inductancia para cada uno de los nodos en el rango dado.</p>	
Referencias	R39
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	El circuito cuenta con un nuevo calibre en el rango que se haya seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.12

Tabla 20 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cambiar Calibre

Caso de uso	Recambiar Calibre
Actores	Usuario
Propósito	Cambiar el tipo de conductor en un rango de nodos

	por el calibre anterior.
Resumen	El Caso de uso inicia al recambiar el calibre de un rango que haya sido cambiado por el anterior, o sea vuelve a poner el circuito en el estado anterior al cambio realizado. Para realizar esta acción es necesario haber realizado al menos un cambio de calibre. Los valores de resistencia e inductancia vuelven al estado anterior.
Referencias	R40
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe haberse realizado al menos un cambio de calibre.
Post-condiciones	El circuito toma los valores del calibre anterior en el rango que se defina.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.13

Tabla 21 Descripción del Caso de Uso del Sistema Recambiar Calibre

Caso de uso	Cambiar Estructura
Actores	Usuario
Propósito	Cambiar el tipo de sistema en un rango de nodos dado.
Resumen	El Caso de Uso inicia a cambia el tipo de sistema en un rango de nodos dado. Al realizar esta acción se recalculan los valores de resistencia e inductancia para cada uno de los nodos en el rango especificado.
Referencias	R41
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	El circuito cuenta con un nuevo tipo de sistema en el rango que se haya seleccionado.

Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.14

Tabla 22 Descripción del Caso de Uso del Sistema Cambiar Estructura

Caso de uso	Recambiar Estructura
Actores	Usuario
Propósito	Cambiar el tipo de sistema en un rango de nodos por el tipo de sistema anterior al cambio.
Resumen	El Caso de Uso inicia al cambiar el tipo de sistema en un rango de nodos por el sistema que tenía antes de realizar el cambio de estructura. Para esto es necesario que se haya realizado al menos un cambio de estructura. Los valores de resistencia e inductancia en cada uno de los nodos que componen el rango vuelven al estado anterior.
Referencias	R42
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe haberse realizado al menos un cambio de sistema.
Post-condiciones	Los valores de resistencia e inductancia vuelven al estado inicial antes de realizar el cambio de estructura.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.15

Tabla 23 Descripción del Caso de Uso del Sistema Recambiar Estructura

Caso de uso	Trasladar fuente
Actores	Usuario
Propósito	Cambiar el tipo de conductor en un rango de nodos.
Resumen	El Caso de Uso inicia al trasladar la fuente o estación de un circuito hasta

donde usted desee, usualmente el centro de carga del circuito o un lugar próximo a este.	
Referencias	R53
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se obtiene un circuito con la fuente en un nuevo nodo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 24 Descripción del Caso de Uso del Sistema Trasladar Fuente

Caso de uso	Obtener Circuitos en Memoria
Actores	Usuario
Propósito	Obtener el listado de los circuitos en memoria.
Resumen	
El Caso de Uso inicia al obtener un listado de todos los circuitos almacenados en memoria. El dato de relevancia es el código del circuito.	
Referencias	
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se obtiene un listado con todos los circuitos que estén almacenados en memoria.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 25 Descripción del Caso de Uso del Sistema Obtener Circuitos en Memoria

Caso de uso	Seleccionar Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Seleccionar un circuito para realizar algún tipo de operación.
Resumen	
El Caso de Uso inicia al seleccionar un circuito de los mostrados en un listado	

para realizar operaciones sobre este. El circuito es seleccionado atendiendo al código de este.	
Referencias	
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se selecciona un circuito de los que existan en memoria.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.16

Tabla 26 Descripción del Caso de Uso del Sistema Seleccionar Circuito

Caso de uso	Mostrar Órdenes Ejecutadas
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar el listado de las órdenes que han sido ejecutadas.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con las órdenes que han sido ejecutadas desde el inicio del sistema hasta el momento que se muestre el listado. Al realizar cualquier operación este listado se actualiza.
Referencias	R17
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se obtiene un listado con las órdenes ejecutadas durante la corrida del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.17

Tabla 27 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Órdenes Ejecutadas

Caso de uso	Ver Corridas Ejecutadas.
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los resultados generales de cada una de las corridas de flujo que se hayan realizado.

Resumen	
El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los resultados generales de cada una de las corridas de flujo ejecutadas. Esta acción tiene como objetivo mostrar un medio para la diferenciación de los resultados del cálculo de flujo con circuitos en diferentes estados.	
Referencias	R18
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Haber realizado al menos una corrida de flujo.
Post-condiciones	Se muestra un listado con información acerca de las corridas de flujo que se hayan realizado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.18

Tabla 28 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Corridas Ejecutadas

Caso de uso	Mostrar Básicos del Sistema
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los Datos Básicos del Sistema de Circuitos que se encuentra almacenado en memoria.
Resumen	
El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los Datos Básicos del sistema de Circuitos actualmente almacenado en memoria.	
Referencias	R19
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestra el listado con los Datos Básicos del sistema de Circuitos.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.19

Tabla 29 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Básicos del Sistema

Caso de uso	Mostrar Resultados del Sistema
-------------	--------------------------------

Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los resultados de la última corrida de flujo.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los resultados de la última corrida de flujo para cada uno de los circuitos del sistema.
Referencias	R20
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe haberse realizado al menos una corrida de flujo.
Post-condiciones	Se muestra el listado con los resultados de la última corrida de flujo
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.20

Tabla 30 Descripción del Caso de Uso del Sistema Mostrar Resultados del Sistema

Caso de uso	Ver Interruptores del Sistema
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los resultados de la última corrida de flujo.
Resumen	Este se inicia cuando se muestran los interruptores que contienen cada uno de los circuitos almacenados en memoria, además de mostrar el interruptor se muestran algunas características de este y su estado.
Referencias	R22
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestra el listado con los interruptores del sistema

Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.21

Tabla 31 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Interruptores del Sistema

Caso de uso	Ver Factores del Sistema
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los factores principales del sistema.
Resumen	El Caso de Uso inicia cuando se muestra un listado con los factores básicos del sistema. Con la realización de este se puede ver información tal como factores de demanda y consumo para cada uno de los regímenes en cada uno de los circuitos que componen el Sistema.
Referencias	R21
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestra el listado con los factores fundamentales del Sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.22

Tabla 32 Descripción del Caso de Uso del Sistema Ver Factores del Sistema

Caso de uso	Ver Estado de la Base de Datos.
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar datos básicos y resultados de circuitos que han sido almacenados en la Base de Datos.
Resumen	El Caso de Uso inicia cuando después de estar conectado a la Base de Datos se accede a los listados de Básicos y Resultados los cuales muestran Datos Básicos y Resultados de Circuitos que han sido almacenados en la Base de Datos.
Referencias	R28

Precondiciones	Debe existir una conexión activa con un servidor de Bases de Datos.
Post-condiciones	Se muestra un listado con los datos almacenados en la Base de Datos.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.23

Tabla 33 Descripción del caso de uso de sistema Ver Factores del Sistema

Caso de uso	Escoger Datos del Sistema a Mostrar
Actores	Usuario
Propósito	Seleccionar los datos del sistema que se quieran mostrar en un listado.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con diferentes opciones, las cuales componen los datos que se mostrarán en un listado con información concerniente al sistema. Este Caso de Uso da paso a la muestra de este listado. En caso de no escoger ningún valor se toman los valores por defecto definidos en ficheros de configuración.
Referencias	R23
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se Muestran los datos opcionales del Sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.24

Tabla 34 Descripción del caso de uso de sistema Escoger Datos del Sistema a Mostrar

Caso de uso	Mostrar opcional del Sistema
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los datos opcionales del Sistema escogidos por el usuario.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los valores para los campos

escogidos por el usuario, en caso de no haber escogido algún campo se muestran los datos opcionales del sistema definidos en el fichero de configuración.	
Referencias	R23
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se Muestran los datos opcionales del Sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.25

Tabla 35 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar opcional del Sistema

Caso de uso	Escoger Datos del Circuito a Mostrar
Actores	Usuario
Propósito	Seleccionar los datos del sistema que se quieran mostrar en un listado.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con diferentes opciones, las cuales componen los datos que se mostrarán en un listado con información concerniente a un circuito seleccionado. Este Caso de Uso da paso a la muestra de este listado. En caso de no escoger ningún valor se toman los valores por defecto definidos en ficheros de configuración.
Referencias	R27
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se Muestran los datos opcionales del Circuito.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.26

Tabla 36 Descripción del caso de uso de sistema Escoger Datos del Circuito a Mostrar

Caso de uso	Mostrar opcional por Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los datos opcionales del Circuito escogidos por el usuario.

Resumen	
El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los valores para los campos escogidos por el usuario, en caso de no haber escogido algún campo se muestran los datos opcionales del circuito definidos en el fichero de configuración.	
Referencias	R27
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se Muestran los datos opcionales del Circuito.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.27

Tabla 37 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar opcional por Circuito

Caso de uso	Mostrar Resultados por Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los resultados de la última corrida de flujo para un circuito.
Resumen	
El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con resultados de la última corrida de flujo de un circuito seleccionado, en este listado se muestra información acerca de todos los nodos que componen el circuito y además información acerca del circuito como un todo.	
Referencias	R25
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se Muestran los resultados del circuito.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.28

Tabla 38 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados por Circuito

Caso de uso	Mostrar Básicos por Circuito
-------------	------------------------------

Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los datos básicos de un circuito
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con datos básicos de cada uno de los nodos que componen el circuito seleccionado y de este como un todo.
Referencias	R24
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se Muestran los datos básicos del circuito.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.29

Tabla 39 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Básicos por Circuito

Caso de uso	Mostrar elementos por Circuito.
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar un listado con los elementos instalados en un circuito seleccionado.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con los elementos instalados en cada uno de los nodos del circuito seleccionado. El tipo de elemento se diferencia por la letra de su código. Por cada elemento se muestra la información de este.
Referencias	R26
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestran los elementos del circuito seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.30

Tabla 40 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar elementos por Circuito

Caso de uso	Ver Monolineal del Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar utilizando herramientas gráficas el esquema del circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar una vista del esquema del circuito mediante la aplicación de tecnologías gráficas. Con la realización de este se muestra la imagen del circuito y además de esto se pueden acceder a datos específicos dentro de este.
Referencias	R43
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestra el Monolineal del circuito.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.31

Tabla 41 Descripción del caso de uso de sistema Ver Monolineal del Circuito

Caso de uso	Mostrar perfiles de circuitos
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar el perfil de comportamiento en el circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar el comportamiento de la corriente, potencia activa y reactiva, y el voltaje para cada uno de los nodos del circuito seleccionado. Se puede mostrar para todos los nodos o a partir del peor nodo calculado en el flujo.
Referencias	R44
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestra el perfil del circuito.

Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.32

Tabla 42 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfiles del Circuito

Caso de uso	Mostrar perfil de corriente
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar el perfil de corriente en el circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar el comportamiento de la corriente en el circuito seleccionado con el objetivo de mostrar el nivel de caída o aumento de esta magnitud nodo a nodo. Se puede mostrar para todos los nodos o a partir del peor nodo calculado en el flujo.
Referencias	R44
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestra el perfil de corriente para el circuito seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 43 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Corriente

Caso de uso	Mostrar perfil de voltaje
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar el perfil de voltaje en el circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar el comportamiento del voltaje en el circuito seleccionado con el objetivo de mostrar el nivel de caída o aumento del voltaje nodo a nodo. Se puede mostrar para todos los nodos o a partir del peor nodo calculado en el flujo.
Referencias	R44
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.

	Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestra el perfil de voltaje para el circuito seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 44 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Voltaje

Caso de uso	Mostrar Perfil de Potencia y Reactivo
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar el perfil de Potencia y Reactivo en el circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar el comportamiento de las potencias activa y reactiva en el circuito seleccionado. Este se puede mostrar para cada uno de los nodos del circuito o a partir del peor nodo calculado en el flujo.
Referencias	R44
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe seleccionarse algún circuito.
Post-condiciones	Se muestra el perfil de potencia activa y reactiva para el circuito seleccionado.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 45 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Perfil de Potencia y Reactivo

Caso de uso	Calcular Niveles de Corto Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Realizar el Cálculo de Niveles de corto Circuito para todos los circuitos en memoria.
Resumen	El Caso de Uso inicia al calcular los niveles de cortocircuito para cada uno de los circuitos en memoria. Con la realización de este se procede a mostrar los

	resultados del cálculo en cada uno de los circuitos.
Referencias	R29
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se realiza el cálculo y se pasa a mostrar los resultados.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.6

Tabla 46 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Niveles de Corto Circuito

Caso de uso	Mostrar Resultados Fallas Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar los resultados del Cálculo de Niveles de Corto Circuito para cada uno de los circuitos en el sistema.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar los resultados globales y específicos de cada nodo de un circuito del último cálculo de niveles de corto circuito realizado.
Referencias	R30
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria. Debe haberse realizado el Cálculo de Niveles de Corto Circuito
Post-condiciones	Se muestran los resultados del cálculo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.33

Tabla 47 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados Fallas Circuito

Caso de uso	Realizar Cálculo de Flujo
Actores	Usuario
Propósito	Realizar el Cálculo de Flujo para cada uno de los circuitos en el sistema.

Resumen	
El Caso de Uso inicia al realizar el Cálculo de Flujo para cada uno de los circuitos en el sistema. Este Cálculo desprende 3 tipos de resultados, los resultados del sistema, los resultados del circuito individual y los resultados para cada uno de los nodos que componen el circuito. Después de realizado este se procede a mostrar los resultados del sistema.	
Referencias	R31
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Los resultados del sistema son mostrados. Se muestran los resultados del cálculo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 48 Descripción del caso de uso de sistema Realizar Cálculo de Flujo

Caso de uso	Mostrar Resultados Flujo de un Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar los resultados del cálculo de flujo para un circuito.
Resumen	
El Caso de Uso inicia cuando a partir del código de un circuito seleccionado se muestran los resultados generales y para cada uno de los nodos del cálculo de flujo que se haya realizado.	
Referencias	R32
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestran los resultados del cálculo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo1.34

Tabla 49 Descripción del caso de uso de sistema Mostrar Resultados Flujo de un Circuito

Caso de uso	Calcular Centro de Circuito
Actores	Usuario

Propósito	Calcular el Centro de Carga de un Circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia cuando a partir del código de un circuito seleccionado se calcula el centro de carga del circuito asociado a ese código. El Cálculo de Centro de Carga ofrece dos resultados, el Centro de Carga Eléctrico y el Centro de Carga Geográfico. Después de realizado el cálculo se procede a mostrar estos dos resultados.
Referencias	R33,R34
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se realiza el Cálculo de Centro de Carga.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.35

Tabla 50 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Circuito

Caso de uso	Calcular Centro de Carga Eléctrico
Actores	Usuario
Propósito	Calcular el Centro de Carga Eléctrico de un Circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al calcular el Centro de Carga Eléctrico de un circuito, este se basa en la trayectoria del circuito buscando en que tramo la carga que pasa es la mitad de la carga total del circuito. El resultado mostrado es el código del nodo que representa este centro.
Referencias	R33
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestra el resultado del cálculo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 51 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Carga Eléctrico

Caso de uso	Calcular Centro de Carga Geográfico
-------------	-------------------------------------

Actores	Usuario
Propósito	Calcular el Centro de Carga Geográfico de un Circuito.
Resumen	El Caso de Uso inicia al calcular el Centro de Carga Geográfico de un circuito. Este muestra como resultado el código de un nodo que representa el centro geográfico basado en la localización de cada uno de los nodos del circuito.
Referencias	R34
Precondiciones	Deben existir circuitos almacenados en memoria.
Post-condiciones	Se muestra el resultado del cálculo.
Requisitos Especiales	
Prototipo	

Tabla 52 Descripción del caso de uso de sistema Calcular Centro de Carga Geográfico

Caso de uso	Ver Control Opcional del Sistema
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar las opciones por defecto para el listado de Opcional del Sistema.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con las diferentes opciones para mostrar en el listado de datos opcionales del sistema. Estas opciones definen que datos mostrar por defecto en caso de que el usuario no escoja ningún dato a mostrar.
Referencias	R50
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.

Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.36

Tabla 53 Descripción del caso de uso de sistema Ver Control Opcional del Sistema

Caso de uso	Ver Directorios Implícitos
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar los directorios por defecto para la Entrada \ Salida del Sistema.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con las definiciones de cada uno de los directorios implícitos del sistema para cada uno de los tipos de archivo que este maneja, ya sea para circuitos primarios, secundarios, de subtransmisión o de alumbrado y además de ficheros caso y fichero de salida.
Referencias	R48
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.37

Tabla 54 Descripción del caso de uso de sistema Ver Directorios Implícitos

Caso de uso	Ver Opciones de Ambiente General
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar opciones de ambiente general.
Resumen	El Caso de uso inicia al mostrar las diferentes opciones que intervienen en el ambiente general. Estas opciones definen si se quiere realizar la entrada para los códigos de postes y códigos de líneas.
Referencias	R47
Precondiciones	-

Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.38

Tabla 55 Descripción del caso de uso de sistema Ver Opciones de Ambiente General

Caso de uso	Ver Alternas de Flujo
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar los valores de las constantes para el Cálculo de Flujo.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con las diferentes opciones que definen algunas constantes para la realización del Cálculo de Flujo. En este se define la temperatura, el número máximo de iteraciones y la tolerancia entre otras opciones.
Referencias	R46
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.39

Tabla 56 Descripción del caso de uso de sistema Ver Alternas de Flujo

Caso de uso	Ver Opciones de Cálculo de Carga
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar las diferentes constantes utilizadas en el Cálculo de Carga.
Resumen	El Caso de Uso inicia al mostrar un listado con las diferentes constantes que se

utilizan para el cálculo de carga. Al modificar estas constantes se modifican los resultados obtenidos en este cálculo.	
Referencias	R49
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.40

Tabla 57 Descripción del caso de uso de sistema Ver Opciones de Cálculo de Carga

Caso de uso	Ver Control Opcional por Circuito
Actores	Usuario
Propósito	Mostrar las diferentes opciones por defecto para el listado de Opcional por Circuito.
Resumen	El Caso de Uso Inicia al mostrar un listado con los datos que se muestran por defecto en los listados de opcional por circuito en caso de que el usuario no seleccione ningún dato a mostrar.
Referencias	R51
Precondiciones	-
Post-condiciones	Se muestra el listado, en caso de la modificación de alguno de los valores se modifica la variable de configuración del sistema.
Requisitos Especiales	
Prototipo	Anexo 1.41

Tabla 58 Descripción del caso de uso de sistema Ver Control Opcional por Circuito