

**SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA GESTIÓN LA INFORMACIÓN DE LOS  
ESQUEMAS SECUNDARIOS EN LAS SUBESTACIONES DE TRANSMISIÓN  
COMPUTER SYSTEM FOR THE MANAGEMENT THE INFORMATION OF  
THE SECONDARY SCHEMES IN THE TRANSMISSION SUBSTATIONS**

**Autores:** Leticia Dalmau González

Dr. Lidia Rosa Ríos Rodríguez

**Institución:** UEB ATI Aplicaciones de Redes, Sancti Spíritus, Cuba

**Correo electrónico:** [leticia88@nauta.cu](mailto:leticia88@nauta.cu)

**RESUMEN**

La Unión Eléctrica (UNE) en Cuba brinda y controla el servicio público de la electricidad, la misma cuenta en el país con las Empresas de Construcciones de la Industria Eléctrica (ECIE), encargadas de la transmisión de la energía eléctrica a cada territorio a través del Sistema Electro-energético Nacional (SEN), para ello realiza el mantenimiento y conservación de los elementos fundamentales para la transmisión eléctrica como son: las subestaciones de transmisión, las líneas de transmisión eléctrica y sus estructuras. Los esquemas secundarios son circuitos eléctricos de baja potencia que se encuentran ubicados en las subestaciones de transmisión, con el objetivo de lograr el buen funcionamiento de la misma y dar respuesta rápida ante cualquier evento que pueda provocar la interrupción del servicio que la misma brinda. Para su manipulación se ha desarrollado un sistema informático integrado al Sistema Integral de Gestión de la Empresa de Construcciones de la Industria Eléctrica (SIGECIE), capaz de llevar un control estricto de todos los equipamientos y las acciones que se realizan sobre los mismos, con el objetivo de mejorar y hacer óptimo el esquema, lo que permite ir pasando paulatinamente de las acciones correctivas a las preventivas, y/o planificar las mismas periódicamente.

**Palabras clave:** Sistema informático, Esquemas secundarios, ECIE, SIGECIE.

## ABSTRACT

The Electric Union (UNE) in Cuba is responsible for providing and controlling the public electricity service, it has several companies in the country like: Construction Companies of the Electric Industry (ECIE), responsible for the transmission of electric power to each territory through the National Electro-Energy System (SEN), for this purpose it performs the maintenance and conservation of the fundamental elements for electric transmission, such as: substations, electric transmission lines, structures and secondary schemes. These schemes are low-power circuits that are located in the transmission substations in order to achieve its proper operation. For its manipulation a computer system has been developed which is integrated to the Integral System of Management of the Company of Constructions of the Electric Industry (SIGECIE), this system is able to have a strict control of all the equipment and the actions that are carried out on this equipment, with the Objective of improving and optimizing the scheme, which allows to move gradually from corrective maintenance to preventive, and / or plan them periodically.

**Keywords:** Computer system, Secondary scheme, ECIE, SIGECIE.

## INTRODUCCIÓN

En Cuba, la organización encargada de brindar y controlar el servicio de electricidad es la Unión Eléctrica (UNE) y su misión es satisfacer adecuadamente las expectativas en el servicio eléctrico de sus clientes, para lo cual genera, transmite, distribuye y comercializa la energía eléctrica. La UNE cuenta en el país con: las Empresas de Construcciones de la Industria Eléctrica (ECIE), encargadas de la transmisión de la energía eléctrica a cada territorio a través del Sistema Electro-energético Nacional (SEN); para ello, realiza el mantenimiento y conservación de los elementos fundamentales para la transmisión eléctrica como son: las subestaciones, las líneas de transmisión eléctrica y sus estructuras.

Los esquemas secundarios, son circuitos eléctricos de baja potencia que se encuentran ubicados en las subestaciones de transmisión, con el objetivo de

lograr el buen funcionamiento de esta instalación (Simón, 2010); los mismo, conectan los circuitos de alta potencia con los de baja potencia, trasformando los niveles de voltaje y corriente altos a bajos para que puedan operar los equipos de protección y medición del Sistema de Potencia, por lo que los esquemas pueden clasificarse como: Esquemas de Protección y Esquemas de Medición.

El objetivo principal del esquema de protección es desconectar un elemento defectuoso del sistema lo más rápido posible, cuando este sufre un cortocircuito o cuando empieza a funcionar en cualquier forma anormal que pueda originar daño o interfiera de otra manera en el funcionamiento eficaz del resto del sistema (Russel Mason, 2000).

Un Esquema de Medición es el circuito eléctrico utilizado para medir magnitudes eléctricas en un punto del sistema, ya sea la corriente que pasa por un interruptor, un transformador, una línea o una barra. El elemento fundamental en el Esquema de Medición es el instrumento de medición. (Russel Mason, 2000)

Para el proceso manipulación de los esquemas secundarios se debe llevar un control estricto de todos los equipamientos y las acciones realizadas a los mismos, con el objetivo de mejorar y hacer óptimo el esquema. La UEB Aplicaciones de Redes de ATI desarrolla sistemas informáticos para asistir y optimizar los procesos de las empresas de la UNE, uno de ellos es el SIGECIE cuyo propósito es informatizar el proceso de la transmisión de la energía eléctrica a cada territorio a través del SEN. Como parte de este sistema se ha creado el Módulo de Esquemas Secundarios que ha permitido la gestión de la información de los mismos dentro de la ECIE.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Proceso de gestión de la información de los esquemas secundarios en la ECIE. Específicamente, la gestión de la información de los Esquemas Secundarios consiste en almacenar, actualizar y controlar los datos referentes a los circuitos de baja potencia y los equipos asociados a ellos, es decir, los transformadores de corriente (TC), los transformadores de potencial (TP), los relevadores y los

instrumentos de medición, así como las conexiones que existen entre ellos, para que posteriormente se puedan recuperar de forma rápida, cómoda y segura por parte del personal de protecciones.

Cuando el Director de Protecciones solicita al especialista en protecciones de la ECIE un nuevo esquema en una subestación de transmisión, este define el tipo de esquema que se va a montar, dónde se va a ubicar y el equipo primario al que va a estar asociado. Con estos datos unidos a la cantidad de equipos eléctricos que formarán parte del esquema, el especialista confecciona un modelo, para así llevar un control de los esquemas ubicados y equipos que se encuentran en explotación. Con estos datos confecciona el plano del esquema y se lo entrega al jefe de brigada para que efectúe el montaje. Finalizada la obra, el jefe de brigada le informa la culminación al especialista en protecciones, quien envía el plano del esquema montado al Director de Protecciones de la UNE.

Cada cierto tiempo el Director de Protecciones de la UNE solicita información al especialista en protecciones de todos los equipos que se encuentran en explotación agrupados por subestación. Para dar cumplimiento a esta tarea el especialista en protecciones tiene que revisar todos los modelos con los datos de los esquemas para ir actualizando los equipos ubicados. Posteriormente confecciona el informe de equipos por subestación, para finalmente, enviárselo al Director de Protecciones de la UNE.

Todo este proceso de almacenamiento y recuperación de la información de los esquemas y sus respectivos equipos se realiza de forma manual, lo que lleva en ocasiones a cometer errores humanos. La información de los esquemas y la cantidad de equipos asociados a estos se almacena en tablas en Excel, documentos impresos o digitales, trayendo como consecuencia pérdida de información por mala manipulación o deterioro. Además no se registran datos de interés como número de serie y características eléctricas de los transformadores de corriente, de potencial, los relevadores y los instrumentos de medición, se duplican datos de equipos que están en otros módulos del SIGECIE, como los de los TC y TP. Esto imposibilita el almacenamiento de las conexiones reales que existen entre los equipos de transformación y los

equipos de protección y medición respectivamente. Por otra parte los informes de cada provincia recibidos por el Director de Protecciones de la UNE difieren en cuanto a la información enviada, lo cual crea inconformidades.

#### Análisis de soluciones existentes

Con el objetivo de encontrar una solución a la problemática presentada primeramente se investigó sobre las soluciones informáticas existentes que pudieran aplicarse. Internacionalmente existen varios sistemas informáticos desarrollados para el control de equipamientos eléctricos pero en su mayoría responden a parámetros medidos por el país de procedencia y patentizados. Ejemplo de ello es el sistema informático Eneboo Instalaciones Eléctricas utilizado en España, está orientado a cubrir todas las necesidades de las empresas del sector eléctrico e integra áreas de trabajo como son las dedicadas a la gestión de presupuestos y proyectos de instalaciones, el Sistema de Control de Ejecución de Proyectos de Ing. Eléctrica (Propamat) desarrollado en Perú, específico para los proyectos de nuevo servicio eléctrico y el Sistema Integral Automatizado de Control de Costos de Construcción (COCO) desarrollado en México, específico para inversiones de construcción. Estos sistemas se refieren a proyectos e inversiones eléctricas y carecen de protecciones y/o mediciones que gestione la información referente a estos tipos de instalaciones de protecciones que conforman los esquemas secundarios.

Dentro de las herramientas informáticas utilizadas por entidades cubanas para la gestión de la información de los esquemas secundarios, podemos mencionar: el proyecto Badet, desarrollado por la empresa Desoft de Santa Clara, a petición de ECIE. Badet fue desarrollado en los años 2002-2003, en la plataforma de desarrollo Visual Basic 6.0 sobre SQL Server 2000. Básicamente es un registro de las protecciones y esquemas, no cuenta con reportes desarrollados que faciliten estos datos.

Este sistema se basa en las especificaciones de la ECIE, por lo que su uso en las OBES Provinciales no se hace viable por no estar basado en la topología de la red, o sea, no se recoge la relación eléctrica entre la subestación y el esquema secundario, no se recogen todos los datos de chapa de los elementos

tales como TC y TP, no se pueden recoger relevadores que tengan varias funciones de protecciones asociadas y no registra las conexiones entre los TC y/o TP y los relevadores de protección y los instrumentos de medición respectivamente. Con el fin de satisfacer las necesidades de las OBEs provinciales, en los años 2009-2010, se desarrolla por ATI Sancti Spíritus el módulo esquemas secundarios integrado al Sistema Integral de Gestión de redes (SIGERE), el cual informatiza varios procesos dentro de las Empresas Eléctricas del país.

Analizando el nuevo sistema informático del SIGERE, debido a la necesidad de implantar el módulo en SIGECIE, este soluciona los requisitos no implementados del Badet para las OBEs, pero no responde a los datos de las instalaciones de la ECIE, además de que no satisface nuevos requisitos de la empresa tales como: imposibilidad de conexión con los módulos Subestaciones y Líneas de la ECIE; no se manejan los mantenimientos a las instalaciones de la subestación ni sus respectivos planes de mantenimientos; no cuenta con un Registro de Operaciones; no se tienen estadísticas de las operaciones que se han registrado en el sistema; no se pueden evaluar las operaciones ni los operadores; no cuenta con un sistema de alarmas, necesario para conocer el cumplimiento o no de las operaciones planificadas dentro del esquema, por lo que se decidió implementar un nuevo sistema informático e integrarlo al SIGECIE.

## HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Al estudiar el contexto del SIGECIE con el fin de integrar en él la aplicación informática que es objetivo de la investigación, se observa que el mismo ha desarrollado mediante la herramienta de programación Embarcadero Delphi 2010 y el lenguaje de programación C#, como Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) utiliza SQL Server 2008. Siguiendo las tendencias actuales de metodologías ágiles, para el desarrollo rápido de los productos de software, se ha utilizado la metodología eXtreme Programming (XP), para el modelado utiliza el Enterprise Architect, una herramienta altamente profesional de diseño y análisis UML, además que ATI cuenta con una licencia de uso del mismo.

Para seguir la misma línea de diseño y programación del departamento y para lograr la correcta relación de los datos se decidió emplear las mismas herramientas en el nuevo módulo implementado.

#### Diagrama Entidad Relación (DER)

El diagrama o modelo entidad relación del sistema representa los equipamientos de la subestación, los instrumentos de medición, equipos de protección y sus respectivas relaciones, que representan los esquemas propiamente. Por políticas de la empresa, los nombres de las tablas propias del sistema comenzaran con ES, que responde al módulo Esquemas Secundarios, para identificarlas dentro de la Base de Datos del SIGECIE, que a la cual se integran las mismas.

La Figura 1, muestra las los objetos y relaciones de los esquemas de medición, donde la tabla ES\_Esquema\_Med, representa los esquemas de medición, esta tiene relación mucho – muchos con los instrumentos de medición (ES\_InstrumentosMed), por lo que se crea la tabla intermedia ES\_EsquemasM\_IM, que solo tiene como atributo las llaves primarias de ambas tablas; las tablas ES\_Nomenclador\_PrincipioIM, ES\_Nomenclador\_TipoIM y ES\_Plantilla\_IM son tablas que responden a los nomencladores de los instrumentos de medición, datos comunes de estos pero que a su vez pueden variar.

Las relaciones a los TC y TP, se realizan mediante las tablas intermedias ES\_EsquemasM\_TC y ES\_EsquemasM\_TP, a las tablas Transformador Corriente y Transformador Potencial, que son tablas del sistema SIGECIE, comunes para todos sus módulos.

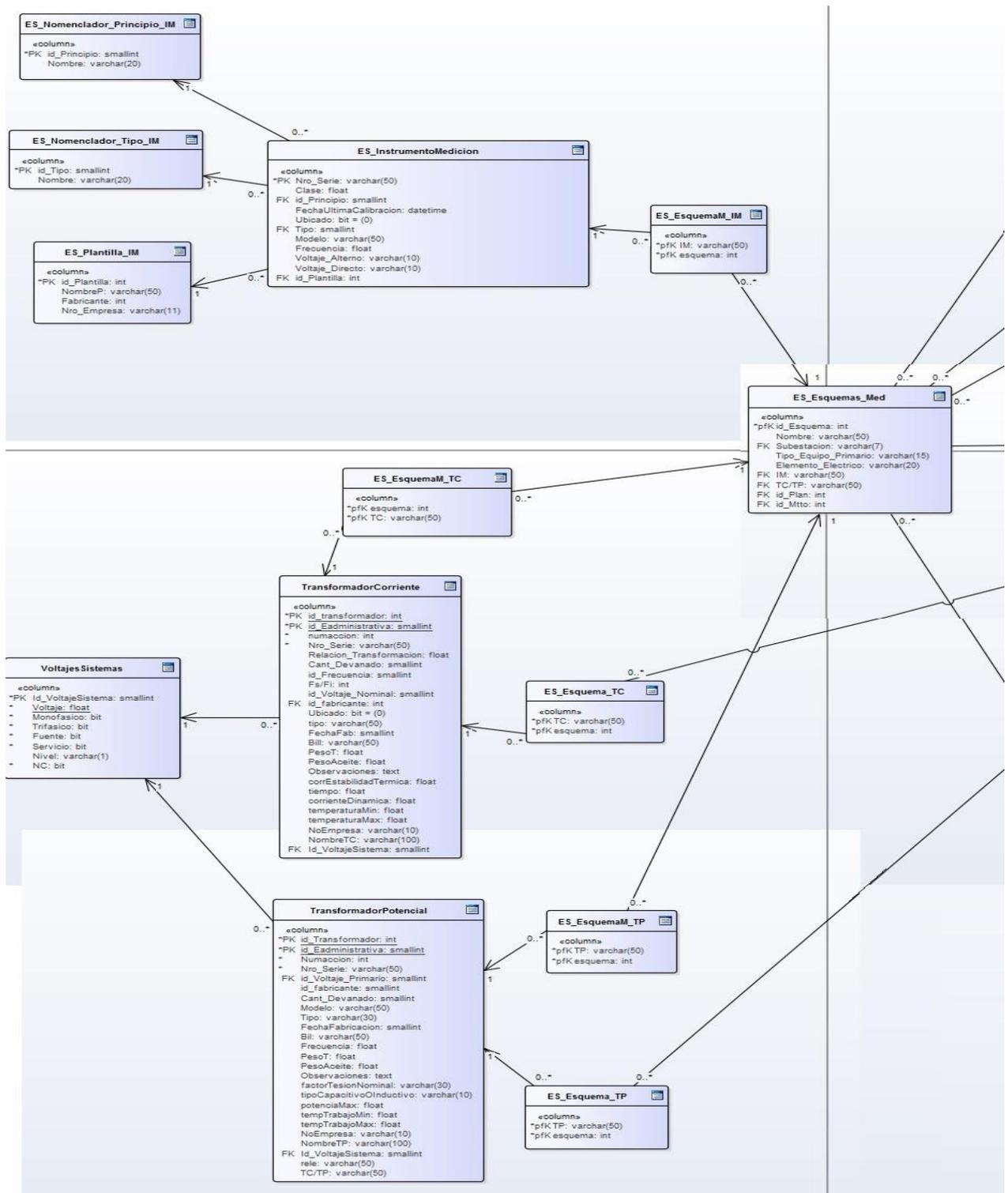


Figura 1: Diagrama Entidad Relación Parte I.

La Figura 2, muestra los los objetos y relaciones de los esquemas de protección, representado por la tabla ES\_Esquema\_Prot, representa los

esquemas de medición, esta tiene relación mucho – muchos con los relevadores (ES\_Relevador) y con los desconectivos (ES\_Desconectivo), por lo que se crean las tablas intermedias ES\_Esquema\_Rele y ES\_Esquema\_Desconectivo, que solo tienen como atributos las llaves primarias las tablas.

Las relaciones a los TC y TP, se realizan mediante las tablas intermedias ES\_Esquemas\_TC y ES\_Esquemas\_TP, a las tablas Transformador Corriente y Transformador Potencial, que se muestran en la figura 1.

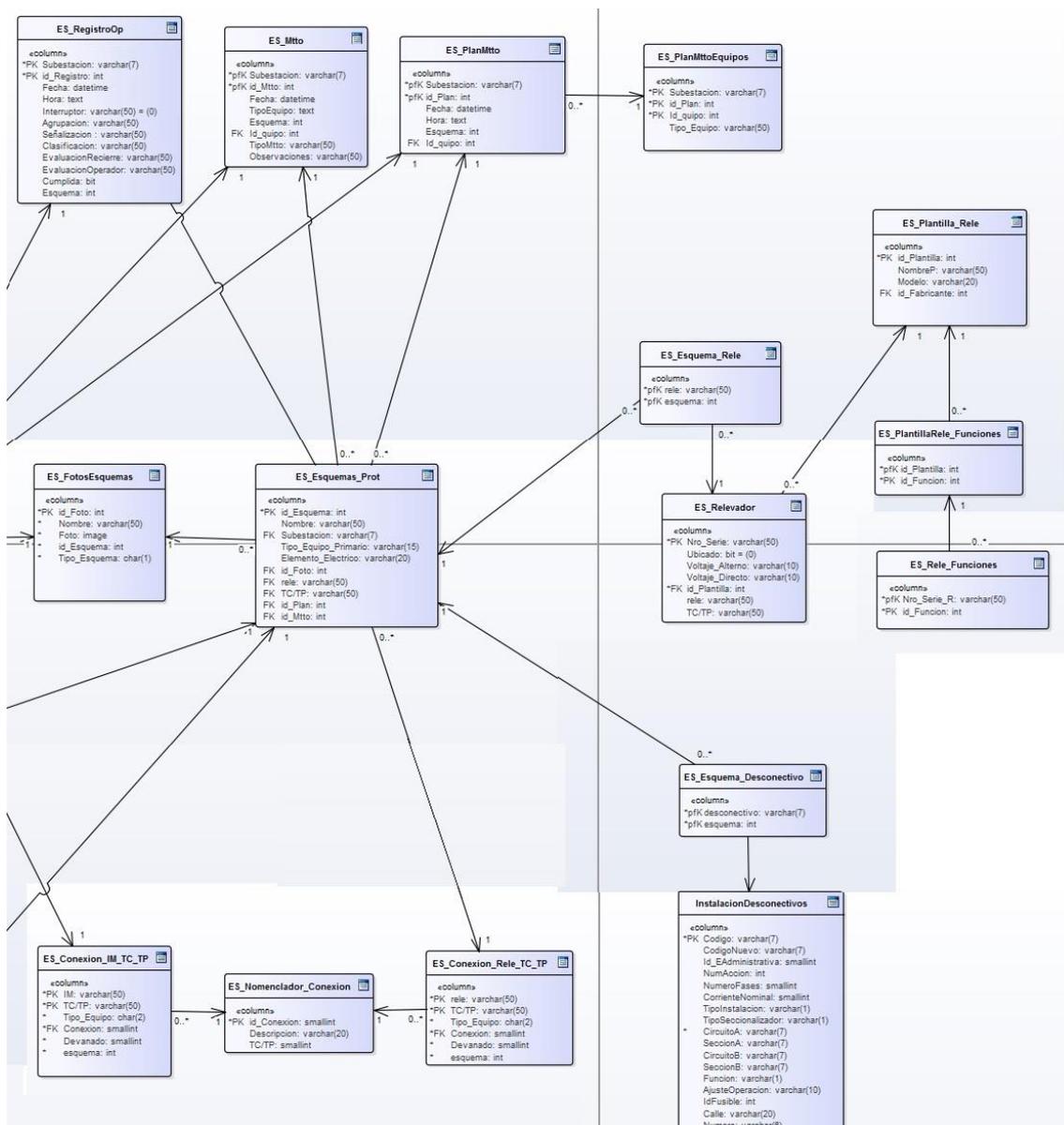


Figura 2: Diagrama Entidad Relación Parte II.

Para el registro de operaciones, los mantenimientos y los planes de mantenimiento, que se desean tener con el sistema informático, se crearon las tablas ES\_RegistroOp, ES\_Mtto y ES\_PlanMttoEquipos respectivamente. Las dos primeras tienen relación 1-1 con los esquemas, para el caso del plan es de mucho – mucho, por lo que se creó la tabla intermedia ES\_PlanMtto, que cuenta con todos los datos del plan.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El Módulo Esquemas Secundarios de la ECIE, constituye una herramienta informática cuyo objetivo se dirige a facilitar la gestión de la información de los esquemas secundarios en las subestaciones de transmisión de las ECIE, integrado al proyecto SIGECIE, que permite la relación con el resto de los módulos del mismo, captando así datos de las instalaciones que son de interés para el sistema. El sistema posee una interfaz amigable para el usuario, cuenta con una barra de estado que brinda información sobre el usuario autenticado y la base de datos sobre la que se está trabajando. Entre las principales opciones cuenta con el menú equipos, donde se puede acceder a las ventanas de instrumentos y equipos de medición, pudiéndose así, gestionar los datos de dichos equipamientos, también desde este menú se puede acceder a las ventanas de transformadores de corriente y potencial del módulo Subestaciones del SIGECIE. El menú Esquemas Secundarios, permite acceder a los esquemas de protección y de medición, en donde se definen los esquemas secundarios de la subestación. Y el menú operaciones, que es donde se determinan los planes de mantenimiento y el registro de operaciones. Las funcionalidades implementadas permiten que se almacenen de una manera segura toda la información que se generan sobre los esquemas y sus acciones. Actualmente han sido implementados los requisitos pactados inicialmente con el cliente y se preparan las condiciones para su implantación de pruebas.

## CONCLUSIONES

La integración del sistema informático para la gestión de la información de los esquemas secundarios de las subestaciones de transmisión, permite gestionar, de manera adecuada, la información que se manipula de los esquemas de protección y los esquemas de medición, así como de los equipos eléctricos asociados a los mismos, llevando un control de todos los equipos que se encuentran o no en explotación, así como de los esquemas secundarios ubicados en cada subestación de transmisión. Además con la explotación del sistema, se podrán almacenar todas las acciones de mantenimiento que se realicen sobre los esquemas y planificar los mismos. Se contará con un registro actualizado de estos datos, lo que permitirá la generación de evaluaciones de las acciones, estadísticas y generar alarmas cuando no se haya dado cumplimiento a las mismas.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

SPARX SYSTEMS.: *Enterprise Architect - Herramienta de diseño UML. Enterprise Architect - Herramienta de diseño UML.* Disponible en <http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea.html>. Visitado el 2 de noviembre de 2016.

RUSSEL MASON, C.: *El arte y la ciencia de la protección por relevadores*, 2000.

SIMÓN, L.: *Definición de Esquema Secundario*, 2010.