



Revista *Márgenes*. Vol.6, No.2, Mayo-Agosto, 2018. RNPS: 2460

¿Cómo citar este artículo?

Lumpuy Marrero, Y. E. (mayo-agosto, 2018). Aplicaciones servidor de topología y cliente switching para el control de la red eléctrica. Revista *Márgenes*, 6(2), 87-102. Recuperado de <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/margenes/issue/view/761>

**TÍTULO: APLICACIONES SERVIDOR DE TOPOLOGÍA Y CLIENTE SWITCHING
PARA EL CONTROL DE LA RED ELÉCTRICA**

**TITLE: TOPOLOGY SERVER AND CLIENT SWITCHING FOR THE ELECTRICAL
NETWORK CONTROL**

Autor: Lic. Yoandry Enrique Lumpuy-Marrero

Grupo de Operaciones, UEB ATI Aplicaciones de Redes. Correo electrónico: ylumpuy2015@gmail.com

Recibido: 16/02/2018 Aceptado: 7/03/2018

RESUMEN

El presente artículo tiene por objetivo demostrar la utilidad y los beneficios obtenidos en los Despachos Provinciales de Carga (DPC) de la Unión Eléctrica (UNE) de Cuba con la implementación de las aplicaciones Servidor de Topología y su cliente Switching obrando en conjunto, tras haber efectuado una comprobación a nivel nacional para corroborar los resultados. El proceso de desarrollo de estas dos aplicaciones fue emprendido luego de corroborar, que las herramientas existentes en el mundo no se adaptaban al contexto cubano. Estuvo guiado por la metodología Scrum-PU es una metodología de desarrollo del software que se fusiona con el Proceso Unificado. Para la modelación del software se empleó el Enterprise Architect que permite el uso del lenguaje UML. La codificación del software se hizo en el *Integrated Development Environment* (IDE) (software que permite dicha codificación) Visual Studio 2015 usando lenguaje C# y la tecnología .NET Remoting para garantizar la comunicación en ambos

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

sentidos entre la aplicación cliente y el servidor. Las soluciones fueron elaboradas como parte del Sistema de Gestión de Redes (SIGERE) en desarrollo y mejora constantes por parte de la Empresa de Tecnologías de la Información y la Automática (ATI) de la Unión Eléctrica (UNE). Los requerimientos del usuario final se cumplieron y se garantiza el control de la red eléctrica mediante la centralización de la información, la disponibilidad y coherencia de los datos, así como la interacción entre los usuarios para hacer fluir el trabajo de manera coordinada.

Palabras clave: SIGERE; Switching; control; monitoreo; operación; red eléctrica.

ABSTRACT

This paper aims to show the utility and benefits obtained in the Provincial Balancing Authorities (DPC, Spanish acronym) of the Cuban National Electric Union (UNE, Spanish acronym) with the implementation of the applications Topology Server and its client Switching acting together, after having carried out a national checkup to substantiate the results. The process of developing these two applications was undertaken after corroborating that the tools existing in the world did not suit the Cuban context. It was guided by the SCRUM-PU methodology as a merger of SCRUM and the Unified Process. For modeling the software, the Enterprise Architect was used, which allows the use of the UML language. Software coding was done in IDE Visual Studio 2015 using C# language and .NET Remoting technology to guarantee two-way communication between the client application and the server. The solutions were developed as part of the Network Management System (SIGERE) in constant development and improvement by the Information Technology and Automation Enterprise (ATI) of UNE. The requirements of the end user were met and the control of the electrical network is guaranteed by centralizing information, the availability and coherence of the data, as well as the interaction between users to make the work flow coordinately.

Keywords: SIGERE; Switching; control; monitoring; operation; electrical network.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la energía eléctrica constituye un medio fundamental en la satisfacción de necesidades humanas y contribuye, en gran medida, a que se eleven el nivel y la calidad de vida de la sociedad. La Unión Eléctrica (UNE) es la institución cubana encargada de la generación y distribución de dicho recurso. Está constituida por empresas que se especializan en cada uno de los eslabones de la cadena de producción y otras que brindan soporte y aseguramiento. Dentro de las de este último tipo se encuentra la empresa de Tecnologías de la Información y la Automática (ATI) que cuenta con la Unidad Empresarial de Base (UEB) Aplicaciones de Redes, encargada de producir sistemas informáticos para asistir y optimizar los procesos de la UNE.

Durante la última década se ha venido desarrollando el Sistema Integral de Gestión de Redes Eléctricas (SIGERE) que informatiza disímiles flujos de trabajo desde la gestión de inversiones hasta las tareas operativas. El sistema se divide en cuatro subsistemas: inversiones, distribución, generación y operaciones. Cada uno agrupa módulos de acuerdo con el tipo de información que maneje. El SIGERE contiene varios módulos en explotación en todas las Empresas Eléctricas del país, lo que permite obtener beneficios palpables al disponer de herramientas informáticas que mejoran el trabajo de los especialistas.

La UNE posee, a lo largo del país, un conjunto de Empresas Eléctricas Provinciales y en cada una de ellas existe un Despacho Provincial de Carga (DPC) que constituye el grupo dedicado al proceso de la operación del Sistema Electro-energético Nacional (SEN). Resulta de interés para los DPC llevar el control de todas las operaciones que se realizan sobre la red eléctrica. Los despachadores son los usuarios que registran las operaciones sobre la red eléctrica siguiendo reglas y procedimientos establecidos por la UNE. Para tal fin empleaban las llamadas hojas *switching* con un formato adecuado para dicho propósito. A su vez, existen métodos de cálculos que se realizaban manualmente y que contabilizan el Tiempo de Interrupción de Usuario (TIU), indicador clave para medir la eficiencia de la empresa eléctrica en el servicio a sus clientes. De

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

estas operaciones se deben emitir reportes diarios. Por tanto, el proceso está propenso a errores humanos y se hace necesaria la disponibilidad de los datos en una estructura centralizada y manejar la concurrencia de manera adecuada.

A nivel global, existen diversos tipos de sistemas de operación para compañías eléctricas que intervienen en el control, operación y monitoreo del suministro eléctrico. “Los Sistemas para la Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA, por sus siglas en inglés) permiten controlar y supervisar procesos industriales a distancia” (Boyer, 2004). Facilitan retroalimentación en tiempo real con dispositivos de campo o sensores y controlan e intervienen automáticamente en el proceso.

Los Sistemas de Gestión de la Energía (EMS, por sus siglas en inglés) posibilitan centralizar la supervisión, el análisis, la optimización, la simulación y el control de los activos de transporte y generación en tiempo real. Por otra parte, los Sistemas de Gestión de Interrupciones (OMS, por sus siglas en inglés) permiten reducir el impacto de las interrupciones de suministro planificadas e incidentes imprevistos y a mejorar los niveles de fiabilidad del servicio y de satisfacción del cliente (Collier, 2012).

En cambio, los Sistemas de Gestión de Distribución (DMS, por sus siglas en inglés) constituyen un componente crucial para la implementación de las redes inteligentes y garantizan un monitoreo y control de la red en tiempo real. Permiten que las compañías eléctricas gestionen la generación de energías renovables distribuidas, implementen medidas de mejora de eficiencia de la red y controlen el aislamiento y la recuperación tras la interrupción del suministro (Fan & Borlase, 2009).

La máxima expresión de los sistemas para el control de la distribución de la energía eléctrica, radica en los llamados Sistemas Avanzados de Gestión de Distribución (ADMS, por sus siglas en inglés), que fusionan las tecnologías antes mencionadas (SCADA, OMS, EMS y DMS) en una única solución integral de gestión de la red distribuidora permitiendo una gestión energética más segura, fiable y eficiente (Capgemini, 2012; Avazov & Sobinova, 2016).

Estos tipos de sistemas requieren de una interconexión confiable de sus elementos, preferiblemente con más de un canal de comunicación para casos de fallo. Los SCADA

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

usan voltajes pequeños y son susceptibles al ruido, por ello los cables de fibra óptica ganan en popularidad como consecuencia de su inmunidad. Se prevé que las comunicaciones futuras, para ganar en seguridad y fiabilidad, se dividan en frecuencias de radio, fibra óptica e infrarrojos (Bailey & Wright, 2003; Boyer, 2004).

En Cuba existe un Programa de Desarrollo de las Comunicaciones hasta el 2030, cuyos principales proyectos son el Proyecto de Fibra Óptica de la UNE, sus soluciones de acceso y las soluciones de Data Center (Roche Rodríguez & Fernández Álvarez, 2016). Sin embargo, al cierre de diciembre de 2016 el cubrimiento de puntos estratégicos con fibra óptica no llegaba al 50 % a nivel nacional. Se requiere así mayor esfuerzo y mayores inversiones para desplegar toda la fibra óptica, conectar cada punto estratégico, así como para el resto de los proyectos incluidos.

Los precios de los sistemas citados son excesivos, rondan los 10 millones de dólares; mientras que los precios de soporte, posteriores a la venta e implantación del software, son tanto o más altos que la compra del producto adquirido. No existe actualmente una herramienta para el control de la red eléctrica que con ligeros cambios sea posible acoplarla al SIGERE.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, se emprendió el desarrollo del Servidor de Topología y de su cliente fundamental nombrado Módulo de Control de la Red o Switching, para formar parte del SIGERE y con el propósito de permitir la operación y una visión global de la red eléctrica. Estas dos herramientas formaron parte del resultado de un trabajo precedente en opción al título de máster (Lumpuy Marrero, 2018).

Se plantea como objetivo del presente artículo: demostrar la utilidad y los beneficios de las aplicaciones Servidor de Topología y su cliente Switching obrando en conjunto, tras haber efectuado una comprobación a nivel nacional para corroborar los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología de desarrollo de software empleada

Para conducir el proceso de desarrollo del software se empleó la herramienta ProjectScrum, es el nombre del software resultante de la tesis de diploma del autor de

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

este artículo, utilizada en la Unidad Empresarial de Base (UEB) Aplicaciones de Redes de la Empresa de Tecnologías de la Información y la Automática (ATI). La citada herramienta ProjectScrum hace uso de la metodología Scrum-PU y brinda facilidades para el seguimiento del proyecto en todo momento. Dicha metodología plantea una fusión entre la metodología ágil SCRUM y el Proceso Unificado (PU).

La metodología Scrum-PU se basa en que Scrum no tiene en cuenta durante su funcionamiento el análisis de requisitos, análisis y diseño y demás disciplinas del PU, el cual describe, con claridad, con sus flujos y artefactos lo que debe realizarse para lograr un software de calidad. Aplicar Scrum al Proceso Unificado reside en sustituir los artefactos y tipos de actividades de la disciplina Control del Proyecto de este último por los artefactos y actividades propios de Scrum. A continuación, se hace coincidir una iteración del Proceso Unificado con una iteración de Scrum (*Sprint*) y luego de terminado se chequean los hitos para fin de fase planteados por el Proceso Unificado. De modo que, orienta acerca de cuándo pasar a la próxima fase o continuar iterando en ella durante otro *Sprint* más (Lumpuy Marrero, 2009).

Herramientas, tecnologías y lenguajes de programación utilizados

La ingeniería del software se llevó a cabo con el Enterprise Architect, un programa comprensible de diseño y análisis UML, el cual cubre el desarrollo de software desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento (Sparx Systems, 2016).

Se efectuó integración con el sistema SIGERE cuya base de datos se gestiona mediante *SQL Server 2008 R2*, es un software que gestiona bases de datos, producido por la empresa estadounidense Microsoft, por ello se hizo el desarrollo con *SQL Server* como gestor de base datos que contiene un potente entorno gráfico de administración, soporte de transacciones, soporte de procedimientos almacenados, opciones cómodas de réplica y otras ventajas que justifican sobradamente su elección (Takaki, 2011).

El sistema fue desarrollado en el Visual Studio.NET 2015, que es un ambiente de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) que soporta múltiples lenguajes de

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

programación tales como C++, C#, Visual Basic .NET, F#, Java, Python, Ruby, PHP (Johnson, 2016).

Se empleó el lenguaje C# cuya sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET. Se utilizó la tecnología .NET Remoting (Rammer & Szpuszta, 2005) de Microsoft que permite crear aplicaciones distribuidas y trabajar de forma remota desde una máquina con los objetos en memoria de otra, cuestión idónea para aplicaciones cliente y servidor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la modelación del negocio como primer paso, se procedió a la captura de requisitos y fueron identificados varios requisitos No Funcionales. En la figura 1 se observan los requisitos No Funcionales relacionados a aspectos como la usabilidad, la seguridad, la confiabilidad, la mantenibilidad y el rendimiento.

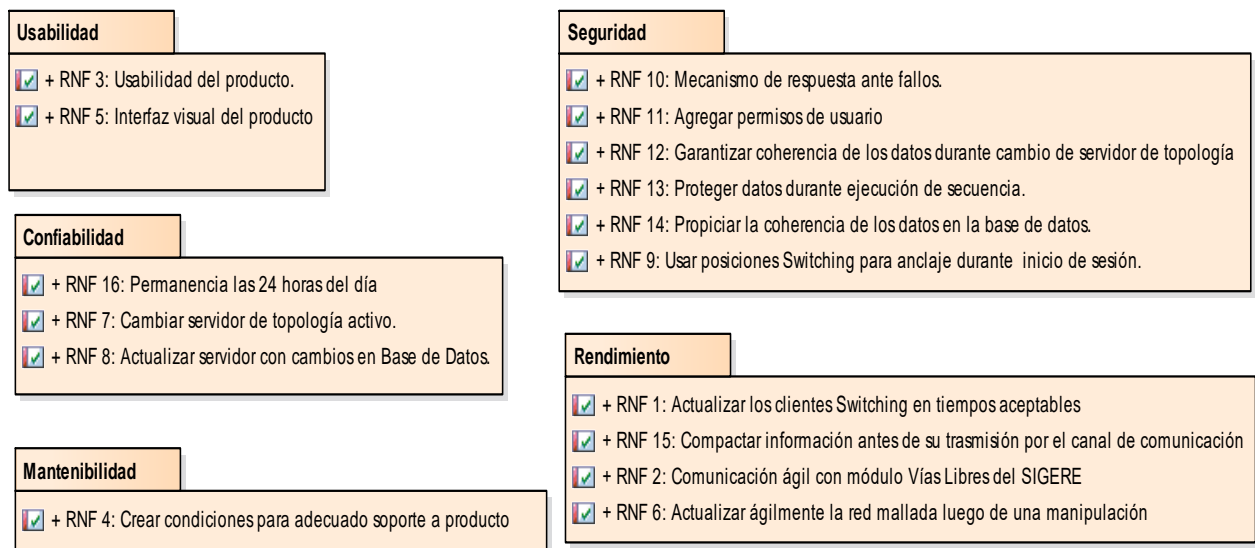


Figura 1. Requisitos no funcionales

Por otra parte, dentro de los principales requisitos funcionales registrados están los siguientes: gestionar las órdenes y los aseguramientos mediante un diario de operaciones; creación, edición y cierre de bloques de líneas de manipulación; cargar y guardar bloques en formato Excel; creación, edición y tachadura de líneas de manipulación; estructuración de los registros de Tiempo de Interrupción de Usuario

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

(TIU); transferir bloques entre usuarios conectados; así como gestionar los desconectivos eléctricos, que llevan tiempo fuera de su estado normal de operación.

Definir la arquitectura desde el inicio resultó vital, pues en el Proceso Unificado la arquitectura de los sistemas guía todo el desarrollo (Rumbaugh, Jacobon & Booch, 2013).

El grupo de requisitos no funcionales impuso una arquitectura especial a este sistema, diferente al resto de los módulos del SIGERE que sostienen la forma tradicional de comunicación directa con el servidor de base de datos. En ella se concibió que el Servidor de Topología acceda directamente al servidor de base de datos permitiendo la interacción del cliente Switching con otros módulos del SIGERE como Vías Libres, Gestión de Incidencias y Control de la Generación, desarrollados con anterioridad en otra arquitectura (Win32). La interacción del Servidor de Topología es directa con los clientes: Switching, Monolineales y Supervisión.

Se planteó, además, la existencia de un modo de conexión llamado "online" (modo conectado) que permite conectarse con el Servidor de Topología y la manipulación de la red eléctrica, a diferencia del modo llamado "offline" (modo desconectado) que funciona sin conexión al Servidor de Topología e impide, por tanto, la manipulación de la red eléctrica y la obtención de su estado de energización actual, pero posibilita sin embargo la obtención de numerosos reportes de todo el trabajo efectuado sobre la red. Asimismo, se planteó la existencia de un mecanismo de servidores de respaldo con la presencia de un orden de servidores de topología que entrarán a funcionar en caso de colapso del servidor activo, garantizándose así el cumplimiento de los requisitos no funcionales de confiabilidad. Se prioriza durante el cambio de servidor activo al de menor orden en el listado y que se encuentre disponible o en ejecución.

De acuerdo con el flujo planteado por el Proceso Unificado (PU), se derivaron diversos casos de uso a partir de los requisitos captados, relacionados a la aplicación servidor, a los reportes y a la aplicación cliente. En los diagramas de casos de uso que se elaboraron se incluyó la traza de algunos casos de uso con los requisitos.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Ambas aplicaciones informáticas, cliente y servidor, se hallan en aplicación en todos los Despachos Provinciales de Carga (DPC) de Cuba desde el año 2015 y se empleó la técnica de la encuesta para corroborar la aceptación por parte del cliente. La selección de la muestra para la aplicación del criterio de especialistas fue de tipo intencional e incluyó a despachadores de las provincias Sancti Spíritus (5), Camagüey (8), Holguín (8) y Habana (13), para un total de 34 despachadores y un usuario analista por cada provincia para un total de 4 analistas, de esta manera se cuenta en conjunto con una muestra de 38 usuarios.

Los encuestados contaron con un periodo de tiempo para trabajo en este dominio (más de 10 años) y eran en su gran mayoría graduados de nivel superior en Ingeniería Eléctrica. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultado de la encuesta aplicada a los especialistas

Indicador	Evaluación				
	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
Tiempo de acceso al servidor para realizar una manipulación.	-	-	2	5	31
Tiempo de generación de los reportes.	-	-	4	7	27
Ocurrencia de imprecisiones o incoherencias durante la operación de la red eléctrica.	-	-	5	10	23
Tiempo de actualización del estado de la red eléctrica	-	-	3	12	23
Calidad de la ayuda	-	-	2	8	28
Calidad de los reportes	-	-	2	9	27
Disponibilidad de la información manejada.	-	-	1	5	32
Fiabilidad de los cálculos.	-	-	3	13	22
Grado de consistencia de la información.	-	-	2	10	26

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

La mayor parte de las calificaciones fueron de “Muy Bueno”, con un 69.88 %. Las valoraciones de “Bueno” y “Regular” se dieron en el 23.1 % y en el 7.02 % de los casos, respectivamente. El resto de las valoraciones no fueron tenidas en cuenta.

La evaluación del producto se hizo, además, sobre la base de la norma ISO/IEC 2500n, considerando el criterio de especialistas con la misma muestra intencional ya definida y la encuesta como técnica, así como sobre la base de la experiencia de los desarrolladores del producto y a la evaluación crítica de los códigos fuentes. Las características propuestas por esta norma se observan en la figura 2.



Figura 2. Características de calidad ISO/IEC 25010

Fuente: ISO 25000 (2017)

Se definió que cada subcaracterística de calidad aportara un máximo de 3 puntos y fuera evaluada teniendo como referencia los siguientes pesos: Deficiente (0.75), Regular (1.5), Bien (2.25) y Excelente (3).

Luego de la evaluación de cada una de las características y subcaracterísticas de calidad, la sumatoria de los puntos obtenidos sería interpretada según se especifica en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis del puntaje de la evaluación

Puntuación	Evaluación	Calidad del producto software
1 – 31	Mala	Inaceptable
32 – 62	Regular	Dudosa
63 – 93	Buena	Aceptable

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

El puntaje obtenido por el producto informático desarrollado fue el que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Resultados de la evaluación según la norma ISO/IEC 25010

Características	Puntuación
Adecuación funcional	9
Eficiencia de desempeño	7.5
Compatibilidad	6
Usabilidad	18
Fiabilidad	10.5
Seguridad	14.25
Mantenibilidad	14.25
Portabilidad	8.25
TOTAL	87.75

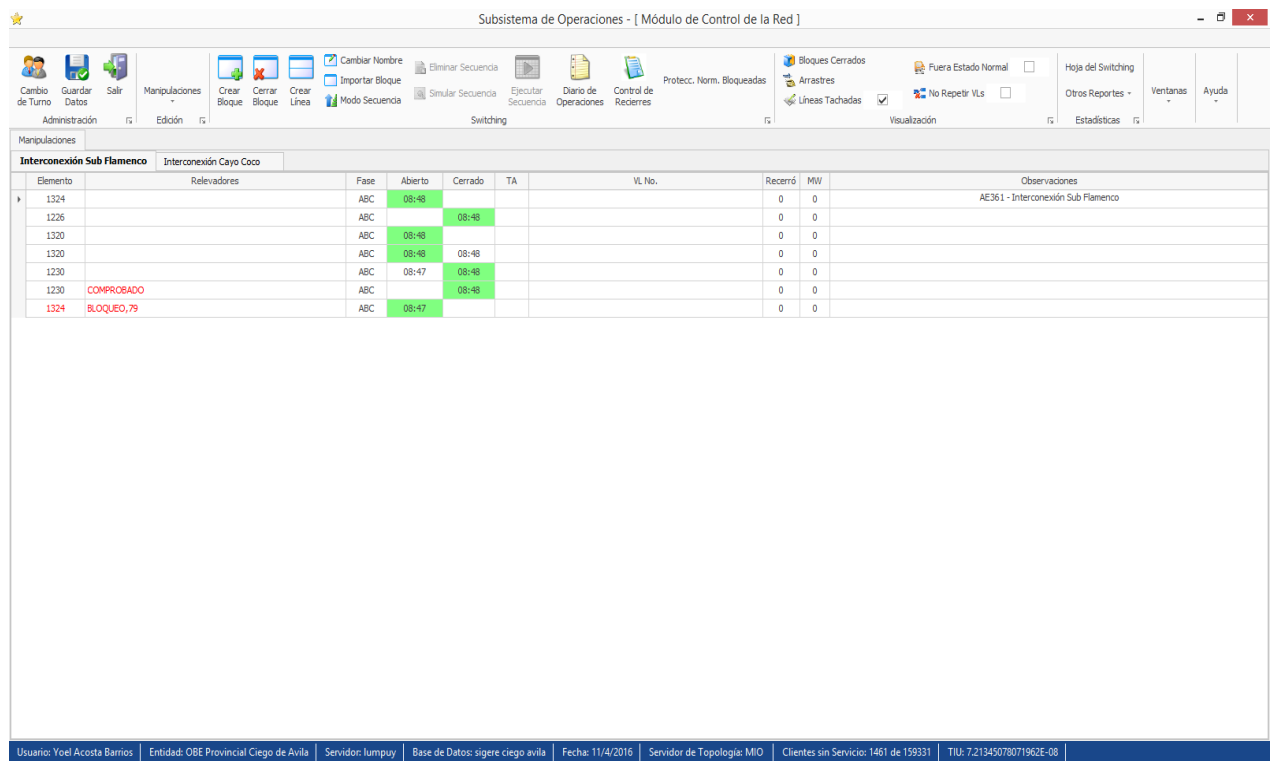
El puntaje total estuvo en el rango que califica al software desarrollado como Aceptable. Se obtuvo una aplicación servidor que se nombra Servidor de Topología, que contiene una representación abstracta en memoria RAM de la red eléctrica en forma de malla eléctrica, diseño arquitectónico que considera, que cada desconectivo está limitado siempre por dos secciones. Las manipulaciones sobre la red eléctrica se realizan interactuando con el servidor. Este contiene los elementos de la red eléctrica en una estructura de grafo y luego de cualquier operación que involucre cambios de la energización, tiene lugar la aplicación de algoritmos eficientes de re-energización explorando solo lo que cambie de estado.

A este servidor se conectan concurrentemente distintos clientes como son: Monolineales, Supervisión y Switching; este último posee la mayor interacción con el servidor pues realiza las manipulaciones directas sobre la red y forma parte del resultado del presente artículo. Monolineales contiene mapas en los que se colorean los elementos y las secciones de la red de acuerdo con su estado energético que se obtiene interactuando con el servidor. Las secciones son líneas limitadas por dos o más elementos (desconectivos, bancos de transformadores o bancos de capacitores) y son el equivalente a un cable conductor si lo miramos físicamente. El servidor es capaz de brindar a Monolineales el estado de la energización a cada momento.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Tanto el cliente como el servidor están desarrollados basados en el Modelo Vista Controlador (MVC) lo cual posibilita una reducción de la dependencia entre las interfaces visuales y la lógica del negocio. Se crearon clases encargadas de compactar los datos antes de su envío por el canal de comunicación, ya sea desde el servidor hacia sus clientes o de los clientes hacia el servidor.

La aplicación cliente se denomina Switching o Módulo de Control de la Red y cuenta con una interfaz para múltiples documentos (MDI, por sus siglas en idioma inglés). La interfaz contiene una ventana siempre abierta que almacena bloques de manipulación que, a su vez, agrupan varias líneas de manipulación. Los bloques pueden cerrarse y abrirse. Las líneas contienen campos que describen la manipulación hecha, dentro de ellos está la hora, ya sea de apertura o de cierre del elemento eléctrico. El estado en que se halle el elemento para las fases eléctricas seleccionadas, se colorea en verde oscuro (figura 3).



The screenshot shows the main interface of the Switching application. At the top, there is a title bar and a menu bar with various options like 'Cambio de Turno', 'Guardar Datos', 'Salir', 'Manipulaciones', 'Crear Bloque', 'Cerrar Bloque', 'Crear Línea', 'Importar Bloque', 'Modo Secuencia', 'Eliminar Secuencia', 'Ejecutar Secuencia', 'Diario de Operaciones', 'Control de Recierres', 'Protecc. Norm. Bloqueadas', 'Bloques Cerrados', 'Arrastres', 'Líneas Tachadas', 'Fuera Estado Normal', 'No Repetir VLS', 'Hoja del Switching', 'Otros Reportes', 'Ventanas', and 'Ayuda'. Below the menu bar, there is a table with the following data:

Elemento	Relevadores	Fase	Abierto	Cerrado	TA	VL No.	Recerró	MW	Observaciones
1324		ABC	08:48				0	0	AE361 - Interconexión Sub Flamenco
1226		ABC		08:48			0	0	
1320		ABC	08:48				0	0	
1320		ABC	08:48	08:48			0	0	
1230		ABC	08:47	08:48			0	0	
1230	COMPROBADO	ABC		08:48			0	0	
1324	BLOQUEO,79	ABC	08:47				0	0	

Figura 3. Interfaz principal de la aplicación cliente Switching

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Los estados energéticos de los elementos se mantienen actualizados por parte del servidor en cada uno de los clientes conectados. Los usuarios pueden intercambiar bloques de manipulaciones de manera, que unos puedan continuar el trabajo de otros. A la hora de una manipulación se hacen varias validaciones, lo cual garantiza una lógica adecuada en la red.

Existe un Diario de Operaciones en el cual el usuario despachador plasma incidencias del día y deja escritas orientaciones precisas a los usuarios que le sucederán en su turno de trabajo.

Cuando se hace una manipulación se registran los llamados registros de Tiempo de Interrupción de Usuario (TIU), que se emplean para liberar reportes que ofrecen una medida de la eficiencia de las prestaciones de la empresa eléctrica a sus clientes.

Se implementaron diversas tareas automáticas del lado del servidor que son ejecutadas cada un tiempo especificado por el usuario que acceda a la aplicación servidor. Una de ellas es el guardado a intervalos hacia la Base de Datos, otra es la elevación de cambios hechos en la base de datos por otros módulos del SIGERE hacia el servidor, que se encuentre funcionando y una tercera para guardar en formato Excel todos los bloques de los usuarios para poder continuar el trabajo a mano en caso de fallas del fluido eléctrico.

El proceso de autenticación se hace mediante el algoritmo **Advanced Encryption Standard (AES)** que resulta uno de los más robustos y difíciles de romper. A su vez cada usuario tiene permisos una vez que entra a la aplicación cliente; algunos de estos permisos se observan en la imagen a continuación (figura 4).

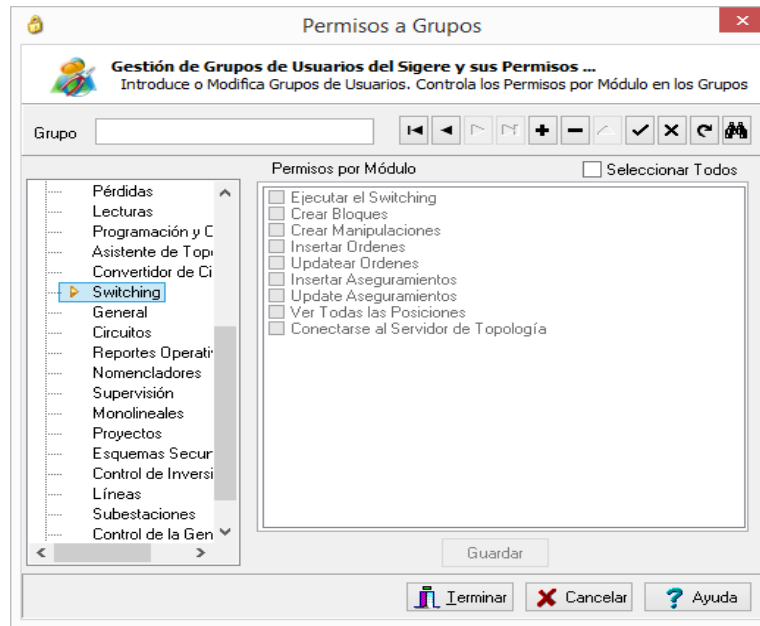


Figura 4. Permisos en la aplicación cliente Switching

La herramienta informática desarrollada garantiza la disponibilidad de los datos en todo momento haciendo uso del proceso de cambio de servidores de respaldo y conserva la coherencia de los mismos, realizando validaciones previas a la operación de la red. Se satisfizo la demanda que existía en los Despachos Provinciales de Carga (DPC) de una herramienta capaz de aglutinar la abundante información existente en la base de datos del SIGERE para lograr una representación global de la red, que pueda ser manipulada y controlada.

Con la herramienta desarrollada se ha disminuido ostensiblemente la ocurrencia de imprecisiones en la realización de las operaciones sobre la red eléctrica y la actualización del estado de la red se sucede de manera rápida, pudiéndose generar informes con prontitud. Esto ha producido una reducción del tiempo en la confección y envío de informes sobre el estado de la red eléctrica e indicadores de prestación de servicio a los clientes.

CONCLUSIONES

Los sistemas existentes a nivel mundial para el proceso de control de la red eléctrica no resultan aplicables en el contexto actual de los Despachos Provinciales de Carga

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

(DPC). El contexto cubano hizo factible el desarrollo de un producto informático para el control y operación de la red eléctrica.

Con las aplicaciones Servidor de Topología y cliente Switching se satisfacen las necesidades de los usuarios en los Despachos Provinciales de Carga (DPC) durante el proceso de operación y control de la red eléctrica.

Las aplicaciones propuestas para la operación y el control de la red eléctrica se desarrollaron como parte del SIGERE, y su uso ha posibilitado ventajas sustanciales mejorándose la generación de informes y así se erradican las limitantes en cuanto al proceso de control de la red eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avazov, A., & Sobinova, L. (2016). *Advanced distribution management system*. doi:10.1051/epjconf/201611001004

Bailey, D., & Wright, E. (2003). *Practical SCADA for Industry*. Elsevier, Gran Bretaña. Recuperado de [www.mc.usb.ve/.../MC7462%20Instrumentación%20y%20Medición%20%282014%](http://www.mc.usb.ve/.../MC7462%20Instrumentación%20y%20Medición%20%282014%20%29)

Boyer, S. (2004). *SCADA Supervisory Control and Data Acquisition*. Estados Unidos de América: ISA-The Instrumentation, Systems and Automation Society. Recuperado de www.reporteroindustrial.com/asociaciones/ISA+96978

Capgemini. (2012). *Advanced Distribution Management System*. Recuperado de https://www.capgemini.com/wpcontent/uploads/2017/07/Advanced_Distribution_Management_Systems.pdf

Collier, S. (2012). *What Is An Outage Management System and How Can It Help Me?* Recuperado de <http://www.hometownconnections.com/assets/APPA-Academy-Webinar-Milsoft-April-2012.pdf>

Fan, J., & Borlase, S. (2009). *The evolution of distribution*. *IEEE Xplore*. doi:10.1109@MPE.2008.931392ISO 25000.

ISO 25000 (2017). *Calidad del producto software. (ISO 25000)*. Recuperado de <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>

Johnson, B. (2016). *Professional Visual Studio 2015*.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN ORIGINAL

Lumpuy Marrero, Y. (2018). *Control de la red eléctrica con switching*. Tesis de maestría inédita. Universidad de Ciego de Ávila, Ciego de Ávila, Cuba.

Lumpuy Marrero, Y. E. (2009). *Herramienta de gestión de desarrollo de software para la metodología Scrum-PU*. Tesis de Diploma inédita. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Rammer, I., & Szpuszta, M. (2005). *Advanced .NET Remoting* (second edition). New York, United States of America: Apress.

Roche Rodríguez, A., & Fernández Álvarez, R. (2016). *Proyección Estratégica de la Informatización de la Unión Eléctrica - 2017-2030*. La Habana, Cuba.

Rumbaugh, J., Jacobon, I., & Booch, G. (2013). *El Lenguaje Unificado de Modelado, Manual de Referencia*, 2da ed. México: Pearson Educación de México.

Sparx Systems. (2016). *The Ultimate Modeling and Design Toolset, Enterprise Architect UML Modeling Tool, Enterprise Architect* (10). Recuperado de <http://www.sparxsystems.com.au/>

Takaki, J. (2011). *Automation of Data Mining Using Integration Services*. Redmond: MSDN Library, Microsoft.