



## **Sistema de información geográfica y ontologías para la toma de decisiones en la gestión eléctrica**

### **Geographic information system and ontologies for the decision making in the electric management**

**Nayi Sánchez-Fleitas<sup>I</sup>, Raúl Comas-Rodríguez<sup>II</sup>, María Matilde García-Lorenzo<sup>III</sup>**

<sup>I</sup> Aplicación de las Tecnologías de la Información, Sancti Spíritus, Cuba

E-mail: [nayi78@atiss.une.cu](mailto:nayi78@atiss.une.cu)

<sup>II</sup> Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador

E-mail: [raulcomasrodriguez@gmail.com](mailto:raulcomasrodriguez@gmail.com)

<sup>III</sup> Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba

E-mail: [mmgarcia@uclv.edu.cu](mailto:mmgarcia@uclv.edu.cu)

Recibido: 25 de enero de 2017

Aprobado: 28 de abril de 2017

#### **RESUMEN**

Para lograr un sistema de información geográfica eficaz, que dé respuesta a las diferentes peticiones de los usuarios, es necesario un modelo para el manejo de datos sobre un profundo esquema conceptual del dominio. A partir del estudio del estado del arte de los sistemas de información geográfica, en especial de aquellos utilizados en el sector eléctrico, se determina como objetivo de la investigación: establecer una ontología que dote de capacidades de recuperación al Sistema de Información Geográfica de la Unión Eléctrica en el manejo de datos para facilitar la toma de decisiones en los diferentes procesos de la gestión eléctrica. Con el desarrollo de una ontología ligera, que en su conceptualización solo se incorporan conceptos con su taxonomía y relaciones (propiedades de los objetos), se facilita el análisis de los datos y se evita los problemas de compatibilidad. El SIG desarrollado tiene carácter nacional y es aplicable a las distintas áreas que dividen las empresas eléctricas. Entre las principales bondades del sistema están: facilidad para realizar consultas, se genera un visor de toda la información contenida en la base de datos, acceso a la información en un lenguaje cercano al natural y facilidades para la gestión de los recursos y el proceso de toma de decisiones. Para la evaluación del software se utilizaron los estándares de calidad de la norma ISO-9126:2002.

**Palabras claves:** Sistema de Información Geográfica, Ontologías, Lógicas descriptivas, sector eléctrico

#### **ABSTRACT**

To achieve an effective geographic information system, which responds to the different requests of users, a model to manage data on a deep domain conceptual scheme is needed. Based on the study of the state of the art of geographic information systems, especially those used in the electrical sector, it's determined as the objective of this research: to establish an ontology that provides recovery capabilities to the Geographic Information System of the Electricity Union in the management of data to facilitate the decision making in the different processes of the electrical management. With the development of a light ontology, which in its conceptualization only incorporates concepts with their taxonomy and relations (properties of objects), facilitates

the processing and analysis of the data, avoiding compatibility problems. The GIS developed has national character and is applicable to the different areas that divide the electric companies. Among the main benefits of the system are: easy to make queries, a viewer of all information contained in the database, access to information in a language closer to natural and facilities for resources management and the process of decision making. The ISO-9126:2002 norm for the evaluation of the software the standards of quality of was used.

**Key words:** geographic information system, ontologies, descriptive logic, electric sector.

## I. INTRODUCCIÓN

Para lograr mejoras de la economía en Cuba se realiza un proceso de transformaciones importantes, sobre la base de la eficiencia y la eficacia [1]. Un factor determinante para la satisfacción de necesidades humanas, y elevar la calidad de vida de la sociedad, es el sector eléctrico [2]. En Cuba, la Unión Eléctrica (UNE) tiene tres pilares de desarrollo dotados de una compleja estructura: los procesos de generación, transmisión y distribución, [3; 4; 5]. La automatización del sector energético es necesaria y se encuentra en fase de desarrollo como parte del proceso de informatización de la sociedad [6]. En la Unión Eléctrica se implementa el Sistema de Gestión Empresarial (SIGE) compuesto por dos subsistemas principales: Sistemas de Gestión de Redes Eléctricas (SIGERE) y el Sistema de Gestión de la Empresa de Construcciones de la Industria Eléctrica (SIGECIE). El SIGE es un sistema de información gerencial que permite a partir de la recopilación de datos técnicos, económicos y de gestión; facilitar los procesos de análisis, planificación, operación y control de las redes eléctricas de distribución y transmisión [7].

Adicionalmente, como parte del proceso, se desarrolla un Sistema de Información Geográfica (SIG) que se nutre de las bases de datos del SIGERE y el SIGECIE. Un SIG es un sistema computacional que enlaza la información geográfica (¿dónde se encuentra un objeto?) con información descriptiva (¿qué son esos objetos?). Los SIG son generalmente utilizados para analizar y visualizar información espacio-temporal y una de sus características es la posibilidad de relacionar información en un contexto espacial y de obtener detalles acerca de estas relaciones para fortalecer la toma de decisiones. Los primeros SIG se desarrollaron solo para la creación de mapas temáticos con la captura, el almacenamiento y análisis de los datos geográficos [8; 9].

La primera versión del SIG (SIGOBE v1.0) se desarrolla en el 2001 y contaba con 265 opciones de búsqueda. Para el desarrollo y actualización del proyecto se realiza un estudio teórico sobre los SIG vinculados a la energía y un trabajo con expertos con experiencia del tema, que permite definir como limitaciones principales:

- La necesidad de identificar localizaciones geográficas donde son necesarias las mejoras en los circuitos y acciones de mantenimiento.
- Insuficiencias para dar respuestas a algunas peticiones geográficas que requieren los especialistas.
- Problemas al satisfacer las expectativas de los especialistas en la recuperación de los mapas temáticos.

Al profundizar en el problema planteado se evidencia como posibles causas:

- Rudimentarios métodos de elaboración de las consultas geográficas.
- Necesidad de una integración entre las entidades geográficas que conforman la cartografía digital del sistema eléctrico.
- Falta de correspondencia semántica entre la base de datos del SIGOBE y la base de datos geográfica que permita inferir que una instalación eléctrica y un punto, una línea o un polígono de la cartografía son lo mismo desde el punto de vista semántico.
- No están descritas las relaciones funcionales de los elementos del sistema eléctrico en la base de datos.
- Inexistencia de conceptos importantes para el sistema eléctrico dentro de la base datos.

Lo anterior conduce a formular como problema de investigación: el SIGOBE presenta limitaciones relacionadas con sus facilidades para formular peticiones de tipo geográficas por los especialistas para la toma de decisiones en los procesos de gestión eléctrica.

Por otra parte, en un sistema de gestión empresarial es necesario estandarizar todos los aspectos del ciclo de vida del desarrollo, en especial, la construcción de la arquitectura del sistema [10]. Actualmente no se cuenta con un modelo para el manejo de datos, que contribuya a desarrollar un SIG en la Unión Eléctrica sobre un esquema conceptual del dominio, capaz de dar respuestas a las diferentes peticiones del usuario, por medio de consultas automáticas y de soporte a la toma de decisiones.

A partir de lo anterior expuesto, se plantea como objetivo general de esta investigación: Establecer una ontología que dote de capacidades de recuperación al SIGOBE en el manejo de datos para facilitar la toma de decisiones en los diferentes procesos de la gestión eléctrica.

## II. MÉTODOS

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías se ha incrementado el interés por los SIG [11]. Generalmente, los SIG son enfocados en un contenido y restringidos a un dominio particular que provocan problemas en la interpretación. Un objeto con características similares puede ser definido por distintas personas según sus puntos de vista y supuestos al dominio de estudio, lo que provoca en los sistemas problemas por la forma de interpretar el mensaje [11; 12].

Los SIG, en el sector eléctrico, son usados como una continuación natural de los sistemas de gestión de instalaciones y mapas (AM/FM) desde la década de los 90, pero que, en adición al manejo de la conectividad entre instalaciones, representan la dependencia espacial de los datos, especialmente en el manejo de polígonos y áreas cerradas [13]. El uso de los SIG se ha extendido a cada uno de los procesos en las empresas distribuidoras de energía. La tabla 1 muestra algunos ejemplos consultados en la literatura.

**Tabla 1.** SIG utilizados en empresas distribuidoras de energía

<b>SIG</b>	<b>Descripción</b>	<b>Limitaciones</b>
Integración regional de las energías renovables en la producción descentralizada de electricidad [14].	Combina los dos formatos de datos y realiza estudios sobre ellos.	Las consultas son fijas y solo abarca las fuentes renovables de energía
Compañía Nacional de Fuerza y Luz, S.A., Costa Rica [15].	SIG para análisis del consumo eléctrico y la carga	Se enfoca preferentemente en el área comercial
Modelo para la integración del GIS [16].	Modelo para la construcción de un SIG desde su base relacional hasta las capas cartográficas con herramientas CAD. Utiliza los formatos vectoriales y raster.	Representación con sistema radial, excluyendo el mayado. Es solo para la media tensión.
SIG del proyecto SIGDE, de la ciudad de Sacúa, Ecuador [17].	Para la proyección de la demanda eléctrica.	Se enfoca en el estudio de los propietarios de las tierras y su uso La interfaz es con herramientas CAD.
PADEE Software 2016. Programa de Planos Inteligentes <sup>1</sup> .	Los datos se toman de los planos. Los diferentes módulos realizan los cálculos y los grafican en los planos.	Los planos se muestran en AUTOCAD y se enlaza cada elemento con sus datos.
Sistema de Información Geográfica (WMM) – Wind Mil Map de <i>Milsoft Utility Solutions</i> [18].	Proporciona un modelo con conectividad eléctrica. Es capaz de interactuar con un módulo de interrupciones y otro de gestión.	Los elementos eléctricos están en las capas geográficas lo que lleva a una rápida desactualización de los datos.

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, por la diversidad de las fuentes de información que nutren el desarrollo eléctrico, se crea el Modelo de Información Común (CIM) para facilitar la comunicación entre las diferentes aplicaciones [7; 19]. El CIM fue analizado y aprobado por el Comité Técnico 57 de la Comisión Electrotécnica Internacional para su conversión en la Norma ISO 61968:2003 "Integración de aplicaciones en utilidades eléctricas - Interfaces de sistema para gestión de distribución" y la Norma ISO 61970:2005 "Interfaz de programación de aplicaciones para el sistema de gestión de energía (EMS-API)" [20].

En las investigaciones consultadas, la heterogeneidad e interoperabilidad de los datos son dos de los problemas más representativos; y para su solución se puede organizar los datos a través de una ontología [21; 22]. Según Neches, et al, en la informática una ontología "define los términos

<sup>1</sup>Disponible en internet <http://padeepro.com/>

y relaciones básicos que comprenden el vocabulario de un área de interés, además de las reglas de combinación de términos y relaciones para extender dicho vocabulario" [23].

En correspondencia con lo planteado anteriormente, en el ámbito de la información espacial, los esfuerzos para gestionar el conocimiento se han centrado principalmente en el uso de ontologías y en la inclusión de elementos semánticos en datos geográficos [18]. Dentro del proceso de evolución de los SIG, en el año 2009, surge el Sistema de Información Geográfica Gobernados por Ontología Integrada, con un solo componente la ontología y en el 2013 se publica un enfoque de integración semántica de datos geoespaciales a bajo nivel de abstracción [24].

En consecuencia del proceso evolutivo, Tolaba, *et al*, en el año 2014 proponen las Meta-ontología geoespacial, 5-tupla meta-ontology que se muestra en la ecuación 1 [25]:

$$\text{Meta - ontology} = \{C, R, A, X, I\} \quad (1)$$

Donde:

C: conjunto de conceptos

R: conjunto de relaciones entre los conceptos

A: conjunto de atributos de los objetos identifica-dos en el dominio,

X: conjunto de axiomas y reglas de los conceptos, relaciones y atributos

I: conjunto de instancias

Las bases de datos deben enriquecerse con más descripción del dominio del sistema eléctrico. Con el uso de las ontologías se puede representar el conocimiento que existe en estas bases de datos de manera más clara y coherente. Se considera factible mejorar las ontologías con más conocimiento del dominio, aprovechando que las ontologías tienen un lenguaje más próximo al que entienden los seres humanos. El lenguaje natural se puede utilizar para acceder a las ontologías, lo cual es para el usuario del sistema muy cómodo, ágil y le amplía el espectro de peticiones, sin necesidad de conocer los términos exactos que maneja el sistema.

### Construcción de la ontología

El uso de una ontología para los SIG tiene las ventajas siguientes [26]:

- organización, estructuración y sistematización del conocimiento;
- aumento cualitativo de la potencia de explotación inteligente de los datos vía SIG o vía infraestructura de datos espaciales y mapeo;
- cotejo y traducción entre distintos catálogos de fenómenos.

Para la construcción de la ontología fueron consultados en la literatura un grupo de métodos como son: Método Cyc, Método de *Uschold* y *King*, Método KACTUS, *Methontology*, Onto MN, Metodología SENSUS, Metodología *On-To-Knowledge* y TERMINAE. En el proceso de selección de la metodología, herramienta o lenguaje se debe tener en cuenta la subjetividad del uso y alcance de la aplicación [27]. Estudios realizados por Fernández y Gómez Pérez determinan que el método *Methontology* es de los más conocidos, maduros y técnicos para desarrollar ontologías, método que se asume en la presente investigación [28].

*Menthontology* permite construir ontologías desde nivel cero, la reutilización de ontologías y la reingeniería. La plataforma para construir ontologías a nivel de conocimientos incluye:

1. Identificar el proceso de desarrollo
2. Desarrollar el ciclo de vida basado en prototipos evolucionados.
3. El método que especifica los pasos a ejecutar en cada actividad, técnicas utilizadas, productos a obtener y cómo se debe evaluar.

Los pasos que propone la metodología *Menthontology* son: especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento.

Para realizar la conceptualización de la ontología se realiza con la herramienta *Protégé 3.4.4*<sup>2</sup> que presenta como ventajas: es un editor libre de código abierto, cuenta con un sistema de adquisición de conocimiento, la transparencia de su trabajo, un entorno abierto y fácil de entender, así como los múltiples lenguajes que soporta que incluyen el OWL (*Ontology Web Language*) y el OWL-DL (basado en lógicas descriptivas).

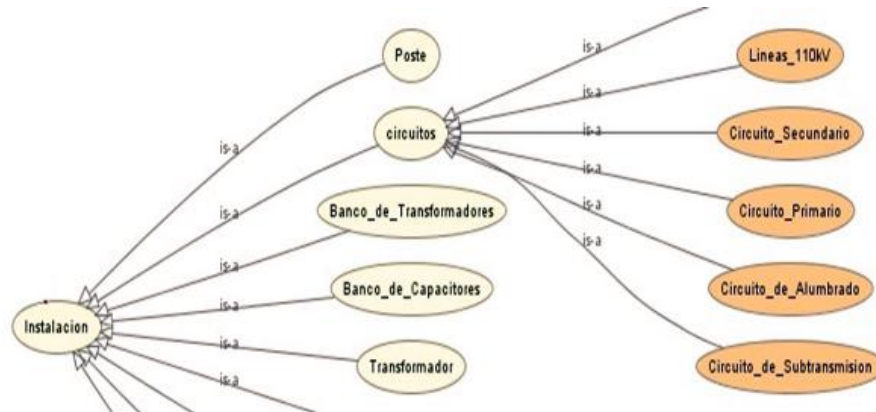
---

<sup>2</sup>Herramienta en software libre desarrollada por la Universidad de Stanford.

### III. RESULTADOS

La Ontología desarrollada para la Unión Eléctrica se considera ligera; en su conceptualización solo se incorporan conceptos con su taxonomía y relaciones (propiedades de los objetos). El resto de los componentes del modelo de la ontología (propiedades de datos, instancias y axiomas) están en las bases de datos que nutren al sistema.

Los conceptos (clases) de la ontología son organizados taxonómicamente como se muestran en la figura 1. El tipo de relación que forma el vínculo es el término "is a". Los conceptos utilizados se dividen en dos grandes grupos: puramente geográficos y los geográficos que pertenecen al sistema eléctrico.



**Fig. 1.** Esquema que representa los conceptos y taxonomía de la ontología propuesta  
Fuente: Elaboración propia

En la ontología también se describen las relaciones o propiedades de los objetos (*Object Properties*). En la figura 2 están las principales relaciones que se establecen entre los conceptos de la ontología.



**Fig. 2.** Esquema de relaciones de objetos que conforman la ontología de representación de conceptos y taxonomía.  
Fuente: Elaboración propia

Para capturar el conocimiento de dominios se incluye a la ontología la lógica descriptiva. La lógica descriptiva permite a partir de concepto y sus relaciones definir nuevos conceptos. Para la traducción de la ontología a la lógica descriptiva se utilizan las abreviaturas de los nombres (ejemplo en la tabla 2) y los operadores siguientes:

- $\cap$  : Intersección entre conceptos (que representa el "is a")
- $\neg$  : Negación
- $\exists$  : Existe por
- $\forall$  Para todo

**Tabla 2.** Estilos a utilizar en el documento

Concepto	Abreviatura
Banco de Transformadores	BT
Banco de Capacitores	BC
Transformadores	T
Transformador de Potencia	TP
Transformador Monofásico	TMon
Transformadores Bajo Aislamiento	Baj_Aislam
Circuito	Cto
Circuito de Alumbrado	CtoA
Provincia	Prov

Fuente: Elaboración propia

Un ejemplo de un nuevo concepto se daría de la relación de los conceptos de Transformador, Transformador Monofásico, Transformador de Potencia y Circuito de Alumbrado. La representación del concepto sería:  $(T \cap TP \cap TMon) \neg CtoA$ , que nos representa a los transformadores de potencia monofásicos que no tienen salida a circuitos de alumbrado.

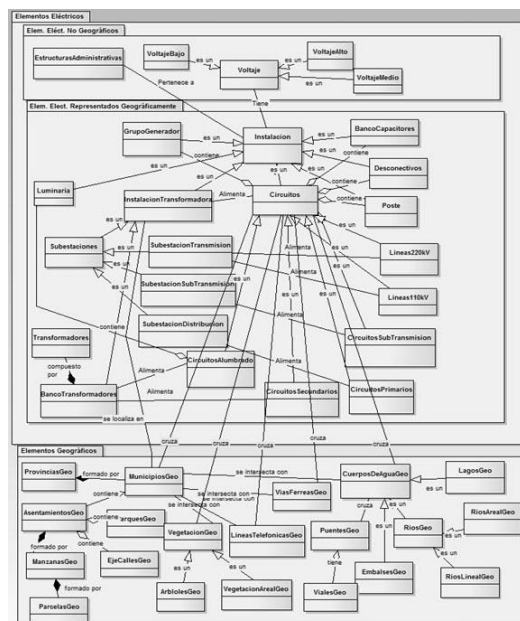
La implementación de la ontología se realiza con el objetivo de lograr la compatibilidad de una funcionalidad del SIG en proceso de automatización. Como resultado final, todo el conocimiento embebido en la ontología se lleva a lógicas descriptivas que serán utilizadas en un Sistema Basado en Casos y la creación de clases que permitan traducir el lenguaje natural en conceptos para la ontología.

**Descripción del flujo entre clases**

El dominio en general se compone de tres grupos de conceptos, clases o elementos. El grupo que destaca es el referente a los elementos eléctricos, que posee información tanto gráfica como alfanumérica, que debe enlazarse por atributos comunes. Este grupo es dominado por las instalaciones eléctricas, subestaciones, bancos de transformadores, postes, etc.

Existe un segundo grupo de conceptos que representan esencialmente nomencladores que están relacionados con todas las clases definidas en el párrafo anterior, entre estos conceptos tenemos Estructuras Administrativas (organigrama empresarial de la Unión Eléctrica) y voltajes.

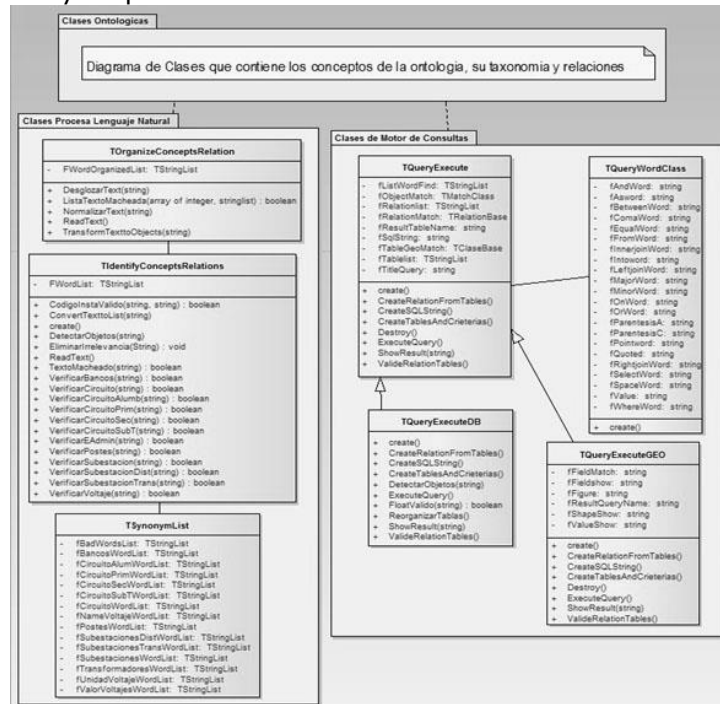
El tercer grupo pertenece a los elementos geográficos, que lo conforman en primer lugar todos los accidentes geográficos o construidos por el hombre que de una forma u otra pueden incidir sobre el buen funcionamiento del sistema eléctrico. También se encuentran los elementos referentes a la división política administrativa del país. En este grupo se relacionan los elementos entre sí, pero además con los elementos eléctricos que pueden ser representados geográficamente (Figura 3).



**Fig. 3.** Diagrama de clases de los elementos eléctricos básicos según su representación geográfica

Fuente: Elaboración propia

Para el procesamiento del lenguaje natural se crearon las clases TS y nonym List, T Identify Concepts Relations y TOrganize Concepts Relations (Figura 4), encargadas de realizar el análisis léxico, sintáctico y semántico para la búsqueda o localizaciones de entidades eléctricas, geográficas o combinadas. El caso de las variaciones de las palabras en su lexema no es significativo en el estudio y es posible controlarlo a través de listas de sinónimos almacenados.



**Fig. 4.** Diagrama de clases para los conceptos de la ontología, taxonomía y relaciones.

Fuente: Elaboración propia

La integración semántica lograda facilita un procesamiento y análisis de los datos de manera eficiente, evita los problemas de compatibilidad y disminuye la brecha semántica existente en el entendimiento hombre-máquina [29].

**Funcionalidad del SIGOBE**

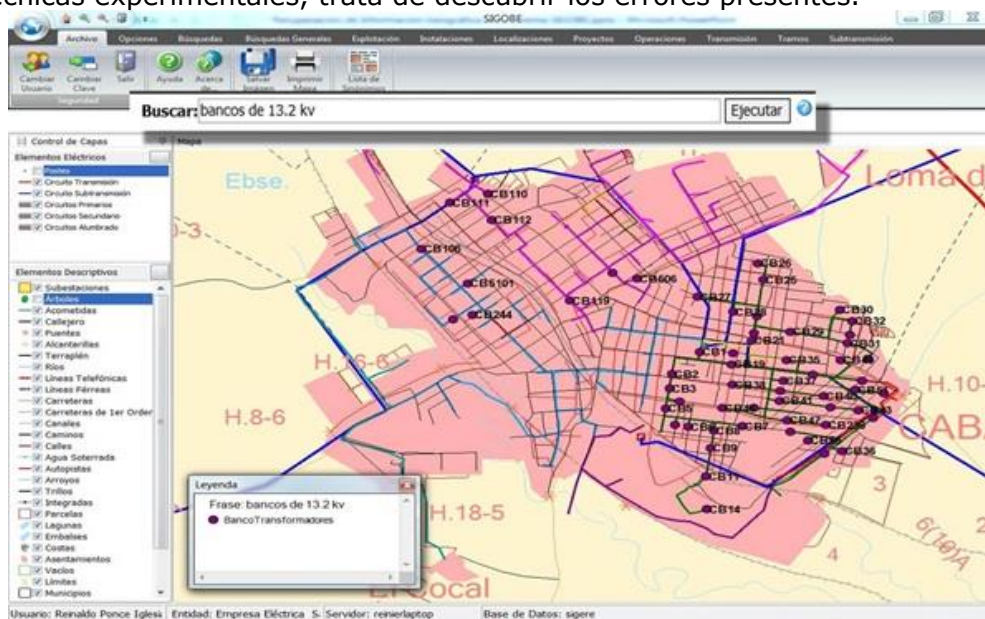
La funcionalidad "Recuperación de Información Geográfica en el SIGOBE" parte de una petición geográfica en lenguaje natural por parte del usuario, el sistema procesará el texto, y si logra resolver la consulta, crea un mapa temático donde queda definida la búsqueda realizada por el usuario y una leyenda donde se especifican los símbolos empleados por el mapa temático para representar el resultado de la petición geográfica. En caso de no resolver la consulta el sistema muestra un mensaje de ningún resultado encontrado y la sugerencia al usuario que formule nuevamente la petición.

El SIG desarrollado tiene carácter nacional y es aplicable a las distintas áreas que dividen las empresas eléctricas. El incremento de esta funcionalidad incrementa el espectro de peticiones que realizan los especialistas; lo que permite brindar un grupo de facilidades como: localizar las quejas de la población, una instalación fallada o con parámetros anormales, organizar el recorrido de los carros, visualizar los voltajes de los clientes en el mapa, hacer un estudio de fallas de equipamiento por zonas, la optimización del uso de las redes y una expansión óptima de ellas, acceso de información de un punto de la línea de distribución, el estudio de pérdidas eléctricas y a determinadas escalas permite dibujar el croquis de los nuevos proyectos con la exactitud necesaria.

Con el desarrollo de la ontología se logra un nivel más alto de eficacia en el software. El acceso integral a la base de datos y las consultas dinámicas resulta importante en etapas de alta demanda de servicios por la rapidez de la vinculación entre la información alfanumérica y la gráfica. Un ejemplo de ello es la localización de las fallas en las líneas de alta tensión a partir de la información aportada por los dispositivos electrónicos instalados en las líneas.

La funcionalidad "Recuperación de Información Geográfica en el SIGOBE" (Figura 5), se implanta en los Departamentos Técnicos de la Empresa Eléctrica de Sancti Spíritus y Guantánamo, con la finalidad de desplegarlos por todo el país. Entre las ventajas obtenidas con su implementación están: se humaniza y se informatiza más el trabajo rompiendo con viejos esquemas de gestión

que generan costos mayores en los procesos; criterios favorables por parte de los especialistas de los departamentos técnicos porque: agiliza su trabajo, son capaces de resolver más peticiones y el lenguaje natural hace que resulte más cómoda de realizar la consulta a la aplicación. La realización de pruebas de software permite verificar la calidad del producto y se integran dentro de las diferentes fases del ciclo del software. En el proceso se ejecuta un software que, mediante técnicas experimentales, trata de descubrir los errores presentes.



**Fig. 5.** Pantalla para realizar petición geográfica en lenguaje natural  
Fuente: Elaboración propia

**Verificación de requerimientos de calidad de software**

Para la evaluación de la funcionalidad desarrollada se utilizan dos métodos:

- Criterio de especialistas.
- Estándares de calidad establecidos en la norma ISO-9126:2002.

La norma utilizada es un estándar para la evaluación de calidad en sistemas informáticos con el uso de un conjunto de indicadores métricos que poseen seis características básicas que miden la calidad interna y externa:

- Funcionabilidad (At1)
- Confiabilidad (At2)
- Usabilidad (At3)
- Eficiencia (At4)
- Capacidad de mantenimiento (At5)
- Portabilidad (At6)

y cuatro enfocadas en la calidad en su uso:

- Eficacia (Au1)
- Productividad (Au2)
- Satisfacción (Au3)
- Seguridad (Au4)

La tabla 3 refleja el resultado obtenido de la valoración de siete especialistas principales de los Departamentos Técnicos de la Empresa Eléctrica de Sancti Spíritus. Ellos otorgan pesos a cada una de las características de calidad. Cada uno de los indicadores se refleja en base a diez.

**Tabla 3.** Evaluación de los atributos de Calidad de Software

	Atributos de calidad externa e interna (At)						Totales
	At1	At2	At3	At4	At5	At6	
Punt	10	10	10	10	10	8	58
	Atributos de calidad en uso (Au)						Totales
	Au1	Au2	Au3	Au4			
Punt	9	10	10	9.5			38.5
Puntaje total							96.5

Fuente: Elaboración propia



Respecto a los atributos de calidad externa e interna se obtuvo una puntuación de diez en todos los parámetros, excepto en la portabilidad donde se alcanzó un ocho. En cuanto a los atributos de calidad en uso se adquirió un diez en productividad y satisfacción, mientras que en eficacia recibió nueve y en seguridad 9.5.

Al concluir el proceso de evaluación en cada uno de los indicadores se obtiene como resultado que la funcionalidad desarrollada para el SIGOBE cumple a un 96.5% los indicadores aplicados para su evaluación. Razón por la cual se aprueba el producto, la principal limitación determinada en el estudio es la portabilidad, porque la base de datos geográfica se encuentra en los clientes y no en el servidor.

#### **IV. DISCUSIÓN**

La tendencia actual en la integración de la información geoespacial hace uso de la semántica como elemento fundamental. La integración semántica facilita un procesamiento y análisis de los datos de manera más eficiente que evita los problemas de compatibilidad.

Dentro del dominio de investigación, en el campo de la energía eléctrica, la información solicitada por los usuarios es muy variada; de allí la necesidad de generación de consultas automáticas que supere el modelo tradicional y use herramientas de inteligencia artificial como el razonamiento basado en casos. La ontología propuesta, con un lenguaje cercano al natural, resulta cómodo y ágil para que los usuarios incrementen el espectro de peticiones en el dominio.

El desarrollo de una ontología ligera para los procesos de transmisión y distribución de energía eléctrica facilita al usuario la realización de consultas sin conocer la estructura de la base de datos, elemento que le aporta novedad al trabajo en el sector eléctrico cubano. Con su desarrollo se dota al Sistema de Gestión de Redes Eléctricas y el Sistema de Gestión de la ECIE de una base conceptual que fortalece la información de la base de datos y el proceso de gestión. La posibilidad de consultas automáticas y su visualización geográfica. Permite al sistema ser el visor de toda la información contenida en la base de datos.

Las facilidades incorporadas en la nueva funcionalidad del software contribuyen en la disminución de costos en los procesos y en la toma de decisiones. Esto se refleja al tener el software un 96.5 % de aprobación según los estándares de calidad de la norma ISO-9126:2002.

#### **V. CONCLUSIONES**

1. Las ontologías pueden ser usadas como una capa intermedia entre una aplicación y la base de datos con el objetivo de extraer el conocimiento embebido en ellas.
2. La recuperación de información geográfica del SIGOBE mediante el uso de ontologías incrementa el espectro de peticiones que pueden realizar los especialistas. El procesamiento en lenguaje natural ejecutado por el sistema aumenta la facilidad y comodidad con que se realizan las solicitudes geográficas eliminando la necesidad de conocer la base de datos.
3. La funcionalidad "Recuperación de Información Geográfica en el SIGOBE" (Figura 5) es implantada en los Departamentos Técnicos de la Empresa Eléctrica de Sancti Spíritus y Guantánamo y existen criterios favorables por los especialistas de los departamentos técnicos porque: agiliza su trabajo, son capaces de resolver más peticiones y el lenguaje natural hace que resulte más cómoda de realizar la consulta a la aplicación.
4. La evaluación de la calidad de la funcionalidad desarrollada, mediante los estándares de la norma ISO-IEC 9126:2002, así corroborar como el análisis realizado por un grupo de especialistas de contenido, permitió la capacidad de la aplicación para dar solución las peticiones geográficas de los especialistas de las empresas eléctricas.
5. Se dotó a los Sistemas de Gestión de Redes Eléctricas y el Sistema de Gestión de la ECIE de una base conceptual que permite mayor capacidad de búsqueda por parte de los usuarios y una estandarización de la información que contienen.
6. Se recomienda estudiar la posibilidad de la incorporación de la base de datos geográfica al servidor con vistas a lograr la portabilidad del software. La portabilidad es un atributo que contribuiría al desarrollo del trabajo de campo en tiempo real.
7. Se debe trabajar por culminar el proceso de implantación de la funcionalidad en el resto de las empresas eléctricas del país por las bondades que brinda a los especialistas.

## VI. REFERENCIAS

1. Comas Rodríguez R, et al. El control de gestión y los sistemas de información: propuesta de herramientas de apoyo. *Ingeniería Industrial*. 2014;XXXV,(2):214-28. ISSN 1815-5936.
2. González C, et al. Eficiencia Energética: Uso racional de la energía eléctrica en el sector administrativo (Consumo eficiente). Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica; 2014.
3. Short Tom A. *Electric Power Distribution Handbook*. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC; 2004. ISBN 9781466598652.
4. Peralta Sevilla AG, Amaya Fernández FO. Evolución de las redes eléctricas hacia Smart Grid en países de la Región Andina. *Revista Educación en Ingeniería*. 2013;8(15):48-61. ISSN 1900-8260.
5. Ibarra Ruiz GC. Aplicaciones del sistema de información geo referenciado en el Ecuador. *Revista Científica Yachana*. 2013;2(2):279-82. ISSN 1390-7778.
6. Rivero A. Sistema inteligente para la toma de decisiones en la Unión Nacional Eléctrica (UNE) utilizando un enfoque basado en casos. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas; 2015.
7. Fernández R. Informatización de la Gestión de las Redes Eléctricas [Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas]. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica; 2011.
8. Garea Llano E. Estado actual de la interpretación semántica de datos espaciales. *Blue Series Pattern Recognition*. 2007. ISSN 2072-6287.
9. Torregroza Fuentes E, et al. Aplicación del Sistema de Información Geográfico Quantum Gis en la regionalización ecológica de la cuenca Ciénaga De La Virgen Cartagena De Indias-Colombia. *Journal of Investigation and Praxis in Computer Science*. 2014;2(1):1-13. ISSN 2387-0893.
10. Silega Martínez N, et al. Framework basado en MDA y ontologías para la representación y validación de modelos de componentes. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. 2014;8:102-16. ISSN 2227-1899.
11. Durango Vanegas CE. Asociación de datos espacio-temporales en bases de datos Oracle. *Ingenierías USBmed*. 2014;5(2):100-8. ISSN 2027-5846.
12. Larin Fonseca R, Garea Llano E. Integración semántica de datos espaciales con sistemas de información geográfica. *Reconocimiento de Patrones*. 2009;2142. ISSN 2072-6287.
13. Nour Eldien M, et al. A Framework for integration between Artificial Neural Network & Geographical Information System, Slum prediction as the case study. *International Journal of Electrical & Computer Sciences*. 2010;10(1):20-7. ISSN 2227-2739.
14. Amador J. Análisis de los parámetros técnicos en la aplicación de los sistemas de información geográfica a la integración regional de las energías renovables en la producción descentralizada de electricidad. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica; 2000.
15. Andrés Jácome LF. Análisis y proyección de la demanda eléctrica de un sistema de distribución para la planificación de obras, utilizando el sistema de información geográfico (SIG). In: Congreso Latinoamericano de distribución eléctrica (CLADE) Costa Rica; 2008.
16. Sanhueza Hormazábal R, Estrada Ramírez M. Integración de un sistema de información geográfica en la planificación y gestión de los sistemas de distribución eléctrica. *Ingeniare Revista chilena de ingeniería*. 2014;22(1):6-13. ISSN 0718-3305.
17. Panjon Quinde LA. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la Proyección Espacial del Sistema de Distribución Eléctrica en la ciudad de Sucúa, Ecuador. Quito, Ecuador. Universidad San Francisco de Quito.
18. Smallwood C, et al. The Benefits of Inspection: How One Utility Developed and Implemented an Underground Distribution Inspection and Maintenance Program. *IEEE Industry Applications Magazine*. 2016;22(9):32-42. ISSN 1077-2618.
19. Osterlund LO, et al. Under the Hood: An Overview of the Common Information Model Data Exchanges. *IEEE Power and Energy Magazine*. 2016;4(1):68-82. ISSN 1540-7977.
20. Uslar M, et al. The Common Information Model CIM IEC 61968/61970 and 62325 – A Practical Introduction to the CIM. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 2012. ISBN 978-3-642-25215-0.
21. Machado García N, et al. Recuperación de objetos geoespaciales utilizando medidas de similitud semántica. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. 2014;8(2):132-43. ISSN 1994-1536.

22. Smiraglia R. Domain analysis for knowledge organization: tools for ontology extraction: Chandos Publishing; 2015. ISBN 978-0-08-100150-9.
23. Neches R, et al. Enabling technology for knowledge sharing. *AI Magazine*. 1991;12(3):36-76. ISSN 0738-4602.
24. Larín Fonseca R, Garea Llano E. Enfoque de integración semántica de datos geoespaciales a bajo nivel de abstracción. *Informática*; 2013. La Habana, Cuba.
25. Tolaba AC, et al. Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*. 2014;14:101-16. ISSN 1646-9895.
26. Sánchez Fleitas N, et al. Base ontológica para el desarrollo del sistema de información geográfica de la Unión Eléctrica. En: XVI Convención y Feria Internacional Informática 2016 La Habana, Cuba.
27. Guzmán Luna JA, et al. Metodologías y métodos para la construcción de ontologías. *Scientia et Technica* Año. 2012;XVII(50):133-40. ISSN 0122-1701.
28. Fernandez M, Gómez Pérez A. Overview and analysis of methodologies for building ontologies. *The Knowledge Engineering Review*. 2002;12(2):129-56. ISSN 1469-8005.
29. Larín Fonseca R. Nuevo tipo de ontología para la representación semántica de objetos geoespaciales. *Reporte Técnico Reconocimiento de Patrones*. 2013. ISSN 2072-6287.