

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LOS PROCESOS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO EN PROCESOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

AUTORES: Nayi Sánchez Fleitas¹
Raúl Comas Rodríguez²
María Matilde García Lorenzo³
Amanda Riverol Quesada⁴

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: raulcomasrodriguez@gmail.com

Fecha de recepción: 12-05/2018

Fecha de aceptación: 03-07-2018

RESUMEN

La electricidad juega un rol importante en la satisfacción de las necesidades de las personas y constituye un medio para elevar nivel de vida de la población; su obtención se requiere de una complicada infraestructura. Las empresas eléctricas necesitan métodos eficaces de visualizar información necesaria en su gestión. El objetivo de esta investigación es desarrollar una ontología que aporte la base conceptual del conocimiento en el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para los procesos de transmisión y distribución de la energía eléctrica en Cuba. Para ello se desarrolló una ontología ligera, donde se definen los conceptos y taxonomías, para los procesos de transmisión y distribución de energía eléctrica. La metodología utilizada para el desarrollo de la ontología fue Methontology por ser de los más difundidos, maduros y técnicos para el proceso de desarrollo. La conceptualización se realiza con la herramienta Protégé 3.4.4, que incluye el OWL (Ontology Web Language) y el OWL-DL (basado en lógicas descriptivas). La calidad final del SIG es verificada de acuerdo a los estándares de calidad de la norma ISO-9126:2002. Este sistema tiene un carácter nacional y es aplicable a las distintas áreas que dividen las empresas eléctricas.

PALABRAS CLAVE: Ontología; Energía eléctrica; Sistema de información geográfica

THE KNOWLEDGE CONSTRUCTION IN THE TRANSMITION AND DISTRIBUTION PROCCES OF THE ELECTRIC ENERGY

ABSTRACT

¹ Licenciada en Ciencias de la Computación, Candidata a Doctora en Ciencias de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cargo: Analista de Sistemas, ATI SS, Sancti Spíritus, Cuba. E-mail: nayi78@gmail.com

² Licenciado en Ciencias de la Computación, Máster en Dirección y Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Analista de Investigación de la dirección de Investigación en la Uniandes, Tungurahua, Ecuador. E-mail: raulcomasrodriguez@gmail.com

³ Licenciada en Ciencias de la Computación, Doctora en Ciencias Técnicas, profesora Titular, Centro de Estudios de Informática, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Villa Clara, Cuba. E-mail: mmgarcia@uclv.edu.cu

⁴ Licenciada en Ciencias de la Computación, cursa la maestría en Ciencias de la Computación, profesora Asistente, Departamento de Informática, Universidad de Cienfuegos, Cuba. E-mail: ariverol@ucf.edu.cu

The Electricity have an important role in meeting the needs of people and is a means to raise the standard of living of the population; obtaining it requires a complicated infrastructure. Power companies need effective methods of visualizing information necessary in their management. The objective of this research is to develop an ontology that provides the conceptual basis of knowledge for the development of a Geographic Information System for the processes of transmission and distribution of electrical energy in Cuba. For this, a light ontology was developed, where the concepts and taxonomies are defined, for the processes of transmission and distribution of electric energy. The methodology used for the development of ontology was Methontology for being the most widespread, mature and technical for the development process. Conceptualization is done with the Protégé 3.4.4 tool, which includes OWL (Ontology Web Language) and OWL-DL (based on descriptive logics). The final quality of the GIS is verified according to the quality standards of ISO-9126: 2002. This system has a national character and is applicable to the different areas that divide electric companies.

KEYWORDS: Ontology; Electric energy; Geographic information system.

INTRODUCCIÓN

Desde su descubrimiento la energía eléctrica ha sido determinante para el desarrollo de la civilización (Morell Pérez, 2005). La electricidad juega un rol importante en la satisfacción de las necesidades de las personas y constituye un medio para elevar nivel de vida de la población (González, Pérez, Vásquez Stanescu, & Araujo, 2014). Para su obtención se requiere de una complicada infraestructura (Ibarra Ruiz, 2013).

El Sistema de Gestión Empresarial de la Unión Eléctrica (SIGE) se ha enfocado en el proceso de automatización de los procesos eléctricos (Fernández Álvarez, 2011). El Sistema Integral de Gestión de Redes (SIGERE) y el Sistema Integral de Gestión de la ECIE (SIGECIE) son los principales subsistemas del SIGE. La función del SIGERE y el SIGECIE es recoger datos técnicos, económicos y de gestión para convertirlos en información. Los datos recopilados facilitan y mejoran la eficiencia en la operación, explotación, análisis, planificación y gestión de las redes eléctricas de distribución y transmisión. El SIGERE y el SIGECIE constituyen las bases de datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que forma parte del SIGE. En este sentido, un SIG es una colección organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, análisis espacial y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada (Garea Llano, 2007).

El desarrollo del SIG comienza el 2001 con una primera versión que contaba con 220 opciones de búsqueda, llamada SIGOBE 1.0. Para el desarrollo y actualización de este proyecto se analizan los antecedentes de los SIG vinculados a la energía presentes en la literatura, y se reúne un grupo de expertos con experiencia del tema, encontrando como principales limitaciones las siguientes:

- Necesidad de integrar las entidades geográficas que conforman la cartografía digital del sistema eléctrico.
- No existe una 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.

- Las relaciones funcionales de los elementos del sistema eléctrico en la base de datos deben ser descrita.
- Necesidad de integrar los conceptos importantes para el sistema eléctrico dentro de la base datos.

Por otro lado, en un sistema de gestión empresarial es necesario estandarizar todos los aspectos, en especial, la construcción de la arquitectura del sistema (Silega Martínez, Macías Hernández, Matos, & Febles, 2014). El análisis realizado permite definir como objetivo de la investigación: desarrollar una ontología que aporte la base conceptual del conocimiento en el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para los procesos de transmisión y distribución de la energía eléctrica en Cuba.

DESARROLLO

El interés por el estudio de los SIG ha aumentado en los últimos tiempos gracias a la introducción de nuevas tecnologías (Yusoff, Abdullah, & Din, 2015). El desarrollo de los sistemas de información geográfica se realiza generalmente enfocado a un contexto particular y restringido a un dominio específico que genera problemas de interpretación. Objetos con las mismas características pueden ser definidos por diferentes comunidades según su punto de vista y suposiciones acerca del dominio de estudio, que provoca problemas de comunicación por falta de entendimiento compartido (Durango Vanegas, 2015; Larin Fonseca & Garea Llano, 2009).

Los SIG en el sector eléctrico se utilizan desde la década de los 90, como una continuación de los sistemas de gestión de instalaciones y mapas (AM/FM) que, en adición al manejo de la conectividad entre instalaciones, representan la dependencia espacial de los datos, principalmente en el manejo de polígonos y áreas cerradas (Fernández Álvarez, 2011). Con el tiempo, los sistemas de información geográfica se han utilizados en los diferentes procesos dentro de las empresas distribuidoras de energía. En la Tabla se muestran los SIG consultados en la literatura, desarrollados en el mundo, que se utilizan en empresas distribuidoras de energía que han contribuido al desarrollo del sector.

Uno de los problemas más importantes detectados en las diferentes investigaciones realizadas son los derivados de la heterogeneidad e interoperabilidad de los datos (Machado García, González Ruiz & Balmaseda Espinosa, 2014). Para su solución, una estrategia cada vez más dominante, en la organización de la información, está asociado con el término "ontología" (Smiraglia, 2015). La palabra ontología proviene del griego y significa "estudio del ser" (Fernández, 2003). Los primeros en desarrollar sus fundamentos son los filósofos griegos Sócrates y Aristóteles. Sócrates introdujo la noción de ideas abstractas, una jerarquía entre ellas, y relaciones clase – instancia. Aristóteles agregó asociaciones lógicas (Vera & Garea Llano, 2009).

En la computación, tomando su nombre por analogía de la filosofía, la primera definición de ontologías le corresponde a Neches, et al: "Una ontología define los términos 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" (Neches et al., 1991).

Tabla 1. SIG utilizados en empresas distribuidoras de energía.

SIG	Descripción	Limitaciones
-----	-------------	--------------

Integración regional de las energías renovables en la producción descentralizada de electricidad. (Amador, 2000)	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., CNFL, S.A. Costa Rica. (Andrés Jácome, 2008)	SIG para análisis del consumo eléctrico y la carga	Se enfoca preferentemente en el área comercial
Modelo para la integración del GIS (Sanhueza Hormazábal & Estrada Ramírez, 2014)	Modelo para la construcción de un SIG desde su base relacional hasta las capas cartográficas con herramientas CAD. Utiliza los formatos vectorial y raster	Su representación equivale al sistema radial, excluyendo el mayado. Es solo para la media tensión. Los elementos se encuentran
SIG del proyecto SIGDE, de la ciudad de Sacúa, Ecuador (Panjon Quinde, 2015)	Para la proyección de la demanda eléctrica.	Se enfoca en el estudio de los propietarios de las tierras y su uso La interfaz es por medio de herramientas CAD.
PADEE 2016. Programa de Planos Inteligentes (INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN MATMOR C.A, 2016)	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) – WindMilMap de Milsoft Utility Solutions(Smallwood, Wennermark, & Menzel, 2016)	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.

En este sentido, en el 2009 se presenta Sistema de Información Geográfica Gobernados por Ontología Integrada (SIGGOI) en los que solo existe una componente, la ontología. Ellos incluyen una capa que engloba la información y enlaza semánticamente y de forma integradora las restantes componentes, pero además es capaz de contener a sus correspondientes metadatos (Larin Fonseca & Garea Llano, 2009).

En el 2013, Larin publica un enfoque de integración semántica de datos geospaciales a bajo nivel de abstracción. Esta se basa en el uso de la Ontología de Representación de Datos (ORD) para la representación explícita de la naturaleza semántica de los geo-datos y las relaciones entre

ellos y posteriormente su vinculación con las diferentes Ontologías de Niveles Superiores (ONS) en dependencia del enfoque de integración semántica a alto nivel utilizado (Larin Fonseca & Garea Llano, 2013)

En el 2014, en correspondencia del desarrollo obtenido, Tolaba et al (Tolaba, Caliusco, & Galli, 2014) propone la Meta-ontología geoespacial, una 5-tupla Meta-ontology = {C, R, A, X, I} formada por un conjunto de conceptos, relaciones, atributos, axiomas, reglas e instancias. La Integración Semántica facilita un procesamiento y análisis de los datos de manera más eficiente evitando los problemas de compatibilidad y disminuyendo la brecha semántica existente en el entendimiento hombre-máquina (Larín Fonseca, 2012).

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 la base de datos de forma clara y coherente, se puede mejorar las ontologías con más conocimiento del dominio y aprovechar que las ontologías tienen un lenguaje más próximo al que entienden los seres humanos.

Construcción de la ontología

La aplicación de las ontologías con la información geográfica es necesaria por sus ventajas: 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 el desarrollo de la Ontología se estudiaron varias metodologías consultadas en la literatura que se muestran en la tabla 2.

De acuerdo con Fernandez y Gómez Pérez, el método Methontology es uno de los más difundidos, maduros y técnicos para el proceso de desarrollo de ontologías, por lo que se asume como método a utilizar en la presente investigación (Fernandez & Gómez Pérez, 2002).

La conceptualización de la ontología se realizó con la herramienta Protégé 3.4.4. Este editor de ontologías fue desarrollado por la Universidad de Stanford. Se escoge esta herramienta por la transparencia de su trabajo, los múltiples lenguajes que soporta que incluye el OWL (Ontology Web Language) y el OWL-DL (basado en lógicas descriptivas). La herramienta cuenta con un entorno abierto y fácil de entender. Según autores consultados, es considerada como una de las herramientas más usadas (Tudorache, 2008).

La Ontología desarrollada tiene la característica de ser ligera, por tanto en la conceptualización tenemos solamente conceptos, con su taxonomía y relaciones (propiedades de objetos), los demás componentes del modelo de la ontología (las propiedades de datos, instancias y axiomas) están en las bases de datos que se nutre el sistema. En el caso de los axiomas por el momento no se tienen en cuenta pero pueden ser útiles en un seguimiento futuro del sistema.

Tabla 2. Metodologías estudiadas

Método	Descripción
Método Cyc (Lenat & Guha, 1989)	Se divide en dos pasos (deja la mayor parte de la codificación a las herramientas): <ol style="list-style-type: none"> 1. Conseguir el conocimiento común de las diferentes fuentes 2. Extrae el nuevo conocimiento común usando herramientas de

	aprendizaje computacional o procesamiento de lenguaje natural
Método de Uschold y King (Uschold & King, 1995)	Identifica 6 pasos para la construcción de ontologías (se pueden usar otras ontologías para crear la nueva): Identificar el propósito; Capturar los conceptos y relaciones entre estos conceptos y los términos utilizados para referirse a estos conceptos y relaciones; Codificar la ontología; Fusionar ontologías existentes; Evaluar la ontología; y Documentar la ontología.
Metodología de Grüninger y Fox (Grüninger & Fox, 1996)	Es una metodología muy formal que se representa por medio del Prolog. Se usó para elaborar la ontología TOVE: Escenarios motivantes; Cuestiones informales de competencia; Terminología formal; Cuestiones formales de competencia; Axiomas formales; y Teoremas de completitud
Methontology (Fernandez & Gómez Pérez, 2002)	En esta metodología se plantea la elaboración de ontologías desde el nivel 0, utiliza la reutilización de ontología y el proceso de reingeniería. Los pasos de Methontology son los siguientes: Especificación, Conceptualización, Formalización, Implementación y Mantenimiento
OntoMN (Rojas, Montilva, & Barrios, 2009)	Esta metodología está orientada al modelado de negocios, cuenta con tres modelos básicos que describen: los actores, el producto y los procesos.
Metodología SENSUS (Swartout, Patil, Knight, & Russ, 1997)	Es un enfoque top-down para derivar ontologías específicas del dominio a partir de grandes ontologías. Esta metodología utiliza un enfoque top-down para obtener a partir de grandes ontologías una ontología de dominio. Recomienda los pasos siguientes: <ol style="list-style-type: none"> 1. Tomar una serie de términos como semillas. 2. Enlazarlos manualmente. 3. Incluir todos los conceptos en el camino que va de la raíz de Sensus a los conceptos semilla. 4. Añadir nuevos términos relevantes del dominio. 5. Opcionalmente, añadir para aquellos nodos por los que pasan más caminos su subárbol inferior.
Metodología On-To-Knowledge (S. Staab, Schnurr, Studer, & Sure, 2001)	El proyecto OTK aplica ontologías para la información digital con el objetivo de mejorar la gestión de conocimiento en grandes organizaciones. Los siguientes pasos son recomendados por esta metodología: Estudio de viabilidad, Comienzo, Refinamiento y Evaluación.
TERMINAE (Aussenac-Gilles, Biebow, & Szulman, 2002)	Además de una metodología incluye herramientas para la elaboración de ontologías a partir de textos, destacándose: Syntex y Caméléon utilizadas para identificar relaciones y términos o roles respectivamente.

En la Figura 1 se identifican los conceptos (o también llamadas clases) de la ontología organizados taxonómicamente, es un tipo de relación donde la forma de vínculo es el término “is

a” (“es un” en español). Es importante destacar la existencia de dos grandes grupos de conceptos, los puramente geográficos y los que son geográficos pero pertenecen al sistema eléctrico.

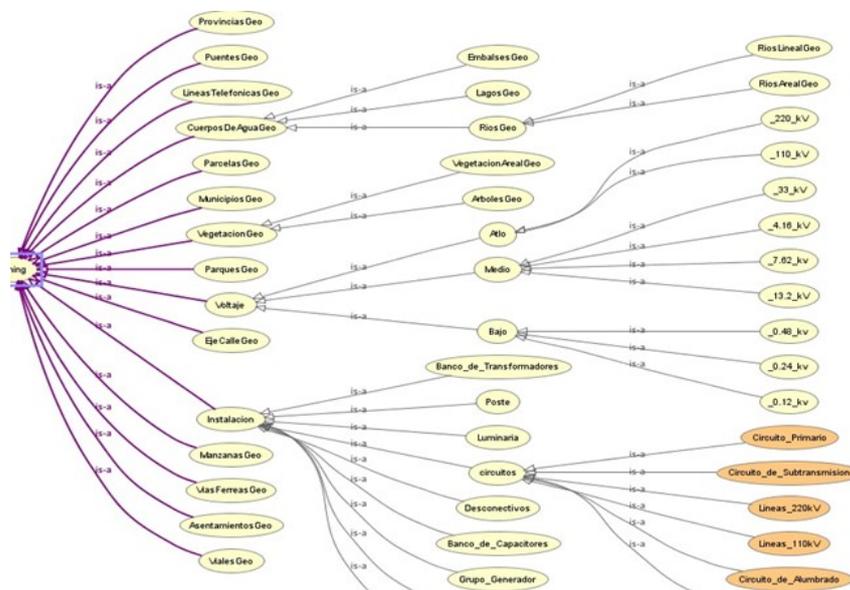


Figura. 1: Esquema que representa los conceptos, taxonomía y relaciones de la ontología propuesta.

Otro de los componentes descritos en la ontología son las relaciones o propiedades de objetos (Object Properties). En la tabla 3 se muestran las relaciones definidas.

Tabla 3: Relaciones identificadas en la ontología

Función	Inversa	Ejemplo
alimenta	alimentada_por	Un circuito alimenta a un Banco de Transformadores
alimentada_por	alimenta	Un Banco de transformadores es alimentado por un Circuito
contiene		Una subestación contiene una caseta de control
esta_contenido_en	contiene	La caseta de control está contenida en la subestación
dista_de		Un banco está a una distancia de la subestación
intersecta		La línea telefónica intersecta la línea eléctrica
pertenece_a	Tiene	Un transformador pertenece a un banco de transformadores
Tiene	pertenece_a	Un banco de transformadores tiene transformadores

Las Ontologías, basado en lógicas descriptivas, han sido introducidas para capturar el conocimiento de dominios(Kavouras, Kokla, & Tomai, 2003). La mayor ventaja de las lógicas

descriptivas se deriva de la expresividad, permitiendo la posibilidad de utilizar los conceptos y las relaciones para definir nuevos conceptos. (Steffen Staab, 2011) En la traducción de las ontologías a lógicas descriptivas se utiliza una abreviatura de los nombres como ejemplificamos en la tabla 4.

Tabla 4: Estilos a utilizar en el documento

Concepto	Abreviatura
BancoTransformadores	BT
BancoCapacitores	BC
Transformadores	T
TransformadorPotencia	TP
TransformadorMonofásico	TMon
TransformadoresBajoaislamiento	Baj_Aislam
Circuito	Cto
CircuitoAlumbrado	CtoA
Provincia	Prov

Para la representación como lógicas descriptivas se utilizan los operadores siguientes:

- \cap : Intercepción entre conceptos
- \neg : Negación
- \exists : Existe por
- \forall Para todo

Un ejemplo sería: $(T \cap TP \cap TMon) \neg CtoA$ Transformadores de potencia monofásicos que no tienen salida a circuitos de alumbrado

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 contruidos por el hombre que de una forma u otra pueden incidir sobre el buen funcionamiento del sistema eléctrico. También encontramos 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. En la figura

2 se muestra el diagrama de clases de los elementos eléctricos básicos según su representación geográfica, con la división de las clases en estos tres paquetes.

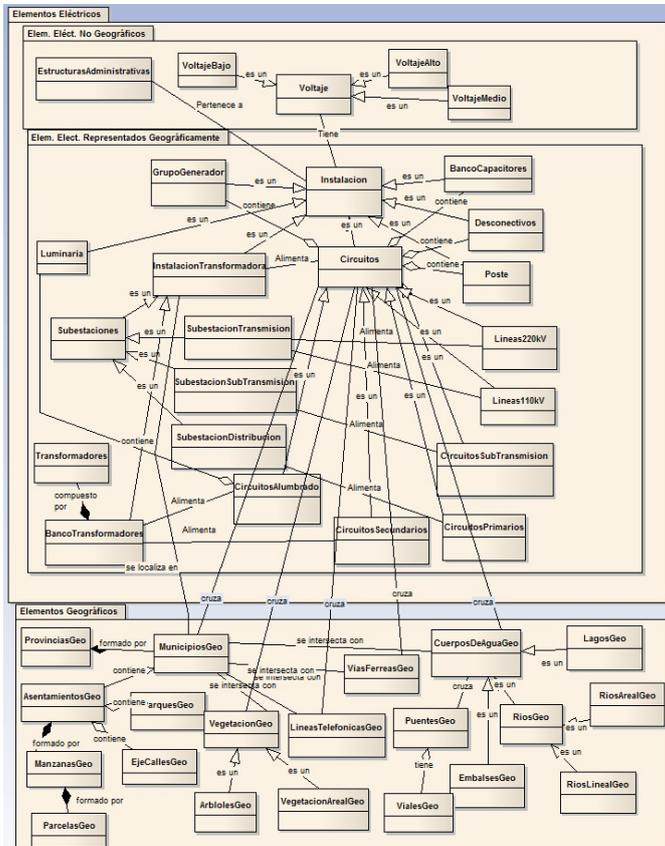


Figura. 2: Elementos eléctricos básicos según su representación geográfica

Al realizar la petición de consulta en lenguaje natural el sistema procesará el texto, y si logra resolver la pregunta, crea un mapa temático donde quede resaltada la búsqueda realizada por el usuario, y muestra una leyenda. El paquete de clases que procesa el lenguaje natural, está formado por las clases *TSynonymList*, *TIdentifyConceptsRelations*, *TOrganizeConceptsRelations* que son las encargadas de realizar el análisis léxico, sintáctico y semántico.

Se exceptúa del proceso el análisis morfológico, porque el enfoque se centra en búsqueda o localizaciones de entidades eléctricas, geográficas o combinaciones de ambas; donde las variaciones de las palabras en cuanto a su lexema no son significativos y se puede controlar a través de las listas de sinónimos que almacenan.

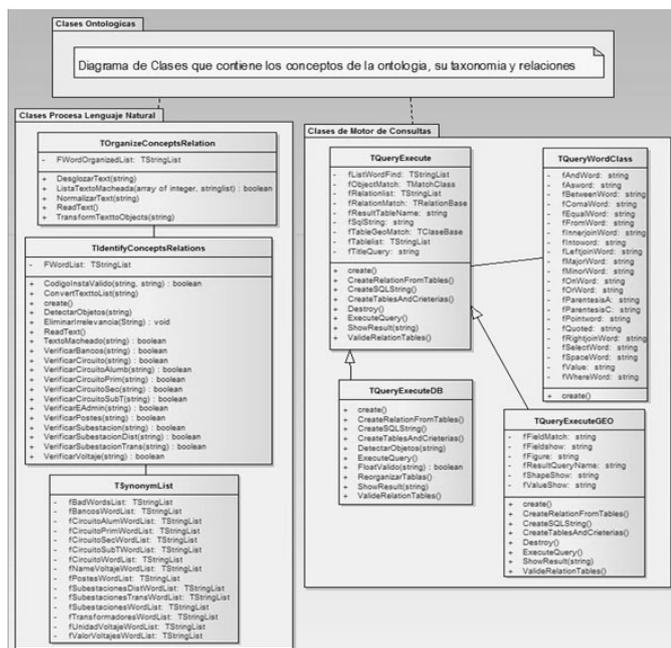


Figura. 3: Diagrama de clases que contiene los conceptos de la ontología, su taxonomía y relaciones.

El SIG desarrollado tiene carácter nacional y es aplicable a las distintas áreas que dividen las empresas eléctricas. Brinda 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 rurales, 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.

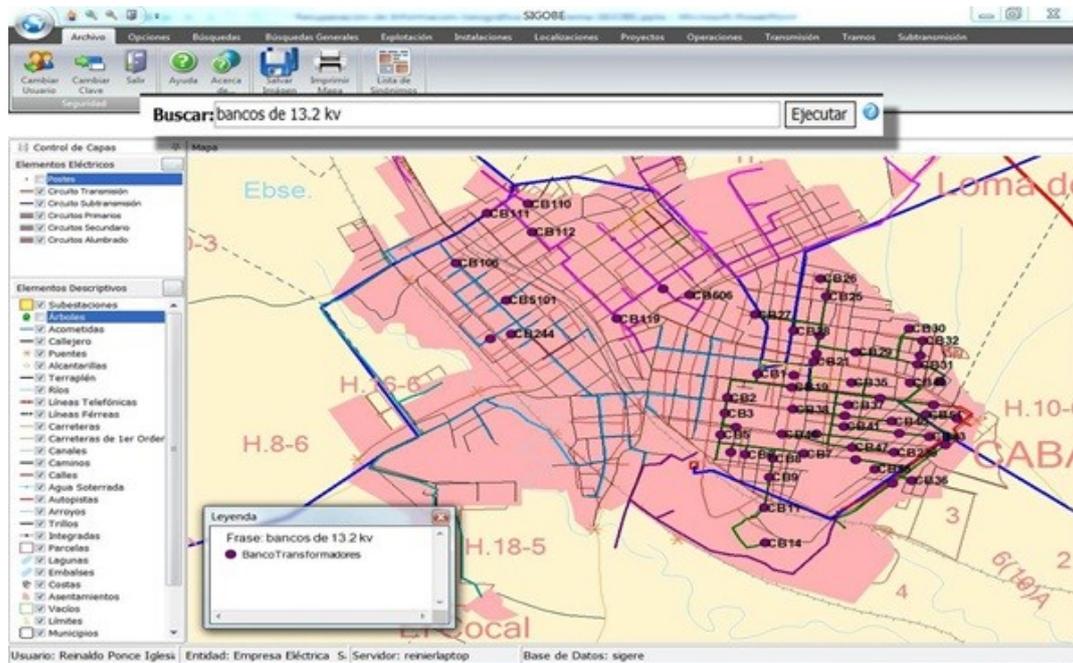


Figura. 4: Pantalla del SIG

Verificación de requerimientos de calidad de software.

Para la evaluación de la calidad de software se utiliza un modelo de evaluación propuesto por Guzmán (Guzmán, 2009) basado en la ISO-9126:2002 que caracteriza los sistemas informáticos (Software engineering -Product quality - Part 1., 2002). La ISO-9126:2002 es un estándar oficial, aprobado y validado que pretende establecer un estándar internacional para la evaluación de la calidad de sistemas informáticos haciendo uso de indicadores métricos. La Tabla 5 refleja los resultados obtenidos en la evaluación.

Tabla 5: Evaluación de los atributos de Calidad de Software

	Atributos de calidad externa e interna (At)						Totales
	Funcionalidad	Confiabilidad	Usabilidad	Eficiencia	Capacidad de mantenimiento	Portabilidad	
Punt	10	10	10	10	10	8	58
	Atributos de calidad en uso (Au)						
	Eficacia		Productividad	Satisfacción	Seguridad		
Punt	9		10	10	9.5		38.5
Puntaje total							96.5

Al concluir el proceso de evaluación en cada uno de los indicadores se obtiene como resultado que el sistema cumple a un 96.5% los indicadores. En la investigación los atributos evaluados sobre calidad externa e interna obtienen un valor de 10% en sus parámetros, exceptuando la portabilidad que alcanza un 8%. Los atributos que evalúan la calidad de uso: la productividad y la satisfacción obtienen un 10%, eficacia un 9% y seguridad un 9,5%.

CONCLUSIONES

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. 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.

La evaluación de la calidad de la funcionalidad desarrollada, mediante los estándares de la norma ISO/IEC 9126:2002, así como el análisis realizado por un grupo de especialistas de contenido, permitió corroborar la capacidad de la aplicación para dar solución las peticiones geográficas de los especialistas de las empresas eléctricas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, J. (2000). *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*. (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Andrés Jácome, L. F. (2008). *Análisis y proyección de la demanda eléctrica de un sistema de distribución para la planificación de obras, utilizando el sistema de información geográfico (SIG)*. Paper presented at the Congreso Latinoamericano de Distribución Eléctrica (CLADE), Costa Rica.
- Aussenac-Gilles, N., Biebow, B., & Szulman, S. (2002). *Modelling the traveling domain from a NLP description with Terminae*. Paper presented at the Workshop on Evaluation of Ontology Tools, European Knowledge Acquisition Workshop, Sigüenza, Spain.
- Bernaras, A., Laresgoiti, I., & Corera, J. (1996). *Building and Reusing Ontologies for Electrical. Network Applications*. Paper presented at the Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence (ECAI96). Budapest, Hungary.
- Durango Vanegas, C. E. (2015). Asociación de datos espacio-temporales en bases de datos Oracle. *Ingenierías USBmed*, 5(2), 100-108.
- Fernández Álvarez, R. (2011). *Informatización de la Gestión de las Redes Eléctricas*. (Tesis Doctoral), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara.
- Fernández, J. T. (2003). *Un Entorno de Integración de Ontologías para el Desarrollo de Sistemas de Gestión de Conocimiento*. (Tesis Doctoral), UNIVERSIDAD DE MURCIA, Murcia.
- Fernandez, M., & Gómez Pérez, A. (2002). Overview and analysis of methodologies for building ontologies. *The Knowledge Engineering Review*, 17(2), 129-156.
- Garea Llano, E. (2007). Estado actual de la interpretación semántica de datos espaciales. *Blue Series. Pattern Recognition. RNPS No. 2142*.
- González, C., Pérez, R., Vásquez Stanesco, C., & Araujo, G. (2014). *Eficiencia energética: Uso racional de la energía eléctrica en el sector administrativo*: Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.
- Gruninger, M., & Fox, M. S. (1996). The Logic of Enterprise Modelling. In P. Bernus & L. Nemes (Eds.), *Modelling and Methodologies for Enterprise Integration: Proceedings of the IFIP TC5 Working Conference on Models and Methodologies for Enterprise Integration, Queensland, Australia, November 1995* (pp. 140-157). Boston, MA: Springer US.
- Guzmán, Y. M. (2009). *Modelo de evaluación para software que emplean indicadores métricos en la vigilancia científico-tecnológica*.
- Ibarra Ruiz, G. C. (2013). Aplicaciones del sistema de información geo referenciado en el Ecuador. *Revista Científica Yachana*, 2(2), 279–282.
- INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN MATMOR C.A. (2016). Software para el Análisis, Diseño y planificación de las redes de distribución de energía eléctrica en media y baja tensión basado en CAD-CAE-GIS. from <http://padeepro.com/>
- Kavouras, M., Kokla, M., & Tomai, E. (2003). Comparing categories among geographic ontologies. *Computers & Geosciences, Special Issue, Geospatial Research in Europe: AGILE*.
- Larín Fonseca, R. (2012). *Nuevo tipo de ontología para la representación semántica de objetos geoespaciales*. (Tesis Doctoral), Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias. Instituto Técnico Militar "José Martí", La Habana.
- Larín Fonseca, R., & Garea Llano, E. (2009). Integración semántica de datos espaciales con sistemas de información geográfica. In S. Azul (Ed.), *Reconocimiento de Patrones* (Vol. 2142). Ciudad de La Habana, Cuba: CENATAV.
- Larín Fonseca, R., & Garea Llano, E. (2013). *Enfoque de integración semántica de datos geoespaciales a bajo nivel de abstracción*. Paper presented at the Informática 2013, La Habana, Cuba.
- Lenat, D. B., & Guha, R. V. (1989). *Building large knowledge-based systems; representation and inference in the cyc project*: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Machado García, N., González Ruiz, L., & Balmaseda Espinosa, C. (2014). Recuperación de objetos geoespaciales utilizando medidas de similitud semántica. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8(2), 132 - 143.
- Morell Pérez, C. A. (2005). *Extensiones al razonamiento basado en casos para su aplicación en la planificación de procesos*. (Tesis Doctoral), Universidad "Marta Abreu" de las Villas, Santa Clara, Villa Clara.
- Neches, R., Fikes, R. E., Finin, T., Gruber, T. R., Senator, T., & Swartout, W. R. (1991). Enabling technology for knowledge sharing. *AI Magazine*, 12(3), 36-56.

- Panjon Quinde, L. A. (2015). *Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la Proyección Espacial del Sistema de Distribución Eléctrica en la ciudad de Sucúa, Ecuador*. (Tesis de Maestría), Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Rojas, M., Montilva, J., & Barrios, J. (2009). ONTOMN: un método para hacer ontologías durante el modelado de negocio. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 13(1).
- Sanhueza Hormazábal, R., & Estrada Ramírez, M. (2014). Integración de un sistema de información geográfica en la planificación y gestión de los sistemas de distribución eléctrica. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(1), 6-13.
- Silega Martínez, N., Macías Hernández, D., Matos, Y., & Febles, J. P. (2014). Framework basado en MDA y ontologías para la representación y validación de modelos de componentes. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8, 102-116.
- Smallwood, C., Wennermark, J., & Menzel, C. (2016). The benefits of inspection: how one utility developed and implemented an underground distribution inspection and maintenance program. *IEEE Industry Applications Magazine*, 22(9), 32 - 42. doi: 10.1109/MIAS.2015.2459106
- Smiraglia, R. P. (2015). *Domain Analysis for Knowledge Organization Tools for Ontology Extraction*: Elsevier Ltd.
- Software engineering -Product quality - Part 1*. (2002). Quality model.
- Staab, S. (2011). *Ontologies and Similarity*. Paper presented at the 19th International Conference on Case-Based Reasoning, ICCBR 2011, London, UK,.
- Staab, S., Schnurr, H. P., Studer, R., & Sure, Y. (2001). Knowledge Processes and Ontologies. *IEEE Intelligent Systems*, 16(1).
- Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1997). *Toward distributed use of large-scale ontologies*. Paper presented at the AAAI-97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering.
- Tolaba, A. C., Calusco, M. L., & Galli, M. R. (2014). Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 14, 101-116.
- Tudorache, T. (2008). *Supporting Collaborative Ontology Development in Protégé*. Paper presented at the 7th International Conference on The Semantic Web Germany
- Uschold, M., & King, M. (1995). *Towards a methodology for building ontologies*. Paper presented at the In Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, held in conjunction with IJCAI-95.
- Vera, F., & Garea Llano, E. (2009). Alineamiento de ontologías en el dominio geoespacial. In S. Azul (Ed.), *Reconocimiento de Patrones* (Vol. 2142, pp. 74). Ciudad de La Habana, Cuba: CENATAV.
- Yusoff, A., Abdullah, S., & Din, N. M. (2015). *A Taxonomy on Knowledge-based Geographical Information System (GIS) for a Cloud-based Disaster Management Environment*. Paper presented at the The 3rd National Graduate Conference (NatGrad2015), Universiti Tenaga Nasional, Putrajaya Campus.

