

REPRESENTACIÓN ONTOLÓGICA DE CONOCIMIENTO TÉCNICO

A. R. Ghisays¹, Ing. Electrónica, M. C. Barrera², Ing. Sistemas, C. Sarmiento³, Ing. Sistemas-MSc. Ing. Sistemas y Computación, R. A. Soto⁴, Ing. Electricista-MSc Ing. Eléctrica, O. G. Duarte⁵, Ing. Electricista-MSc. Automatización Industrial-Phd. Informática, Universidad Nacional de Colombia.

Recibido julio 23, 2012 – Aceptado, Noviembre 21, 2012

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v7n1.a08>

Resumen— En este documento se muestra una representación de conocimiento técnico de un programa curricular utilizando Ontologías. Actualmente no se cuenta con una representación completa que permita visualizar las complejas relaciones existentes en un programa curricular, el cual consta de: conceptos técnicos, plan de estudios, habilidades impartidas y reglamentación de la institución. Las ontologías son utilizadas para modelar sistemas aunque sean complejos, permitiendo representar un dominio específico. Por esta razón, se usan las ontologías para construir una representación del programa curricular de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia. Este documento describe resultados parciales del proyecto, donde se representa el conocimiento técnico, exponiendo una estructura ontológica que puede aplicarse a otras áreas de la ingeniería. La ontología construida permite diseñar herramientas con diversos propósitos tales como: comparación de programas curriculares, acompañamiento a estudiantes, visualización de relaciones entre elementos del dominio, diseño y comparación de perfiles académicos y profesionales, entre otros.

Palabras Claves— *Conocimiento técnico, Ingeniería Eléctrica, Ontologías, Programa curricular, Representación de conocimiento.*

¹ A. Ghisays es estudiante de la Maestría en Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: arghisaysa@unal.edu.co

² M. Barrera es estudiante de la Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: mcbarrerab@unal.edu.co

³ C. Sarmiento es estudiante de Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: csarmientog@unal.edu.co

⁴ R. Soto es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14086, e-mail: rasotop@unal.edu.co

⁵ O. Duarte es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: ogduartev@unal.edu.co

Abstract— This paper shows a representation of a curriculum technical knowledge using ontologies. Currently there is not a complete representation that allows visualizing the complex relationships in a curriculum, which includes: technical concepts, syllabus, taught skills and regulations of the institution. Ontologies are used to model complex systems even if they are complex, allowing the representation of a specific domain. For this reason ontologies are used to construct a representation of Electrical Engineering curriculum from the Universidad Nacional de Colombia. This paper describes partial results of the project where technical knowledge is represented by exposing an ontological structure that can be applied to other areas of engineering. The ontology allows to design and built tools for various purposes such as comparison of curricula, student support, visualization of relationships between elements of the domain, creation and comparison of academic and professional profiles, among others.

Keywords— *Curriculum, Electrical Engineering, knowledge Representation, Ontologies, Thecnical knowledge.*

I. INTRODUCCIÓN

Un ejemplo claro del uso de ontologías para la representación del conocimiento, es la forma como la Web Semántica las utiliza para enriquecer semánticamente los datos de la Web actual [1], haciendo más fácil y ágil el proceso de búsquedas en Internet, al igual que la organización y codificación del conocimiento presente en la red.

En los últimos años se ha generado un cambio en el enfoque educativo, el cual busca mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta nueva perspectiva pedagógica adoptada por diversas instituciones educativas, se ha orientado a la formación de estudiantes autónomos en la construcción del conocimiento. Para contribuir al logro de este propósito, se ha encontrado en la ingeniería ontológica una herramienta de representación, que facilita la apropiación del conocimiento presente en un dominio.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, se ha utilizado la ingeniería ontológica en un proyecto que tiene como propósito la representación de un programa curricular de Ingeniería Eléctrica, a través de la implementación de cuatro ontologías que organizan los componentes de dicho programa. Estas ontologías corresponden a: *reglamentación* de la institución, *plan de estudios* del programa de pregrado de Ingeniería Eléctrica, *habilidades* que debe desarrollar el estudiante durante el curso de su programa académico y *conocimiento* técnico en el área de Ingeniería Eléctrica [2]. Aunque ésta representación está orientada a un programa curricular, el diseño de su estructura facilita su aplicación a cualquier programa curricular de Ingeniería.

La ontología que representa el *conocimiento* técnico en el área de Ingeniería Eléctrica, incluye los siguientes contenidos: teoría de circuitos, teoría electromagnética, componentes de circuitos (resistores, capacitores, inductores), máquinas eléctricas (transformadores, motores, generadores), técnicas de análisis de circuitos, detección de dispositivos e interacción de máquinas eléctricas con sistemas de potencia. En este documento se describen resultados parciales relacionados con ésta ontología, a través de la representación de las áreas de teoría de circuitos y teoría electromagnética.

Adicionalmente, se presentan dos importantes aplicaciones basadas en la representación ontológica del programa curricular de Ingeniería Eléctrica. Estas aplicaciones hacen referencia a un tutor académico automatizado como apoyo en los procesos de orientación académica a los estudiantes, relacionados con la selección de rutas de aprendizaje personalizadas y una metodología para definir perfiles académicos y profesionales de los egresados de éste programa curricular.

Este documento presenta en la sección II conceptos importantes sobre el programa curricular y una perspectiva general acerca de las ontologías. En la sección III se muestra la estructura de la ontología de conocimiento y un ejemplo aplicado a un caso práctico de Ingeniería Eléctrica. Dos importantes aplicaciones basadas en la ontología desarrollada son discutidas en la sección IV.

II. CONCEPTOS TEÓRICOS

A. Programa Curricular

Un programa curricular es un sistema abierto y dinámico compuesto por actividades, procesos, recursos, infraestructura, profesores, estudiantes, egresados, mecanismos de evaluación y estrategias de articulación con la sociedad,

mediante el cual se desarrolla un proceso que busca cumplir ciertos objetivos de formación en los estudiantes a través de sus planes de estudio (Acuerdo 033) [13]. En el contexto del proyecto descrito en este documento, se tendrán en cuenta aspectos que caracterizan un programa curricular y que están relacionados con la estructura de cursos, contenidos temáticos, habilidades y reglamentación.

La organización de un programa curricular, esencial para cualquier institución educativa, lo convierten en un sistema complejo, constituido no sólo por una lista de contenidos, sino que además es un modelo que orienta todas sus actividades académicas con el fin de asegurar la adecuada formación de los estudiantes. Por consiguiente, cada institución debe realizar el proceso de diseño y constante evaluación de sus programas curriculares, orientados al establecimiento y respaldo de los contenidos académicos y las actividades pedagógicas.

B. Ontologías

Existen diversas definiciones acerca del concepto de ontología. La definición de Gruber ha llegado a convertirse en una de las más citadas en la literatura y por la comunidad de ontologías: “Una ontología es una descripción formal de los conceptos y las relaciones entre conceptos” [14].

Gómez Pérez et al., presentan la siguiente definición: “Las ontologías tienen como propósito capturar el conocimiento consensual en una forma genérica, que puede ser reusado y compartido a través de aplicaciones de software y por grupos de personas. Éstas son usualmente construidas cooperativamente por diferentes grupos de personas en diferentes ubicaciones” [3].

La estructura que caracteriza las ontologías facilita la representación y gestión del conocimiento en objetos del mundo real. Sus componentes varían de acuerdo al dominio, y generalmente incluyen [14]:

- Clases: conjunto de objetos que describen los conceptos del dominio.
- Relaciones: representan las interacciones entre clases.
- Individuos: representan objetos determinados de una clase.
- Taxonomías: organización jerárquica de un conjunto de conceptos.
- Axiomas: usados para modelar sentencias que son siempre ciertas y que permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento.
- Atributos: describen los objetos.

La posibilidad que brindan las ontologías para representar el conocimiento de diversos dominios, ha permitido el desarrollo de aplicaciones exitosas en campos como la Medicina y la Bioinformática, logrando así que este conocimiento sea reutilizable y fácil de compartir [4]. Entre las aplicaciones de las ontologías en el campo Ingeniería se encuentran: EngMath [5], la cual contiene modelos matemáticos usados por ingenieros para analizar el comportamiento de sistemas físicos y Physys [6], desarrollada para modelar, simular y diseñar sistemas físicos.

Las ontologías han sido utilizadas con éxito en el modelamiento de sistemas complejos, por consiguiente han sido seleccionadas como la herramienta que facilitará el cumplimiento del objetivo propuesto en el proyecto que se está llevando a cabo, orientado a la representación de un programa curricular de Ingeniería Eléctrica.

III. ESTRUCTURA DE LA ONTOLOGÍA DE CONOCIMIENTO

De acuerdo a lo expresado en la sección anterior, la estructura de un programa curricular constituida por un conjunto de competencias, objetivos de formación, contenidos temáticos, criterios metodológicos y de evaluación, normatividad, entre otros, lo convierten en un sistema complejo. Existen representaciones de un programa curricular, como lo son bases de datos, árboles o listas de cursos, las cuales no permiten una completa visualización de sus principales componentes y las complejas relaciones existentes entre los mismos. Por lo anterior, se ha desarrollado la representación de un programa curricular de ingeniería usando las ontologías, como herramienta que facilita la representación del conocimiento presente en un dominio.

Esta representación ontológica ha sido desarrollada para el dominio de un programa curricular de pregrado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia, con el propósito de apoyar procesos de gestión académica tales como: evaluación de programas curriculares, apoyo a los estudiantes en la toma de decisiones asociadas con su desarrollo profesional y creación o modificación de programas curriculares. La estructura de esta representación está compuesta por cuatro ontologías relacionadas entre sí, y denominadas así: *Conocimiento* en el área de Ingeniería Eléctrica, *Plan de Estudios* de Ingeniería Eléctrica, *Habilidades* que desarrolla un estudiante durante el curso de su programa académico y *Reglamentación* de la institución [2]. Dicha estructura, involucra los principales

componentes del dominio y busca ser lo más completa posible.

El trabajo descrito en esta sección del documento está enfocado en el análisis y complemento de los contenidos temáticos relacionados con Teoría Electromagnética y Teoría de Circuitos, como parte de la ontología de *Conocimiento*. En esta ontología se intenta representar el conocimiento técnico de algunas de las asignaturas que constituyen el Plan de Estudios de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia.

Teniendo en cuenta la necesidad de crear una estructura general que facilite la clasificación de todos los aspectos que se harán parte de la representación del conocimiento técnico del dominio y que permita ser utilizada para la representación de programas curriculares en otras áreas de la ingeniería, se estableció la siguiente taxonomía de clases para la ontología de *Conocimiento*:

1. Sistema
 - a. Sistema Concreto.
 - b. Sistema Abstracto.
2. Metodología
 - a. Método.
 - b. Proceso.
 - c. Técnica.
 - d. Herramienta.
 - e. Norma Técnica
3. Modelo
 - a. Modelo Mental.
 - b. Modelo Gráfico.
 - c. Modelo Matemático.
 - d. Modelo Lingüístico.
4. Sistema Lógico
 - a. Teorema.
 - b. Axioma.
 - c. Postulado.
 - d. Principio.
 - e. Ley.
 - f. Explicación
 - i. Anotación.
 - ii. Aplicación.
 - iii. Ejemplo.
5. Fenómeno.
6. Material.
7. Constante.
8. Variable.
 - a. Variable Cinemática.
 - b. Variable Dinámica.
 - c. Variable Electromagnética.
 - d. Variable Termodinámica.
9. Unidad
 - a. Unidad Cinemática.

- b. Unidad Dinámica.
- c. Unidad Electromagnética.
- d. Unidad Termodinámica.

A continuación en la Fig. 1, se ilustran las diversas relaciones establecidas para vincular las diferentes clases que constituyen la taxonomía:

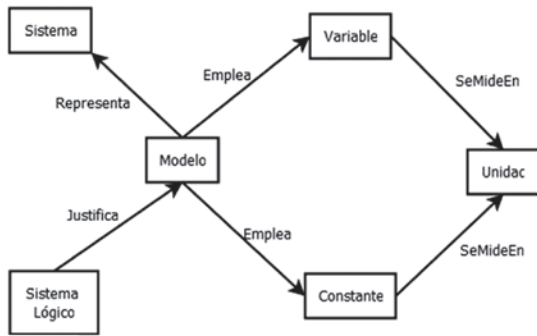
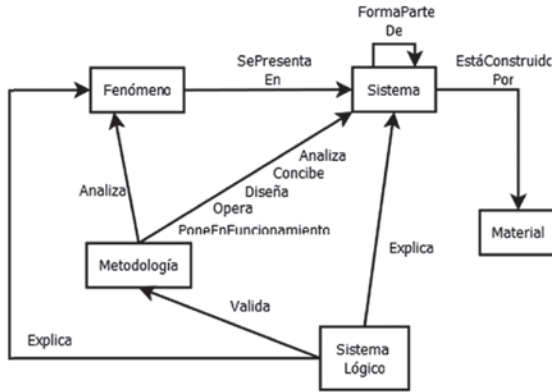


Fig.1. Relaciones existentes en la ontología de conocimiento

Posteriormente, se presenta un ejemplo que muestra la estructura de la taxonomía de clases definida en la ontología, aplicada a algunos aspectos relacionados con el capacitor (un componente básico en la teoría de circuitos). De forma similar, se aplica esta estructura en la representación del conocimiento técnico para el caso de la resistencia, el inductor y el amplificador operacional, entre muchos otros. Dada la organización de esta taxonomía, se facilitará su utilización en la representación de diversos contenidos temáticos impartidos en las aulas de clase.

El análisis del capacitor inicia con el establecimiento de todos los conceptos que tienen relación con este dispositivo, los cuales son posteriormente clasificados en la taxonomía de clases descrita previamente. La Tabla I muestra algunos de los conceptos definidos para este caso:

TABLA I
CATEGORIZACIÓN DE CONCEPTOS

Concepto	Categoría
Capacitor	Sistema
Capacitancia	Variable
Faradio	Unidad
Condensadores conectados en serie	Método
Condensadores conectados en paralelo	Método
Corriente de desplazamiento	Fenómeno
Dieléctrico	Material

Para cada categoría existe una taxonomía de conceptos. La Fig. 2 muestra la taxonomía del capacitor en la categoría sistema. De manera similar, todos los conceptos se les asignan una taxonomía dentro de la estructura general de la ontología. Este trabajo se realiza con ayuda de personal experto en el tema, los cuales realizan las respectivas evaluaciones para que la representación del conocimiento sea la adecuada.

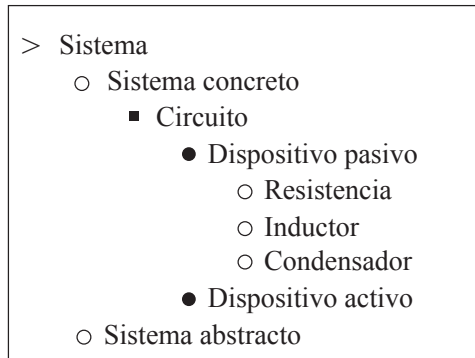


Fig.2. Taxonomía de la Clase Sistema

Una vez generadas y realizadas las taxonomías de conceptos, éstos son asociados mediante las relaciones establecidas. La Tabla II presenta las relaciones establecidas para el caso del condensador.

TABLA II
RELACIONES DESDE CONCEPTOS

Concepto 1	Relación	Concepto 2
Modelo del condensador ideal	Representa	Condensador
Modelo del condensador ideal	Emplea	Capacitancia
Capacitancia	Es medido en	Faradios
Dieléctrico	Es un componente de	Condensador
Almacenamiento de energía eléctrica	Es presentado en	Condensador
Corriente de desplazamiento	Es presentado en	Condensador

Modelo de capacitancia	Emplea	Permitividad
Modelo de capacitancia	Emplea	Permitividad
Batería híbrida	Explica	Condensador
Ley de Gauss	Justifica	Modelo del condensador ideal
Condensadores conectados en serie	Analiza	Condensador
Condensadores conectados en paralelo	Analiza	Condensador
Ley de tensiones de Kirchhoff	Valida	Condensadores conectados en serie
Ley de tensiones de Kirchhoff	Valida	Condensadores conectados en paralelo

De esta manera, se ha constituido la ontología de *conocimiento* en relación con el conocimiento técnico del Programa Curricular de Ingeniería Eléctrica. Adicionalmente, todos los conceptos que hacen parte de la taxonomía de clases de esta ontología, están relacionados con las ontologías de *habilidades*, *plan de estudios* y *reglamentación*, respectivamente. En la Tabla III se muestran las relaciones: “*es un tema de*” e “*implementa*”, las cuales son algunas de las relaciones establecidas entre las ontologías de *conocimiento* y *plan de estudios*:

TABLA III
RELACIONES ENTRE LAS ONTOLOGÍAS DE CONOCIMIENTO Y PLAN DE ESTUDIOS

Concepto 1	Relación	Concepto 2
Capacitor	Es un tema de	Circuitos eléctricos I
Capacitancia	Es un tema de	Circuitos eléctricos I
Almacenamiento de energía	Es un tema de	Circuitos eléctricos I
Circuitos eléctricos I	Implementa	Bases de circuitos eléctricos en Ingeniería Eléctrica
Circuitos eléctricos I	Implementa	Electricidad y magnetismo

Con el establecimiento de las relaciones entre las ontologías de *conocimiento*, *habilidades*, *plan de estudios* y *reglamentación* se consolida la representación del dominio de un programa curricular, teniendo en cuenta sus principales componentes.

Para el desarrollo y visualización de la ontología se usó la plataforma libre Protégé 4.1, creada por el Centro de Investigación en Informática Biomédica de la Universidad de Stanford. La Fig. 3 muestra

parte de la representación ontológica en Protégé. Este tipo de visualización permite analizar las relaciones establecidas entre conceptos y facilita la navegación a través de toda la ontología.

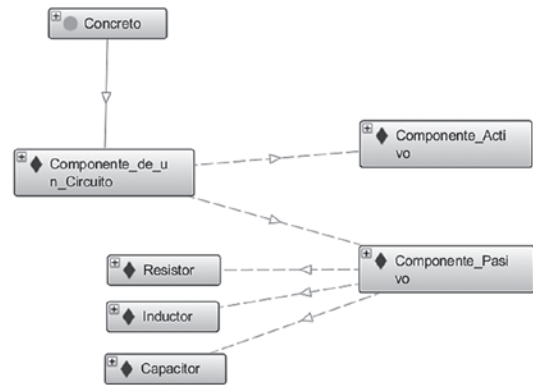


Fig. 3. Ontología en Protégé

La ubicación sobre el individuo “Capacitor” permite obtener información relacionada con la definición, clasificación y relaciones asociadas a este elemento. Este resultado es ilustrado en la Fig. 4.

Capacitor

URI: <http://www.semanticweb.org/ontologies/conocimiento.owl#Capacitor>

Same individuals:

- Condensador

Object property assertions:

- Capacitor estáConstruidoPor Material_Dieléctrico
- Capacitor esSistemaExplicadoPor Bateria Híbrida
- Capacitor presenta Almacenamiento_de_Energía_Eléctrica
- Capacitor esCasoParticular De Componente_Pasivo
- Capacitor presenta Corriente_de_Desplazamiento
- Capacitor esSistemaRepresentado Por Modelo Gráfico Capacitor

Annotations:

- comment "Dispositivo utilizado en electricidad y electrónica, capaz de almacenar energía sustentado un campo eléctrico."

Fig.4. Características del Capacitor en Protégé

La metodología usada para el desarrollo de la ontología del dominio del programa curricular es Methontology [3], la cual propone la construcción de ontologías a partir de un ciclo de vida basado en las siguientes actividades de desarrollo: Especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento.

Dado que Methontology no incluye especificaciones para la realización de los procesos de control y aseguramiento de la calidad durante la construcción de la ontología, se ha desarrollado una propuesta de documentación que facilita el entendimiento y aplicación de esta metodología [15]. Esta propuesta es usada para el desarrollo de las cuatro ontologías que representan el dominio. La

Fig. 5 muestra parte de esta propuesta de documentación, diseñada teniendo en cuenta principios de gestión de calidad y control de documentación.

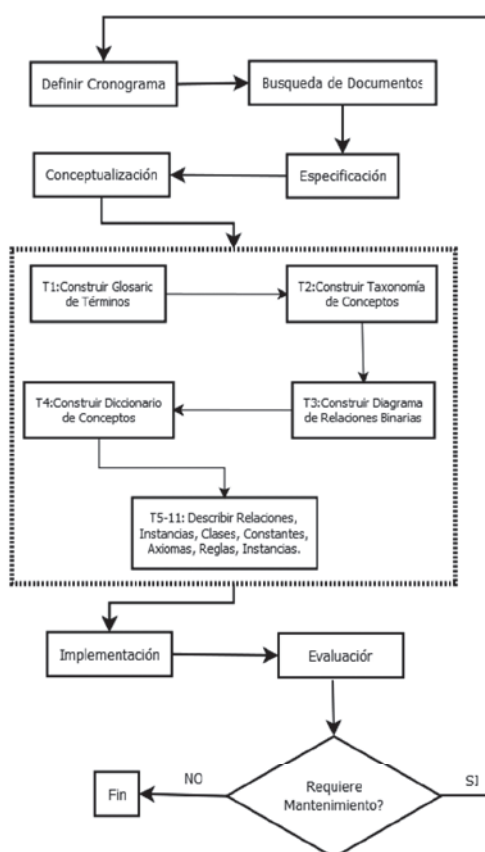


Figura 5. Diagrama de procesos aplicando Methontology

Fuente. SARMIENTO, Carolina. Representación del Programa Curricular de Pregrado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional mediante Ontologías. 2010

IV. APLICACIONES

A. Tutoría Académica

Un nuevo enfoque en la educación pretende dar respuesta a las necesidades individuales y sociales que plantea la actual sociedad del conocimiento. Los estudiantes trabajan en colaboración entre ellos y con el docente, quien se convierte en un orientador del aprendizaje de los estudiantes. El rol del pedagogo como transmisor de información se reduce al mínimo, y los estudiantes pueden acceder libremente a cualquier clase de información.

Entre los nuevos retos del sistema educativo se encuentra la organización de las acciones tutoriales, con el fin de favorecer una concepción educativa orientadora, acorde a los requerimientos de una

sociedad basada en la búsqueda y creación de nuevo conocimiento.

La tutoría académica es un proceso de orientación desarrollado por docentes con el fin de proporcionar al estudiante herramientas que faciliten el logro de sus objetivos académicos, personales y profesionales. En esta labor de orientación el docente cuenta con el programa curricular como uno de los recursos fundamentales en el desarrollo de procesos académicos y de aprendizaje.

La representación del conocimiento técnico de un plan de estudios, aportará a la formación del estudiante como una herramienta de colaboración para la acertada toma de decisiones respecto a su trayectoria de formación y contribuirá al fortalecimiento de su autonomía de manera que pueda ser agente de su propia formación. Como aporte a la labor de los profesores tutores, la representación busca ser apoyo en procesos de gestión académica, tales como: la conformación del plan de estudios de un estudiante a medida que se desarrolla su formación y la orientación ante el futuro de la decisión vocacional del estudiante.

B. Definición de perfiles de egresado

En las últimas décadas, el mundo se ha enfrentado a numerosos y constantes cambios tales como: nuevas tecnologías de la información y comunicación (TIC's), globalización y nuevos descubrimientos, entre otros, lo cual ha llevado a transformar la forma de educar haciéndola más dinámica y permitiéndole adecuarse a las necesidades no sólo presentes sino futuras de la sociedad [8], [9]. Estos cambios se han visto reflejados en la mayoría de los dominios del saber y en la forma como se realiza la transferencia del conocimiento.

Las instituciones educativas ven la necesidad de generar programas curriculares que vayan de acuerdo a los cambios constantes a los que se enfrenta el mundo moderno y el saber, por tanto, es importante la configuración de un perfil de egresado que ofrezca dinamismo y la facilidad de adaptarse a los requerimientos presentes y futuros de la sociedad y las organizaciones. Éstas últimas requieren establecer perfiles profesionales que cumplan con sus expectativas presentes y futuras, es decir, que vayan enfocados a cumplir con la misión y la visión establecidas.

Actualmente, no se ha encontrado una forma única, concreta y estructurada para definir perfiles de egresados. Cada organización y cada institución generan los perfiles de acuerdo a los requerimientos locales, basándose en técnicas desarrolladas por

expertos en recursos humanos, para el caso de las organizaciones y las instituciones educativas realizan consultas con profesores, estudiantes y otras instituciones para así llegar a formalizar un perfil de egresado.

A pesar que se han llevado a cabo avances importantes en las prácticas y técnicas para definir los perfiles, aún no se ha consolidado una metodología para que las organizaciones y las instituciones puedan establecer de manera más concreta los perfiles profesionales y la cual permita que los recién egresados puedan determinar qué campos del saber pueden desempeñar mejor gracias a los conocimientos y habilidades adquiridos y desarrollados durante su formación profesional. Lo anteriormente descrito, ha conllevado a establecer la necesidad de plantear una metodología para la definición de perfiles de egresados de un programa curricular. La metodología propuesta se basará en la representación ontológica que describe y representa un programa curricular y en el historial académico de los egresados de dicho programa curricular.

V. CONCLUSIONES

La utilización de las ontologías para organizar el conocimiento presente en un dominio ha generado eficaces resultados en la representación de sistemas complejos, como es el caso de un programa curricular. La representación ontológica propuesta permite la visualización de los principales elementos que caracterizan un programa curricular y sus relaciones, por consiguiente será una herramienta importante de apoyo en la gestión de procesos educativos de enseñanza y aprendizaje.

El trabajo descrito en este documento presenta la representación del conocimiento técnico del programa curricular de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia, la cual incluye sistemas de alta complejidad. El diseño de su estructura y contenido, facilitará su aplicación a otros dominios de conocimiento con fines educativos.

El proceso de análisis y complemento de la ontología de *conocimiento*, permitió conocer las profundas relaciones entre sus conceptos técnicos. Adicionalmente, su integración con las ontologías de *habilidades*, *plan de estudios* y *reglamentación*, permitieron obtener una completa representación del programa curricular de Ingeniería Eléctrica, que se convertirá en instrumento de soporte en el mejoramiento y fortalecimiento de procesos de formación en el área de ingeniería. Actualmente, esto se refleja en el desarrollo de dos importantes trabajos que se basan en dicha representación ontológica: un

tutor académico y una metodología para la definición de perfiles de egresados.

REFERENCIAS

- [1] T.R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications, Knowledge Acquisition", ISSN 1042-8143, vol. 5, No. 2, 1993, pp. 199-220.
- [2] C. Sarmiento González y O.G. Duarte Velasco, "CurriculumModelling Through Ontologies", 8th ASEE Global Colloquium on Engineering Education, Hungary, 2009.
- [3] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López y O. Corcho, "Ontological Engineering: with examples from the areas of knowledges management, e-commerce and the Semantic Web", Springer-Verlag, New York, 2003.
- [4] W3C World Wide Web Consortium, "OWL Web Ontology Language Use Cases and Requirements", W3C Recommendation 10 February 2004. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/2004/REC-webont-req-20040210/>
- [5] T.R. Gruber y G.R. Olsen, "An Ontology for Engineering Mathematics", Fourth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning, Gustav Stresemann Institut, Bonn, Germany, Morgan Kaufmann, 1994.
- [6] W.N. Borst, J.M. Akkermans y J.L. Top, "Engineering Ontologies", International journal of human-computer studies, ISSN 10715819, vol. 46, No. 2-3, 1997, pp. 365-406. Disponible en: <http://doc.utwente.nl/18019/1/Borst97engineering.pdf>
- [7] J R. Dorf, "The Electrical Engineering Handbook", IEEE Press, 2da Edition.
- [8] C. Crosthwaite, I. Cameron, P. Lant y J. Litster "Balancing curriculum processes and content in a project centred curriculum. In Pursuit of Graduate Attributes" Icheme (Institution of Chemical Engineers), 2006.
- [9] E. Horn y M. Kupries, "A study program for professional software engineering", IEEE Computer Society, 2003.
- [10] M. Alles, "Diccionario de Competencias La trilogía: Las 60 competencias más usadas", Garnica, Buenos Aires, 2009.
- [11] T. Ashino, "Materials ontology: An infrastructure for exchanging materials information and knowledge", Data Science Journal, 2010.
- [12] W3C World Wide Web Consortium, "SPARQL Query language for RDF", W3C Recommendation 15 January 2008. Available: <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-quer>
- [13] Consejo Superior, Universidad Nacional de Colombia, «Acuerdo No. 033 de 2007, Acta 11 del 26 de noviembre».
- [14] T. R. Gruber y others, «A translation approach to portable ontology specifications», Knowledge acquisition, vol. 5, no. 2, pp. 199-220, 1993.
- [15] C. Sarmiento, «Representación del programa curricular de Pregrado de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional mediante ontologías», Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Bogotá, D.C., 2010.

BIOGRAFÍA



Angélica Rosmary Ghisays Abril es estudiante de la Maestría en Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, en donde actualmente es docente en el departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: arghisaysa@unal.edu.co



Marla Constanza Barrera es estudiante de la Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14082, e-mail: mcbarrerab@unal.edu.co



Carolina Sarmiento es estudiante de Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext. 14082, e-mail: csarmientog@unal.edu.co



René Alexander Soto Pérez es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext: 14086, e-mail: rasotop@unal.edu.co



Oscar Germán Duarte Velasco es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Bogotá. Teléfono: 3165000 ext. 14082, e-mail: ogduartev@unal.edu.co