



Una formación de calidad
en ingeniería para el futuro

Centro de Convenciones Cartagena de Indias
15 al 18 de Septiembre de 2015

ONTOLOGÍA DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS

**Torcoroma Velásquez Pérez, Andrés Mauricio Puentes Velásquez, Jorge Cañizares
Arévalo, Yesica María Pérez, Edwin Vanegas Salcedo**

**Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña, Colombia**

Resumen

En años recientes, se han diseñado y puesto en marcha estrategias por parte del gobierno tendientes al fortalecimiento de las Tecnologías de la Información que pretenden generar mayores ofertas laborales para los profesionales de la ingeniería de Sistemas; a pesar de esto, se sigue presentando una disminución en la demanda en los programas de Ingeniería de Sistemas. Para atender dicha problemática las facultades han venido trabajando varias estrategias y se han generado múltiples espacios para la reflexión de la identidad del Ingeniero de Sistemas, apoyados por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería ACOFI.

Gracias al estudio y reflexión permanente que se ha hecho en las facultades sobre estos aspectos, se cuenta con una gran cantidad de información y conocimiento valioso para la toma de decisiones. El presente proyecto tiene como propósito consolidar los fundamentos ontológicos y epistemológicos de la Ingeniería de Sistemas, reuniendo las definiciones dadas por los gremios que trabajan esta disciplina y los perfiles creados por las diferentes facultades, tanto en el contexto nacional como internacional. Se diseña una ontología formal como estrategia tecnológica para reunir y consensuar todo este conocimiento, con el propósito de permite a los interesados en la Ingeniería de Sistemas consultar de una forma rápida y eficiente el dominio planteado. La técnica ideal para la representación del conocimiento son las ontologías, debido a que permiten especificarlo de manera formal, explícita y consensuada. Esta técnica exhibe características especiales para la representación del conocimiento y el procesamiento posterior a través de aplicaciones web semánticas y otros sistemas inteligentes. Se utiliza una metodología descriptiva aplicativa para dar solución a la problemática planteada; para el sistema basado en conocimiento se definen las fases generales de identificación, conceptualización, formalización, construcción y pruebas. Se emplea Methontology para la representación formal y su ciclo de vida basado en el desarrollo guiado por prototipos evolutivos. Esta base de conocimiento pretende ser una fuente de consulta válida y eficiente para las comunidades académicas que conforman los programas de Ingeniería de Sistemas y

para que la comunidad en general conozca el significado y la importancia de estudiar Ingeniería de Sistemas.

Palabras clave: ontología; identidad del ingeniero de sistemas; enfoque sistémico, methontology

Abstract

In recent years, they have been designed and implemented by the government strategies aimed at strengthening the information technology intended to generate more job openings for professionals in systems engineering; Despite this, it still presents a decrease in demand in Systems Engineering programs. To address this problem the powers have been working several strategies and have created many opportunities for reflection on the identity of Systems Engineer, supported by the Colombian Association of Faculties of Engineering ACOFI.

By studying and permanent reflection that has been on the faculties of these issues, it has a lot of valuable information and knowledge for decision-making. This project aims to consolidate the ontological and epistemological foundations of Systems Engineering, gathering the definitions given by the unions who work discipline and the profiles created by the different faculties at both the national and international context. a formal ontology as technology strategy is designed to bring together and agree on all this knowledge, with the aim of allowing interested in Systems Engineering consult quickly and efficiently the proposed rule. The ideal knowledge representation technique are ontologies, because they allow to specify formal, explicit and consensual manner. This technique exhibits special features for knowledge representation and further processing by Semantic Web applications and other intelligent systems. an applying descriptive methodology is used to solve the issues raised; for knowledge based system general phases of identification, conceptualization, formalization, construction and tests are defined. Methontology used for formal representation and its life cycle based on the development guided by evolutionary prototyping. This knowledge base is intended as a source of valid and efficient consultation for academic communities that make programs Systems Engineering and for the community at large aware of the meaning and importance of studying systems engineering.

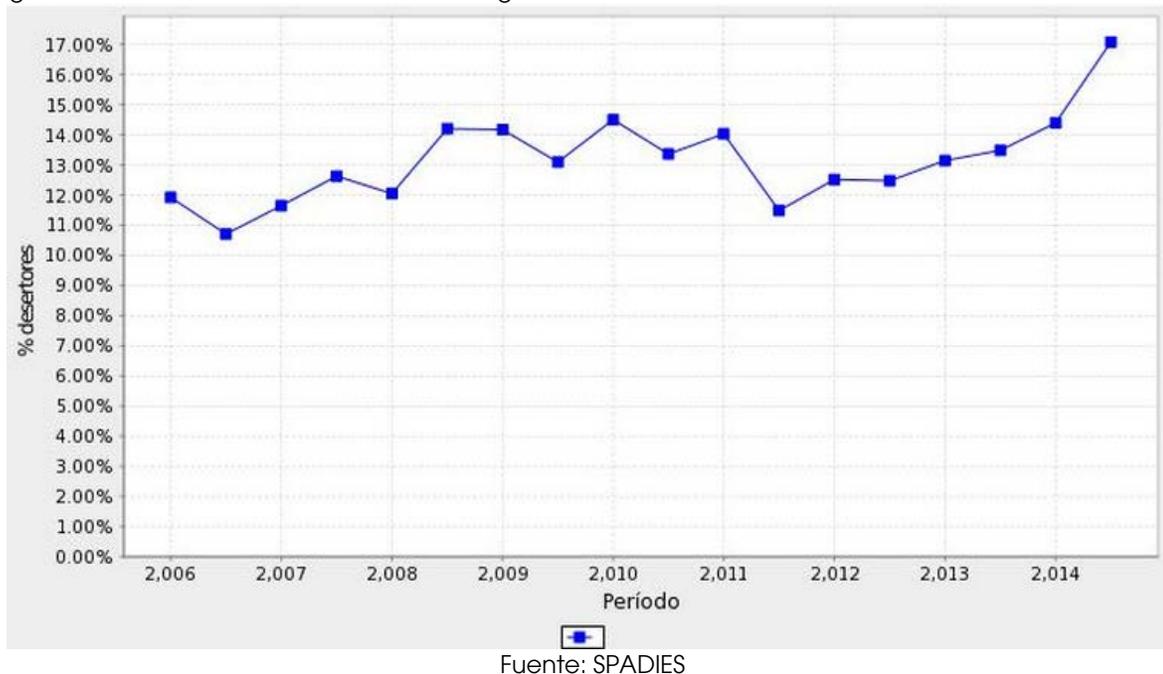
Keywords: ontology; identity systems engineer; systems approach, methontology

1. Introducción

En diferentes escenarios se ha discutiendo la baja demanda que se viene presentando en el programa de Ingeniería de Sistemas, contrario con las políticas públicas expresadas desde el Gobierno Colombiano a través de sus ministerios, en especial el Ministerio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. Aunque se han realizado esfuerzos en las facultades de Ingeniería de Sistemas la crisis de la profesión continúa en Colombia (Ver Figura 1) ya sea por su

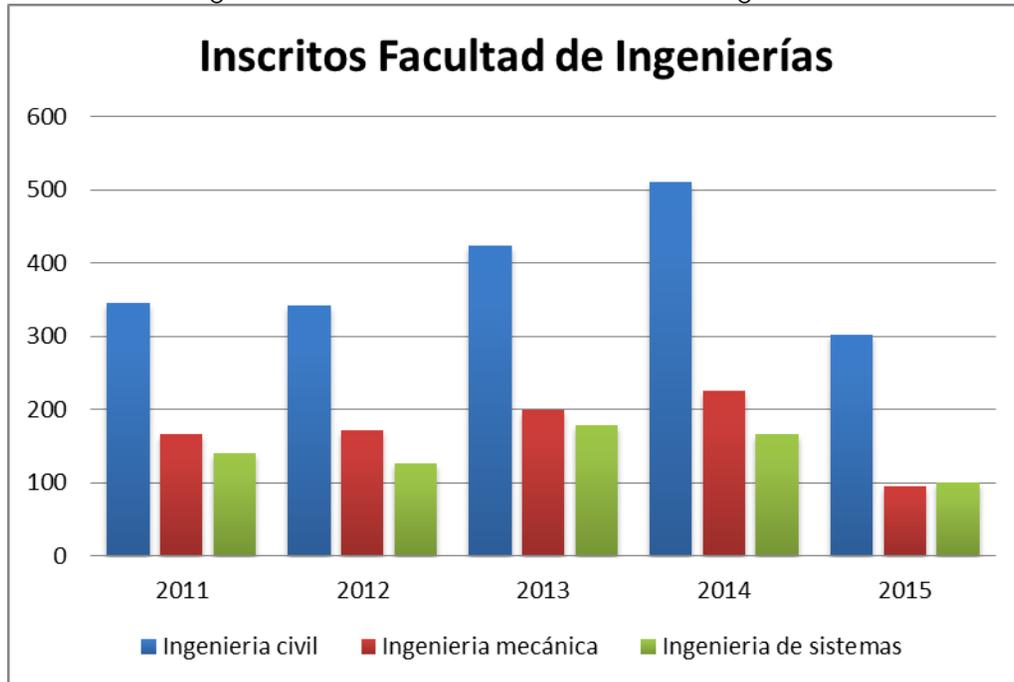
denominación, por el objetivo de formación o porque no cumple con las expectativas del país. Esta investigación quiere abordar esta problemática con una evaluación del programa pero desde su esencia, desde sus fundamentos onto-epistemológicos para poder definir la identidad que debe tener el Ingeniero de Sistemas. El proyecto quiere lograr un abordaje holístico, plural y contextual del objeto de estudio, en el artículo se muestra una primera fase del proyecto donde se integran elementos teóricos y antecedentes, así como la información curricular de la oferta del programa de Ingeniería de sistemas en diferentes instituciones de educación superior en una ontología que permita la estructuración de una base de conocimiento para su gestión fácil y eficiente.

Figura 1. Deserción a Nivel Nacional del Programa



Desde el punto de vista local el Grupo de Investigación en Tecnología y Desarrollo en Ingeniería (GITYD) analiza el programa de Ingeniería de sistemas de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO) y el comportamiento que ha tenido en la demanda estudiantil en los últimos años comparados con otros programas de la facultad de Ingeniería como es el caso de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica. (Ver Figura 2).

Figura 2. Estadísticas de Inscritos Facultad de Ingenierías



Fuente Oficina de Admisiones, Registro y Control UFPSO

2. Desarrollo

En la realización del sistema basado en conocimiento se contemplan las fases de identificación, conceptualización, formalización, construcción y pruebas. En la identificación se plantea como propósito consolidar los fundamentos ontológicos y epistemológicos de la Ingeniería de Sistemas, desde sus teorías, conceptos, definiciones dadas por los gremios que trabajan esta disciplina y los perfiles creados por las diferentes facultades, tanto en el contexto nacional como internacional.

Conceptualización

La ingeniería de sistemas nace en Colombia como carrera profesional a finales de la década de los sesenta, surge con el nombre de Ingeniería de Sistemas y Computación. Los programas de ingeniería de sistemas de diferentes universidades del país han procurado ofrecer a la sociedad profesionales capacitados en las ciencias aplicadas asociadas a la información y las comunicaciones, que permitan solucionar problemas en las organizaciones y la sociedad desde un enfoque sistémico.

En diferentes escenarios se viene discutiendo la baja demanda que se viene presentando de este programa, lo que es contrario con las necesidades expresadas de requerimiento de profesionales en esta área tanto a nivel nacional como internacional. Para tratar de establecer estas causas en espacios generados desde La Red de Decanos y Directores de Ingeniería de Sistemas y Afines (REDIS), se analizan temática como *“hacia una prospectiva de la profesión en Colombia”*,

donde después de los estudios realizados en las instituciones de educación sobre lo que piensan los aspirantes, se nota entre otros aspectos el desconocimiento de la profesión, se realizan funciones no ingenieriles sino técnicas o tecnológicas; adicionalmente se percibe que el Ingeniero de Sistemas no tiene el reconocimiento en la sociedad, como las demás profesiones de Ingeniería.

Existen elementos básicos en la investigación planteada, como son estatus epistemológico, evaluación y currículo en el estudio de antecedentes, el primero es un estudio realizado en la Universidad de Valparaíso (Prince, 2014) encaminado a renovar las estrategias de diseño curricular, determinando el estatus epistemológico de la Ingeniería, entendiendo ésta como modo de conocimiento utilitario para diferenciarla de la Ciencia y las iniciativas de la evaluación como herramienta innovadora (González R., 2010) donde se exhibe una falta de delimitación de su comprensión interpretativa, adoptando concepciones difusas del currículo y de su evaluación, en este trabajo se plantea una investigación para determinar los sustentos ontológicos, teleológicos y metodológicos de los modelos de evaluación curricular aplicados en Venezuela, a través de un análisis de contenido, aplicando la metodología clásica de Sanz (2004).

En el trabajo de Prince se realiza una presentación crítica de algunas afirmaciones sostenidas en el artículo Diferencias estructurales entre ciencia e ingeniería (Poser, 1998), donde el autor concluye que la ingeniería es un modo de conocimiento distinto de la ciencia por sus métodos y sus objetivos. Por sus métodos, ya que existe un método ingenieril que es heurístico, por sus objetivos, ya que la ingeniería no se propone alcanzar leyes explicativas y predictivas sino la solución de problemas acotados dentro de tiempos muy breves. Existe una clara diferenciación o una desvinculación estructural entre ingeniería y ciencia; sin embargo, lograr establecer esta distinción requiere del análisis de algunos elementos clave que permitan reconocer los criterios relevantes para realizarla.

En el trabajo las iniciativas de la evaluación como herramienta innovadora (González R., 2010) se plantea una investigación para determinar los sustentos ontológicos, teleológicos y metodológicos de los modelos de evaluación curricular aplicados en Venezuela. Metodológicamente adoptan modelos tridimensionales, que incluyen el conocer, el hacer y el ser; incorporando elementos del enfoque multidireccional.

Los autores encuentran que los modelos de evaluación curricular de Castro (1984), Sánchez y Jaimes (1985), Vilchez (1991) y Bayley (1995), parten de una concepción ontológica del currículo bastante uniforme, lo asumen como el conjunto de acciones y prácticas que involucra a todos los actores, visualizando el currículo como el elemento que conduce las acciones y concreta la intencionalidad del acto educativo. Castro (1984) y Vilchez (1991) enfatizan en el componente ontológico, el primero asume una concepción holística, mientras que el segundo se basa en una estrecha interrelación entre el currículo, la pedagogía y la teoría instruccional, con preeminencia en la organización del currículo y los criterios generales de instrucción.

Para realizar la evaluación del programa de Ingeniería de Sistemas es obligatorio tener en cuenta los principios de la teoría general de sistemas, adicionalmente es importante considerar los estándares internacionales asociados con la profesión partiendo desde la misma ingeniería con los actuales principios que los rigen como los estándares CDIO en cuanto a Concebir, Diseñar, Implementar u Operar procesos y productos impulsados por la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI).

En lo relacionado propiamente con la profesión se deben considerar las directrices de las diferentes asociaciones como ACM (*Association for Computing Machinery*) e INCOSE (*International Council on Systems Engineering*) entre otras, que determinan los tópicos a tratar en los diferentes énfasis, para definir los componentes curriculares que se integran en la construcción de un perfil de Ingeniería de Sistemas que responda más a las necesidades cambiantes, con las competencias necesarias para lograr una identidad del Ingeniero de Sistemas que impacte más en la región y sea competitivo a nivel nacional e internacional.

En López Garay (Andrade, et. al., 2.001) el pensamiento sistémico se caracteriza por permitir que los fenómenos objetos de pensamiento se manifiesten en toda su diversidad y complejidad teniendo un hilo conductor que dé unidad en la diversidad. El movimiento de sistemas propuesto por Bertalanffy incorpora la investigación de operaciones, el análisis y la dinámica de sistemas orientada a contribuir en la toma de decisiones en la administración. La cibernética y la Ingeniería de Sistemas inicialmente involucrados con la construcción de complejos dispositivos hombre-máquina para la defensa y la industria. La cibernética organizacional, el pensamiento de sistemas blandos y la fenomenología interpretativa enfocada en el entendimiento de la organización. (Gómez, et. al., 2005).

Según Bertalanffy (1976) se puede hablar de una filosofía de sistemas, ya que toda teoría científica de gran alcance tiene aspectos metafísicos, se señala que teoría no debe entenderse en su sentido matemático, sino que está más cercana, a la idea de paradigma de Kuhn. La ontología se aboca a la definición de un sistema y al entendimiento de cómo están plasmados los sistemas en los distintos niveles del mundo de la observación. Entendiendo sistemas conceptuales como la lógica, las matemáticas, la música o toda construcción simbólica, Bertalanffy entiende la ciencia como un subsistema del sistema conceptual, definiéndola como un sistema abstraído, es decir, un sistema conceptual correspondiente a la realidad. La epistemología de sistemas se refiere a la distancia de la Teoría General de Sistemas (TGS) con respecto al positivismo o empirismo lógico. La Teoría de los Sistemas, introduce una semántica científica de utilización universal. Sistema como un conjunto organizado de cosas o partes interactuantes e interdependientes, que se relacionan formando un todo unitario y complejo; de este modo las cosas o partes pasan a ser funciones básicas realizadas por el sistema.

La Ingeniería de Sistemas (Gómez et. al., 2005) tiene como una de sus primeras evidencias de su origen (Checkland, 2000) en un proyecto interdisciplinario Británico para el análisis de la defensa en 1.937 y las mayores aplicaciones se dieron en la segunda guerra mundial, mostrando diferencias de propósito con la teoría general de sistemas que implicaba propósitos altruistas. La Ingeniería de Sistemas inició como programa en 1950 en el MIT, aunque ésta inicia antes del movimiento sistémico adopta los postulados de la Teoría General de Sistemas. El consejo internacional de Ingeniería de Sistemas (INCOSE, 2004) define la Ingeniería de Sistemas como una disciplina emergente cuya responsabilidad es crear y ejecutar un proceso interdisciplinario para asegurar que las necesidades del cliente y los actores implicados se satisfagan de una manera que implique alta calidad, confianza, eficiencia en el costo y cumplimiento del organigrama, mediante el ciclo de vida total del sistema.

La estructuración curricular en Computación trabajo un proyecto colaborativo CC2005 reuniendo a *the Association for Computing (ACM)*, *the Association for Information Systems (AIS)*, *the Computer Society (IEEE-CS)* y *the Association for Information Technology Professionals (AITP)* los cuales han establecido las disciplinas o ramas que conforman la computación, entre ellas está la guía para programas de pregrado en Computación, el volumen del currículo en Ciencias de la Computación, en Ingeniería de Software, en Ingeniería de las Computadoras, en Tecnologías de la Información y otras disciplinas emergentes.

Se selecciona Methontology entre otras metodologías, porque tiene sus raíces en las actividades identificadas por el proceso de desarrollo de software propuesto por la organización IEEE y en otras metodologías de ingenierías de conocimiento (Gómez-Pérez, 2002), además la creación de la ontología puede empezar desde cero o con base en la reutilización de otras existentes y propone un ciclo de vida de construcción de la ontología basado en prototipos evolutivos, porque esto permite agregar, cambiar y remover términos en cada nueva versión (prototipo) (Gómez-Pérez, 2004).

Formalización

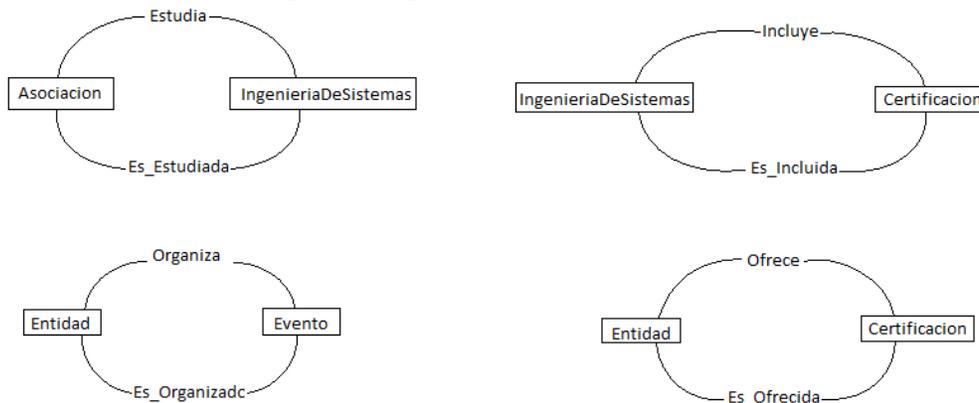
La web semántica se basa principalmente en mecanismos que permiten representar el conocimiento de un modo estandarizado, haciendo posible su tratamiento automático y la existencia por lo tanto, de nuevas aplicaciones que puedan beneficiarse de estas representaciones incluye construcción del glosario de términos (Ver Figura 3), de árboles de clasificación de conceptos, diagrama de relaciones binarias, construcción del diccionario de conceptos y las definición de las relaciones binarias en detalle (Ver Figura 4) así como la tabla de instancias y de reglas.

Figura 3. Glosario de Terminos

NOMBRE	SINONIMO	ACRONIMO	DESCRIPCION	TIPO
IngenieriaDeSistemas		Ing. sistemas	Programa de pregrado perteneciente a las ingenierías de una universidad	concepto
Certificación			Atributo de ingeniería de sistemas. Designación en la cual se afirma la calidad de los servicios que presta, o los productos que realiza, así como el rendimiento que presentan los mismos.	Atributo
Estudia			Asociación entre el concepto Asociación e IngenieriaDeSistemas	Relación
Ingeniería		Ing.	Individuo del concepto IngenieriaDeSistemas	Instancia

Fuente: Los Autores

Figura4. Diagrama de Relaciones Binarias



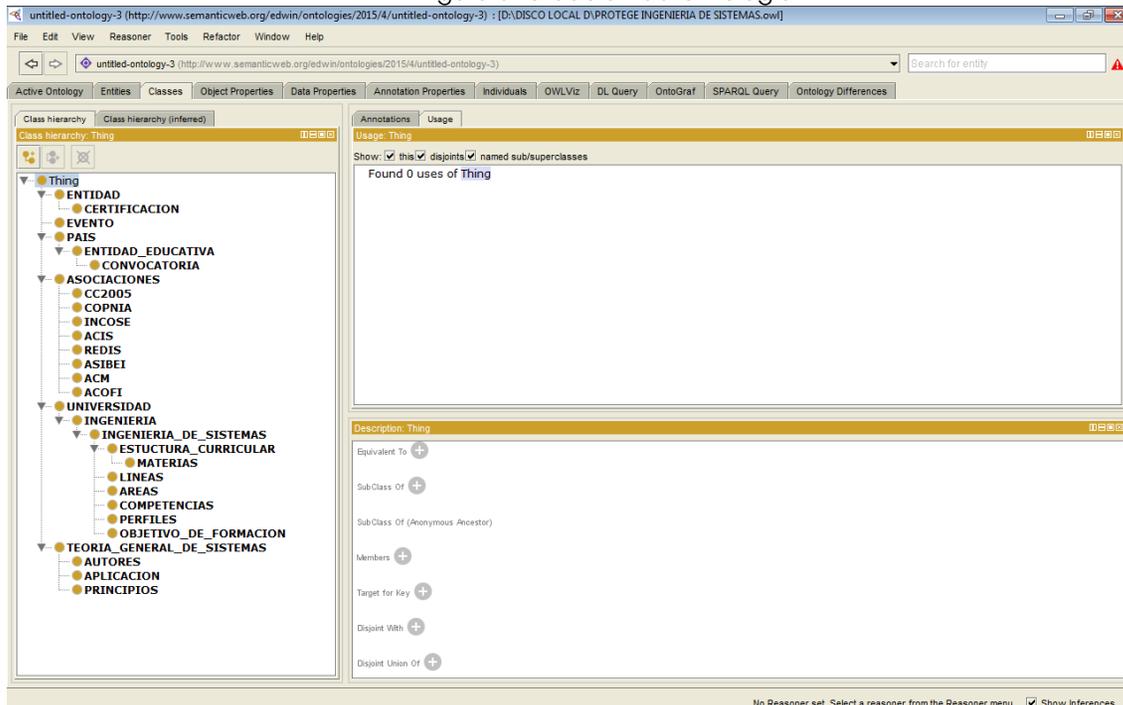
Fuente: Los Autores

Construcción

El objetivo de esta fase es escribir la ontología en un lenguaje formal que sea computable. Se escogió OWL por ser uno de los lenguajes más importantes para la construcción de ontologías; su entorno de desarrollo se puede soportar en el editor de Ontologías Protégé 3.4 (Puentes, 2010).

Para la construcción de la ontología se tienen en cuenta aspectos como teorías y conceptos asociados con la Teoría General de Sistemas y la Ingeniería de Sistemas. De las universidades información general y específica del programa como el perfil profesional, ocupacional, competencias, áreas y líneas entre otras. Adicionalmente se incluyen gremios y eventos académicos asociados con la profesión. (Ver Figura 5)

Figura 5. Creación de Ontología



Fuente: Los Autores

3. Conclusiones

El proyecto integra diferentes elementos asociados con el programa de Ingeniería de Sistemas para consolidar los fundamentos ontológicos y epistemológicos, reuniendo las definiciones dadas por los gremios que trabajan esta disciplina y los perfiles creados por las diferentes facultades, tanto en el contexto nacional como internacional. Esta base de conocimiento pretende ser una fuente de consulta válida y eficiente para las comunidades académicas que conforman los programas de Ingeniería de Sistemas y para que la comunidad en general conozca el significado y la importancia de estudiar Ingeniería de Sistemas.

Para el sistema basado en conocimiento se siguieron las fases de identificación, conceptualización, formalización, construcción y pruebas. Para la representación ontológica del programa de Ingeniería de sistemas se usó Methontology, ya que propone la descripción más ajustada de cada actividad a realizar, especificando los pasos para desarrollar cada tarea, las técnicas utilizadas, los productos de salida y su respectiva evaluación. El proceso realizado en cada actividad según la metodología utilizada, se representó en el editor de ontologías protege; en donde se plasmaron los conceptos, propiedades, atributos e instancias y de la cual se obtuvo la respectiva codificación de la ontología en formato OWL.

Referencias

- Andrade, H. et. al. (2.001) Pensamiento sistémico: Diversidad en Búsqueda de Unidad. Ediciones UIS. Bucaramanga, Colombia.
- Bayley, Z. (1.995). *Utopía concreta estratégica. Un modelo metodológico para el diseño de curricula universitarios para el cambio permanente*. Caracas: UCV
- Castro, M. (1.984). *La evaluación curricular. Aproximación a un modelo* (2a. ed.). Caracas: ATAI SRL.
- Checkland, P. (2.000) Pensamiento de Sistemas-Práctica de Sistemas. Limusa Editores. México.
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2004). Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Gómez, et. al., (2.005) Ingeniería, Sistemas e Ingeniería de Sistemas. Informática e Ingeniería del Conocimiento. Universidad de Pamplona. Web. Springer
- González López, R. (2.010). Sustentos ontológicos, teleológicos y metodológicos de los modelos de evaluación curricular aplicados en el ámbito de la educación superior en Venezuela. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12(1). Consultado el 10 de junio de 2.014 en: <http://redie.uabc.mx/vol12no1/contenido-gonzalezlopez.html>
- IncoSE. System Engineering Handbook. INCOSE-TP-2003-016-02, version 2a.
- Sánchez, B. y Jaimes, R. (1.985). *Entropía para la educación superior del siglo XXI* (ESDICES). Maracay, Venezuela: Librería Editorial Universitaria. International Council on Systems Engineering. Junio 1 de 2.004
- Sanz, P. (2.004). *Análisis y comentario de textos históricos*. Consultado el 13 de octubre de 2006 en: <http://www.uclm.es/profesorado/psanz/anatex.asp>
- Prince, S & Llach, C. (2.014). El estatus epistemológico de la ingeniería y su importancia para el diseño curricular, Universidad de Valparaíso, Ingeniería Civil Industrial. Campus Las Heras Las Heras 6. Valparaíso, Chile, extraído 19/06/2.014, <http://www.eici.ucm.cl/descargas/sochedi/prince-sergio.pdf>
- Poser, H. (1.998). On structural differences between science and engineering. *Phil & Tech* 4:2
- Puentes A. (2010). Ontología para la Búsqueda Semántica de Géneros de Orquídeas de la Flora Colombiana. Trabajo presentado en el evento Internacional "VII Pan-American Workshop in Applied & Computacional Mathematics" en Choroni, Venezuela Junio.
- Vilchez, N. (1.991). *Diseño y evaluación del currículo*. Maracaibo. Venezuela: Fondo Editorial Esther María Osses.

Sobre los Autores

- **Torcoroma Velásquez Pérez:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Ingeniería de Software y Práctica Docente Universitaria, Máster en Ciencias de la Computación, Candidata a Doctora en Educación, Docente Tiempo Completo Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Directora de la

Especialización Auditoría de Sistemas, Directora del Grupo de Investigación GITYD.

- **Andrés Mauricio Puentes Velásquez:** Ingeniero de Sistemas, Especialista en Práctica Docente Universitaria, Candidato a Máster en Ingeniería de Sistemas, Docente Catedrático Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Investigador del Grupo de Investigación GITYD.
- **Yesica María Pérez Pérez:** Ingeniera de Sistemas, Especialista en Auditoría de Sistemas, Docente Catedrática Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Investigadora del Grupo de Investigación GITYD.
- **Jorge Cañizares Arévalo:** Economista, Especialista en Práctica Docente Universitaria, Máster en Ciencias Políticas, Docente Tiempo Completo Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.
- **Edwin Vanegas Salcedo:** Estudiante de Ingeniería de Sistemas Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)