

Un acercamiento a la construcción de ontologías con la herramienta libre Protégé*¹

[An approach to building ontologies with Protégé free tool]

OMAR CABRERA², JIMMY GUERRERO¹, MAURICIO BENAVIDES¹,
RICARDO TIMARÁN PEREIRA³

RECIBO: 20.11.2013 – APROBACIÓN: 04.04.2014

Resumen

En este artículo se presenta los resultados obtenidos en el proyecto de investigación que tiene como objetivo la construcción de una ontología sobre los trabajos de grado de los estudiantes de pregrado de la Universidad de Nariño (Colombia), utilizando la herramienta de software libre Protégé. Esta ontología denominada Sawa, permite soportar la búsqueda inteligente de información sobre trabajos de grado. La metodología contempló cuatro fases. En la primera fase se apropió el conocimiento sobre web semántica, Ontologías y la herramienta Protégé. En la segunda fase se diseñó y definieron los diferentes componentes de la ontología Sawa. En la tercera fase, se implementó la ontología Sawa con la herramienta libre Protégé y finalmente en la última fase se realizaron pruebas y se evaluaron los resultados. De acuerdo a los resultados obtenidos, la ontología Sawa se podría ajustar al dominio de la biblioteca de la Universidad de Nariño para ser

* Modelo para la citación de este artículo:

CABRERA, Omar; GUERRERO, Jimmy; BENAVIDES, Mauricio & TIMARÁN PEREIRA (2014). Un acercamiento a la construcción de ontologías con la herramienta libre Protégé. En: Ventana Informática No. 30 (ene-jun). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 233-246. ISSN: 0123-9678

- 1 Artículo de investigación científica y tecnológica proveniente del proyecto *Construcción de una Ontología de Aplicación que Soporte la Búsqueda Inteligente sobre los Trabajos de Grado de la Universidad de Nariño, utilizando la herramienta de software libre Protégé.*, ejecutado en el periodo 08.2012-08.2013, e inscrito en el grupo de investigación GRIAS de la Universidad de Nariño.
- 2 Estudiantes de Ingeniería de Sistemas, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). Correo electrónicos: {omarcabrera,jguerrero13,mbenavides}@udenar.edu.co.
- 3 PhD. en Ingeniería, MSc. en Ingeniería, Esp. en Multimedia e Ingeniero de Sistemas y Computación. Director grupo de investigación GRIAS, Profesor Asociado, Departamento de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Nariño, Pasto (Colombia). Correo electrónico: ritimar@udenar.edu.co

utilizada como soporte a la búsqueda inteligente de cualquier material bibliográfico.

Palabras Clave: Web semántica, ontología, Protégé.

Abstract

This paper presents the results of the research project that aims to build of ontology on the work of grade undergraduate students at the Universidad de Nariño (Colombia), using Free Software tool Protégé. This ontology called Sawa, allows intelligent search support information degree work. The methodology contained four phases. In the first phase appropriated knowledge on the semantic web, Ontologies and Protégé tool. In the second phase was designed and defined the different components of the ontology Sawa. In the third phase, Sawa was implemented ontology with Protégé free tool and finally in the last stage were tested and evaluated the results. According to the results, the ontology Sawa was feasible to adjust to the domain of the library of the Universidad de Nariño to be used as intelligent search support any library materials.

Keywords: Semantic Web, ontology, Protégé.

Introducción

Internet se ha convertido en una gran red de recursos, tanto así que es posible encontrar información de cualquier tipo de ámbito o contexto. El servicio de búsqueda de información en los buscadores actuales de internet no es satisfactorio, porque muestran inexactitud de lo que verdaderamente se pretende buscar, prolongando el tiempo de búsqueda del usuario.

En los últimos años, se ha comenzado a experimentar con el uso de nuevas tecnologías y entre ellas, de mecanismos de representación del conocimiento para extender la Web actual con metadatos y anotaciones. De esta manera, se dota una nueva Web de más significado, donde las máquinas no sólo son capaces de presentar toda la información contenida en ella, es decir, la sintaxis, sino que además, puedan entenderla y gestionarla de forma inteligente, es decir, la semántica, en lo que actualmente se conoce como la Web Semántica. Uno de los objetivos que se procuran con la Web Semántica consiste en definir y describir los datos contenidos en la Web, de tal forma que se puedan utilizar y comprender por las máquinas sin necesidad de intervención humana. De este modo, la Web se puede convertir en un espacio navegable y comprensible, donde es posible la relación entre términos independien-

tes de una misma búsqueda, es decir, términos que se generen en una sola búsqueda y que tengan el mismo significado o uno equivalente, ofreciendo como resultado sólo aquellas páginas Web que realmente se adaptan a los requisitos especificados durante la misma.

Para lograr encontrar un significado claro en la búsqueda, la Web semántica hace uso de ontologías, que organizan la información de manera que se podrá interpretar lo que se quiere buscar y, por tanto, permitiría buscar e integrar datos mucho mejor que ahora, gracias al conocimiento almacenado en las ontologías, las aplicaciones y buscadores podrán extraer automáticamente datos de la Web, procesarlos y sacar conclusiones de ellos.

Actualmente en la Universidad de Nariño, la búsqueda de documentación acerca de los trabajos de grado de los estudiantes de pregrado se realiza a través del sistema de información de la biblioteca Alberto Quijano Guerrero. Este sistema realiza las búsquedas teniendo en cuenta únicamente el título, autor y materia de los trabajos de grado, imposibilitando las búsquedas por cualquier otro tipo de parámetros debido a que no está dotado de ningún tipo de inteligencia que permita obtener resultados más óptimos. Por ejemplo, cuando se realiza la consulta por título, los resultados obtenidos no solamente corresponden a trabajos de grado sino también a libros, artículos entre otros, haciendo este proceso ineficiente ya que si los resultados son numerosos se deben revisar uno a uno para encontrar el trabajo de grado deseado y muchas veces los resultados no concuerdan con lo que el usuario está buscando.

En el artículo se presentan los resultados obtenidos en el proyecto de investigación que tiene como objetivo la construcción de una ontología sobre los trabajos de grado de los estudiantes de pregrado de la Universidad de Nariño (Colombia), utilizando la herramienta de software libre *Protégé*. Tal ontología denominada *Sawa*, permite soportar la búsqueda inteligente de información sobre trabajos de grado.

La metodología contempló cuatro fases: - en la primera fase se apropió el conocimiento sobre web semántica, Ontologías y la herramienta *Protégé*, - en la segunda fase se diseñó y definieron los diferentes componentes de la ontología *Sawa*, - en la tercera, se implementó la ontología *Sawa* con la herramienta libre *Protégé*, y - finalmente, se realizaron pruebas y se evaluaron los resultados. De acuerdo a los resultados obtenidos, la ontología *Sawa* podría ajustarse al dominio de la biblioteca de la Universidad de Nariño para ser utilizada como soporte a la búsqueda inteligente de cualquier material bibliográfico.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera: Fundamento teórico el cual describe terminología sobre web semántica, ontologías, y

antecedentes; en la sección metodología se describen las cuatro fases contempladas en la investigación, en la sección resultados y discusión se muestran y analizan los resultados obtenidos en el proyecto y en la última sección se muestran las conclusiones y trabajos futuros.

1. Fundamento teórico

La falta de significado que se maneja en la web actual dificulta la búsqueda eficiente de información. La web semántica (W3C, s.f.a) ha comenzado a adquirir una gran importancia debido a que se quiere encontrar información de manera precisa y poder convertirla en información del conocimiento y representarla en recursos web que puedan estar disponibles en otras aplicaciones. Para encontrar un significado claro en la búsqueda, la web semántica hace uso de ontologías, una ontología es «*una especificación explícita de una conceptualización*» (Gruber, 1993, 1), donde una conceptualización es una visión abstracta y simplificada del mundo que se quiere representar para algún propósito.

Más adelante se complementaría esta definición la cual expresa una ontología como «*Una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida*» (Studer, Benjamins & Fensel, 1998, 184), considerando que:

- Una conceptualización es un modelo abstracto de algún fenómeno del mundo construido mediante la identificación de los conceptos relevantes a ese fenómeno (normalmente un dominio del conocimiento).
- Explícito significa que los conceptos utilizados en la ontología, y las restricciones para su uso, están claramente definidos.
- Formal se refiere al hecho de que debe ser comprensible para las máquinas, es decir, estar expresada mediante una sintaxis que permita a un computador operar sobre ella.
- Compartida refleja la noción de que contendrá conocimiento consensuado en algún grado (en el caso de un dominio del conocimiento, se supone que estará consensuado por los expertos en él).

Las ontologías, de acuerdo con Sanz & Jiménez (2009, 257), están compuesta de elementos tales como clases, subclases, clases disjuntas, propiedades, rango, dominio y finalmente instancias de la clases o subclases.

En la actualidad existen varios trabajos que se han realizado con ontologías dando solución a algunos problemas como unificar términos que representen adecuadamente el significado de los conceptos

más usados en sectores como muebles y afines (Ziouziou, 2009), dominios farmacéuticos (Romá Ferri, 2009), lenguajes de ontologías web aplicadas en el sector turístico (Messino & Tovar, 2009) e investigaciones agrícolas (Thunkijjanukij, 2009), también para que los sistemas de información puedan conectarse e intercambiar su información para que sean capaces de compartir conocimiento entre ellos proporcionando soluciones de interoperabilidad semántica (Romá Ferri, 2009).

Para la construcción de las ontologías se tiene en cuenta la forma según el tipo de ontologías y criterios para su desarrollo (Gruber, 1993), así como también el lenguaje, para este caso se utilizó el lenguaje OWL (*Web Ontology Language*) el cual añade más vocabulario para la descripción de clases y propiedades, y brinda más semántica que el lenguaje RDF (*Resource Description Framework*) (Castells, 2005), OWL se divide en tres sublenguajes tales como OWL Lite, OWL DL, OWL Full (W3C, s.f.b) las ontologías OWL pueden ser consultadas por el lenguaje SPARQL el cual es similar al lenguaje de consulta SQL, de acuerdo a las aseveraciones de Allemang & Hendler (2008, 62) y Segaran et al. (2009, 84), con la ventaja que SPARQL especifica una consulta en lenguaje formal que pueda ser procesada por computadores y por personas. Para la implementación de la ontología se utilizó la herramienta de Software Libre Protégé que permite desarrollar modelos de conocimientos basados en *frames* (marcos) y otros basados en el lenguaje ontológico web (OWL) (Ramos & Gil, 2010).

2. Metodología

2.1 Fase I

Se apropió el conocimiento de web semántica, ontologías y herramienta Protégé, en la que se construyó la bibliografía, se instaló la herramienta bajo el sistema operativo GNU/Linux y se realizaron algunos ejemplos.

2.2 Fase II

En esta fase se diseñaron y definieron los diferentes componentes de la ontología *Sawa*, con este fin se recolectó la información necesaria sobre 202 trabajos de grado que se encontraban en medio digital, lo que permitió establecer el dominio de la ontología, clases, propiedades e instancias.

Inicialmente se diseñó la base de datos con el diagrama entidad relación y este se implementó en el Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) *PostgreSQL*, esta base de datos contiene información de los trabajos

de grado recolectados y dentro de sus atributos están título, autores, jurados, modalidad, nota obtenida, líneas de investigación, palabras clave, entre otros, así como también tablas para la construcción de un tesauro. El diseño detallado de la base de datos se puede consultar en el repositorio del proyecto Sawa, presentado por Cabrera, Guerrero & Benavides (2013).

2.3 Fase III

En esta fase se implementó la ontología Sawa. Para ello se usó la herramienta libre *Protégé* y se generó en formato OWL utilizando la metodología descrita por Zapata, Giraldo & Mesa (2010, 30). Esta ofrece una interfaz gráfica que permite que la construcción de las ontologías se enfoque en el modelado conceptual sin que requiera de conocimientos de la sintaxis del formato utilizado. El modelo de conocimiento está basado en *frames* (marcos) y sus elementos proporcionan clases, instancias de esas clases, propiedades que representan los atributos de las clases y sus instancias, y restricciones que expresan información adicional sobre las propiedades. En la Figura 1 se muestra la estructura general de la ontología Sawa.

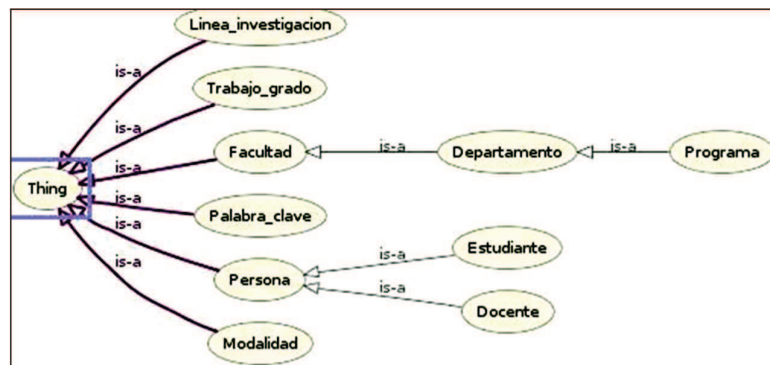


Figura 1. Estructura General

Para la herramienta *Protégé* los conceptos de la ontología son clases. Sawa contiene las siguientes superclases y clases:

- Superclase *Facultad*: esta clase abarca a las siguientes clases *Departamento* y *Programa*, de la cual, y para el caso de la investigación se define una instancia llamada *Ingeniería*. Las características que definen a la clase *Facultad* son: código de facultad, nombre de facultad y además la clase *Facultad* define el dominio de la ontología para trabajos de grado del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Nariño. En la figura 2 se muestra la definición de la superclase *Facultad*.

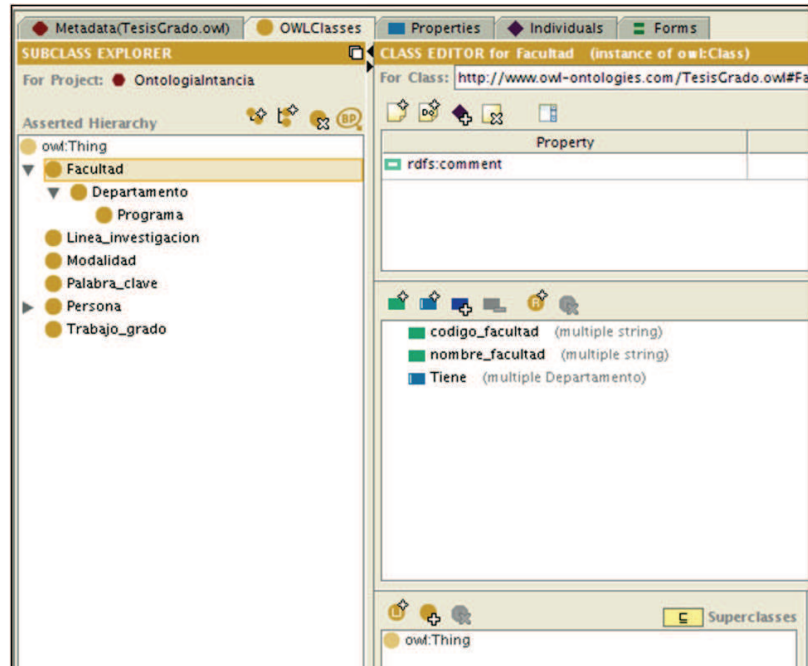


Figura 2. Superclase Facultad

- Clase *Departamento*: Esta clase solo abarca el departamento de Ingeniería de Sistemas, las características que definen a la clase son: código de departamento, nombre de departamento, pertenece, específica, y las siguientes son características adquiridas por herencia: código de facultad y nombre de facultad.
- Clase *Programa*: Esta clase solo abarca el Programa de Ingeniería de Sistemas, las características que definen a esta clase son: código de programa, nombre de programa, es estudiado además hereda las características de la clase Departamento.
- Superclase *Línea de investigación*: Esta clase abarca cinco instancias que son: software y manejo de información, gestión de seguridad y control, no aplica, optimización de sistemas, procesos educativos apoyados por las nuevas tecnologías de la información y comunicación, sistemas computacionales, y sus características.
- Superclase *Modalidad*: Esta clase engloba a cuatro instancias que se mencionan a continuación: pasantía, trabajo de investigación, no aplica, y trabajo de extensión a la comunidad. Las características que la definen: código modalidad, nombre modalidad, es del departamento, pertenece al.

- *Superclase Palabra clave.* Esta clase abarca todas las palabras claves con sus respectivos sinónimos de cada uno de los trabajos de grado del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Nariño. Las características que la definen: describen, significado, sinónimo.
- *Superclase Persona.* En esta clase se encuentran contenidas las clases *Docente* y *Estudiante*. A continuación se describen cada una de ellas. Sus características son: apellido persona, nombre persona, identificación persona.
- *Clase Docente.* En esta clase se encuentran todos los docentes que hayan participado como jurados y/o asesores de uno o varios trabajos de grado. Cabe destacar que los profesores contenidos en esta clase pueden ser externos al programa de Ingeniería de Sistemas. Las características que definen a esta clase son: tipo de vinculación, dirige y califica, además hereda las características que definen a la clase persona.
- *Clase Estudiante.* En esta clase se relacionan todos los estudiantes que han realizado su respectivo trabajo de grado. Las definen: calificación, código de estudiante, fecha de grado, pertenece y realiza, además también hereda las características de la clase persona.
- *Superclase Trabajo grado.* En ella se encuentran todos los trabajos de grado del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Nariño. Está definida por: título, signatura topográfica, resumen, id trabajo, fecha de sustentación, es calificado, es dirigido, es inscrito, es realizado, se inscribe y tiene.
- *Creación de Instancias.* Para la creación de las instancias se utilizó un *script*, tomando la información de la base de datos que fue construida anteriormente.

2.4 Fase IV

En esta fase se realizaron las pruebas y se evaluaron los resultados de la ontología *Sawa*.

2.4.1 Construcción de la aplicación. Para realizar las pruebas a la ontología se construyó un buscador desarrollado en *JavaEE* y liberado bajo licencia libre GPL3. Para realizar las consultas se utilizó el lenguaje *SPARQL* y la extensión de PostgreSQL denominada *pg_similarity*.

En la aplicación se utilizaron algoritmos como *lematizadores* y similitud de palabras para hacer corrección ortográfica, en caso de que el usuario tenga error de digitación, además de la construcción de un tesoro para que pueda hacer la búsqueda por sinónimos de palabras.

El software permite: Búsqueda General, Búsqueda por título, Búsqueda por autor, Auto completar palabras, Corrección de digitación, Búsqueda por sinónimos y Ordenamiento de resultados por mayor coincidencia. En la Figura 3 se muestra el diagrama de actividades de la búsqueda en el aplicativo desarrollado.

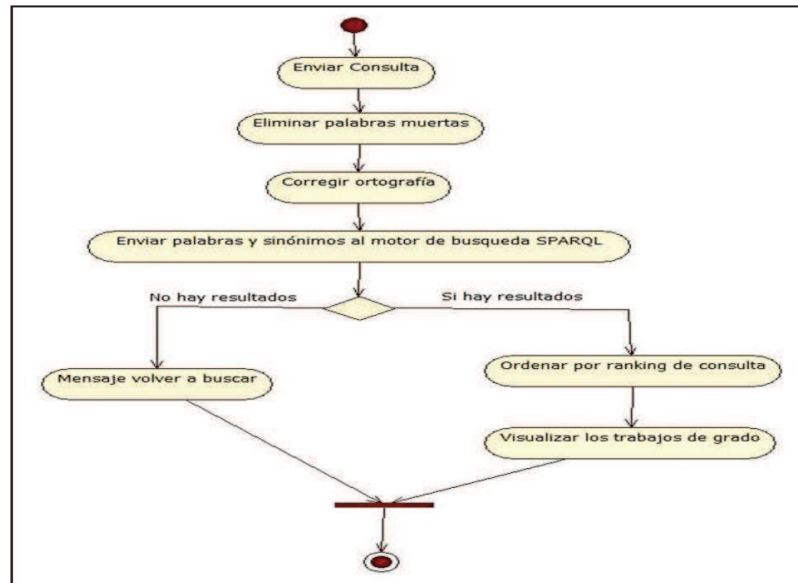


Figura 3. Diagrama de actividades

Por ser SPARQL el lenguaje estándar para consultar ontologías en formato RDF y OWL, se utilizaron los siguientes elementos para realizar las consultas Sawa:

- Sujeto: Es sobre quién se está haciendo la consulta o sea de quién se está hablando ejemplo: ?Estudiante.
- Predicado: Son las características de ese sujeto por ejemplo: Pertenece. Ya que un estudiante pertenece a una facultad.
- Objeto: Es el valor que tiene un predicado y puede ser una cadena entre comillas dobles o sencillas o también puede ser otro sujeto en el caso de ser una relación entre dos sujetos Ejemplo: el sujeto ?Estudiante tiene predicado la relación "Pertenece" y como objeto ingenieria_de_sistemas que es otro sujeto.

Cómo realizar una consulta en SPARQL:

```
PREFIX pol:<http : / /www.owl-ontologies.com/
TesisGrado.owl#>
```

```
SELECT
distinct ? Estudiante
where
{ ? Estudiante pol: Pertenece pol: ingenieria_de_sistemas . }
```

Para realizar búsquedas de similitud entre cadenas se utilizó la extensión de PostgreSQL denominada pg_similarity, un ejemplo de este tipo de búsqueda es:

```
SELECT jarowinkler ( 'Ontología ' , ' ontolog ' ) ;
```

El resultado obtenido es del 94% y según criterios del sistema se dará por aceptada la similitud.

2.4.2 Ejecución de pruebas. Para la aplicación de las pruebas se realizaron siete casos de prueba con diez iteraciones cada una, para los cuales se elaboró una tabla comparativa para ver la eficiencia del buscador desarrollado en esta investigación y el buscador de la biblioteca de la Universidad de Nariño.

Las pruebas se hicieron llevando los siguientes casos de prueba y se calificó como éxito o fracaso, teniendo en cuenta que el éxito se lo califica si la búsqueda a realizar está en los quince primeros resultados:

- Búsqueda por título completo: se realizó enviando la consulta con el título exacto que aparece en la base de datos (tildes, signos de puntuación y comillas), dando como resultado que los dos sistemas se comportan de la misma manera como lo muestra la figura 4 en la prueba P1.
- Búsqueda por autor completo: Esta búsqueda se realizó enviando la consulta con el autor exacto que aparece en la base de datos, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 100% de éxito y el sistema de biblioteca 40% como lo muestra la figura 4 en la prueba P2.
- Búsqueda por un nombre y un apellido: Esta búsqueda se realizó enviando la consulta con un nombre y un autor únicamente, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 90% de éxito y el sistema de biblioteca 40% como lo muestra la figura 4 en la prueba P3.
- Búsqueda por palabras contenidas en el título: Esta búsqueda se realizó enviando la consulta con palabras que estén contenidas en el título, las palabras podían haberse enviado en el orden del título como en desorden, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 100% de éxito y el sistema de biblioteca 0% como lo muestra la figura 4 en la prueba P4.

- Búsqueda por error ortográfico en el título: Esta búsqueda se realizó enviando la consulta con uno o dos errores de digitación en el título, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 100% de éxito y el sistema de biblioteca 0% como lo muestra la figura 4 en la prueba P5.
- Búsqueda por error ortográfico en el autor: esta búsqueda se realizó enviando la consulta con uno o dos errores de digitación en el autor, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 100% de éxito y el sistema de biblioteca 0% como lo muestra la figura 4 en la prueba P6.
- Búsqueda por sinónimos de palabras: Esta búsqueda se realizó enviando la consulta con algunos de los sinónimos de palabras contenidas en el título, dando como resultado que con el sistema realizado en esta investigación se obtiene 80% de y el sistema de biblioteca 0% como lo muestra la figura 4 en la prueba P7.

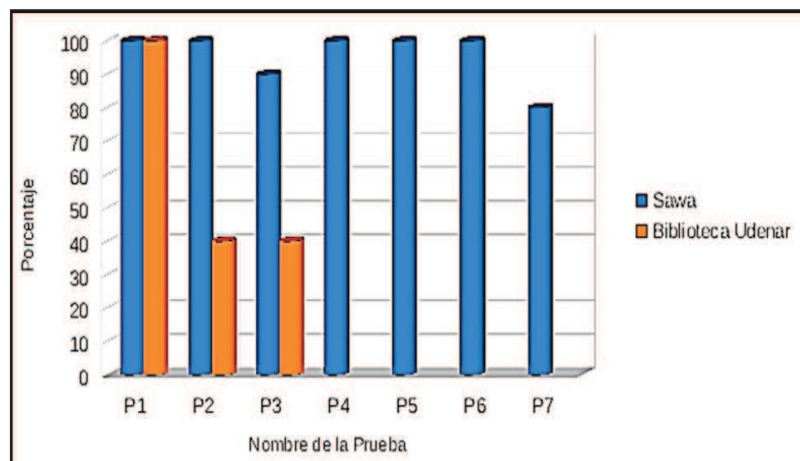


Figura 4. Pruebas SAWA

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Se apropió el conocimiento sobre la funcionalidad y desempeño de la herramienta libre *Protégé* en el desarrollo de ontologías.
- Se creó una base de datos con toda la información de los trabajos de grado del programa de Ingeniería de Sistemas con el sistema gestor *PostgreSQL*.

- Se construyó e implementó la ontología Sawa para soportar las búsquedas de los trabajos de grado.
- Se construyó el buscador semántico Sawa que permite realizar búsquedas inteligentes sobre trabajos de grado de la Universidad de Nariño.

3.2 Discusión

Comparando los resultados obtenidos con el sistema de información de la biblioteca de la Universidad de Nariño y el buscador semántico Sawa, el resultado de la consulta por título completo en el sistema de la biblioteca muestra únicamente el trabajo de grado que coincide con el título, en cambio con el buscador semántico se obtienen, además del trabajo de grado específico, otros trabajos de grado que guardan relación con el primero, debido a que se cuenta con un tesoro que permite estas relaciones.

En la búsqueda por autor completo el sistema de información de la biblioteca en algunos casos fue exitoso y en otros no. En el buscador semántico, la búsqueda siempre fue exitosa porque busca el mayor número de coincidencias en el nombre completo dando mayor relevancia a la consulta con mayor exactitud de nombres completos. De igual manera sucedió en la búsqueda por un nombre y un apellido.

En las búsquedas realizadas por palabras contenidas en el título en el sistema de la biblioteca los resultados obtenidos no son satisfactorios ya que al ingresar palabras en diferente orden a la del título no se obtiene ningún resultado. Esto no sucede con el buscador semántico Sawa que siempre obtiene una búsqueda exitosa.

En las búsquedas con errores de digitación en el sistema de la biblioteca no se obtienen resultados así sea con una sola letra mal digitada, en la aplicación construida en esta investigación los resultados son satisfactorios porque se separa toda la cadena de la consulta y se realiza la búsqueda palabra por palabra dando más relevancia al mayor número de palabras encontradas.

En las búsquedas con sinónimos de palabras en el título, en el sistema de la biblioteca no se obtuvo ningún resultado, debido a que el sistema no posee un tesoro al cual consultar, en cambio con el buscador semántico, el resultado que se obtuvo fue alto, debido a que el sistema busca en el tesoro y luego hace las consultas con las palabras encontradas y da relevancia a las que más se repiten, dando flexibilidad a la búsqueda.

4. Conclusiones y trabajos futuros

Como resultado del proyecto de investigación la Universidad de Nariño cuenta con una ontología denominada *Sawa*, desarrollada con la herramienta *Protégé*, que permite soportar la búsqueda inteligente en las consultas sobre los trabajos de grado.

Los resultados de las pruebas realizadas entre el buscador semántico *Sawa* y el sistema de información de la biblioteca de la Universidad de Nariño, demostraron que este buscador es más eficiente en las búsquedas que el sistema de información.

A futuro se pretende complementar el trabajo realizado con la ontología *Sawa*, con el fin de que el buscador semántico sea capaz de realizar consultas sobre todo el material bibliográfico de la biblioteca de la Universidad de Nariño.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, la financiación del proyecto soporte del presente artículo.

Referencias bibliográficas

- ALLEMANG, D. & HENDLER, J. (2008). *Semantic web for the working ontologist: Effective modeling in RDFS and OWL*. San Francisco (CA, USA): Morgan Kaufmann Publishers Inc. 384 p. ISBN: 978-0123735560
- CABRERA ROSERO, O.; GUERRERO RESTREPO, M. & BENAVIDES BENAVIDES, M. (2013). Repositorio SAWA [en línea]. Mountain View (CA, USA): Google Sites. <<https://sites.google.com/site/repositoriosawa/>> [consulta: 04/05/2013]
- CASTELLS, P. (2005). *La Web Semántica*. En: BRAVO SANTOS, C. & REDONDO DUQUE, M.A. (2005). *Sistemas interactivos y colaborativos en la web*. Cuenca (España): Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha. p. 195-212. ISBN: 84-8427-352-0.
- GRUBER, T. R. (1993). *Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing*. In: *Substantial revision of paper presented at the international workshop on formal ontology (03/1993)*. Padova (Italy). GUARINO, N. & POLI, R (eds.). Technical Report KSL 93-04. Norwell (MA, USA): Kluwer Academic Publishers. p. 1-22. <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.122.3207&rep=rep1&type=pdf>> [consult: 04/05/2013]
- MESSINO SOZA, A. & TOVAR GARRIDO, L.C. (2009). *Lenguaje de ontologías web aplicada al sector turístico*. En: *Revista en Educación en Ingeniería*, Vol. 4, No 8 (dic.). Bogotá (Colombia): Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, Acofi. p. 122-129. ISSN. 1900-8260. <<http://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/87/77>> [consulta: 20/03/2017]
- RAMOS, L. & GIL, R. (2010). *Sistema de información para apoyar la gestión de la educación a distancia*. En: *Revista Télématique*, Vol 9, No 1. Maracaibo (Venezuela): Universidad Rafael Bellos Chacín. p. 98-119. ISSN: 1856-4194.
- ROMÁ FERRI, M. T. (2009). *OntoFIS: Tecnología ontológica en el dominio farmacoterapéutico* [en línea]. Tesis doctoral. San Vicente del Raspeig (Alicante, España): Universidad de Alicante, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. 247 p. <http://gplsi.dlsi.ua.es/gplsi11/sites/default/files/tesis_Roma_OntoFIS.pdf> [consulta: 17/03/2014]

- SANZ, I. & JIMÉNEZ RUIZ, E. (2009). Ontologías en Informática. En: ALCINA, A.; VALERO, E. & RAMBLA, E. (eds.) (2009). Terminología y sociedad del conocimiento. Berna (Suiza): Peter Lang Pub. p. 255-286. ISBN: 9783039115938
- SEGARAN, T.; EVANS, C.; TAYLOR, J.; TOBY, S.; COLIN, E. & JAMIE, T. (2009). Programming the semantic web. Sebastopol (CA, USA): O'Reilly Media, Inc. 302 p. ISBN: 978-0-596-15381-6.
- STUDER, R.; BENJAMINS, V.R. & FENSEL, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods [online]. In: Data and Knowledge Engineering, Vol. 25, No. 1-2 (mar.), Philadelphia (PA, USA): Elsevier. p. 161 - 197. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6)> 37 p. [consult: 02/02/2013].
- THUNKIJJANUKIJ, A. (2009). Ontology development for agricultural research knowledge management: a case study for Thai rice. PhD thesis (Doctor of Philosophy: Tropical Agriculture). Bangkok (Thailand): Universidad Kasetsart. 249 p. <<http://eprints.rclis.org/15522/1/ak913e00.pdf>> [consult: 17/03/2014]
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, W3C (s.f.a). Guía breve de web semántica [en línea]. Cambridge (MA, USA): W3C. <<http://www.w3c.es/Divulgacion/GuiasBreves/WebSemantica>> [consulta: 02/02/2013].
- WORLD WIDE WEB CONSORTIUM, W3C (s.f.b). Owl web ontology language [online]. Cambridge (MA, USA): W3C <<http://www.w3.org/TR/owl-features/>> [consulta: 02/02/2013].
- ZAPATA, C. M.; GIRALDO, G. L. & MESA, J. E. (2010). Una propuesta de metaontología para la educación de requisitos [en línea]. Ingeniare: Revista chilena de ingeniería, Vol. 18, No. 1, Arica (Chile): Universidad de Tarapacá. p. 26-37. ISSN: 0718-3305. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052010000100004>> [consulta: 02/17/2013].
- ZIOUZIOU, M. (2009). Desarrollo de una ontología y de un sistema de recuperación de la información para el sector del mueble y afines [en línea]. Proyecto fin de carrera. Valencia (España): Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE), Universidad de Valencia. 199 p. <<http://robotica.uv.es/~jsamper/Mouna.pdf>> [consulta: 16/03/2014].