

# Sistema de Soporte para el Diseño Curricular basado en Ontologías Educativas generadas de manera Automática

Angel Fiallos Ordóñez, Member IEEE, Katherine Chiluiza García, Member IEEE, Xavier Ochoa Chehab, Member IEEE

**Title—** Curriculum Design Assistant System Based in Automatically-generated Educational Ontologies

**Abstract—** This work describes the design and implementation of a functional assistant system to support instructors to design or re-design the curriculum of their courses. The system uses automatically generated ontologies from textbooks that reflect the structure of a specific body of knowledge. Twelve instructors participated in the generation of curricula for a programming fundamentals course, using the assistant system. An initial evaluation of this tool suggests that the system was successful in helping novel instructors with the design of a new curriculum.

**Index Terms—** Ontologies, natural language processing, education, learning analytics, deep learning, intelligent curricula, word2vec.

## I. INTRODUCCIÓN

ESTUDIOS anteriores ya han identificado la importancia de desarrollar ontologías en el campo de la educación [1]. Las ontologías al formar un esqueleto conceptual en diversos dominios pueden servir para diversos propósitos educativos, como una mejor comprensión, creación, intercambio y reutilización de conocimientos [2], aprendizaje colaborativo [3], tutoriales inteligentes [4], y para la resolución de problemas y desarrollo de competencias [5].

La gestión y el desarrollo de los planes de estudios puede mejorarse mediante el uso ontologías en actividades tales como la alineación, comparación y correspondencia de currículos de cursos entre universidades, sistemas educativos o disciplinas relevantes. Siguiendo este enfoque, creamos un sistema para el soporte funcional a profesores que utiliza ontologías generadas de forma automática para ayudarlos en el proceso de creación de currículos inteligentes. El sistema muestra una ontología preliminar, y

los profesores pueden mejorarla agregando material adicional o manipulación directa. Luego, con la información ingresada por los usuarios, un proceso de mapeo identifica los conceptos más relevantes utilizando términos disponibles en los nodos de la ontología para realizar sugerencias de conceptos y recursos de aprendizaje.

Los educadores también pueden evaluar la calidad de los currículos inteligentes y validar si el contenido de sus documentos se encuentra cubierto por estándares curriculares, como el plan de estudios de informática, CS2013 [6] para lo cual el sistema utiliza un modelo de clasificación de etiquetas múltiples implementado a través de técnicas de aprendizaje profundo y procesamiento del lenguaje natural.

La principal contribución de este trabajo es evaluar la percepción de los docentes sobre la utilidad, facilidad, y otros aspectos relacionados con las ontologías que ofrece nuestro sistema. Para lograr esto, preparamos un experimento enfocado en maestros que preferiblemente no han enseñado el curso de fundamentos de programación desde el semestre anterior.

Las principales preguntas de investigación fueron las siguientes:

- RQ1: ¿Las ontologías generadas pueden ser útiles en una herramienta que soporte el diseño de currículos de cursos?
- RQ2: ¿Cuál es la funcionalidad que tuvo la mayor contribución durante el diseño de currículos de cursos?

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. Una sección de trabajo relacionada presenta una breve discusión sobre ontologías educativas e investigación de currículos inteligentes y cómo este trabajo contribuye al estado del arte. Una sección de metodología, que describe los procesos y las funcionalidades del sistema. A continuación, la sección de diseño experimental describe a los participantes, el contexto experimental y otros detalles sobre la experimentación. Además, presentamos una sección con los resultados y la discusión de los resultados de esta investigación. Finalmente, el artículo termina con conclusiones y posibles usos en el campo de la educación.

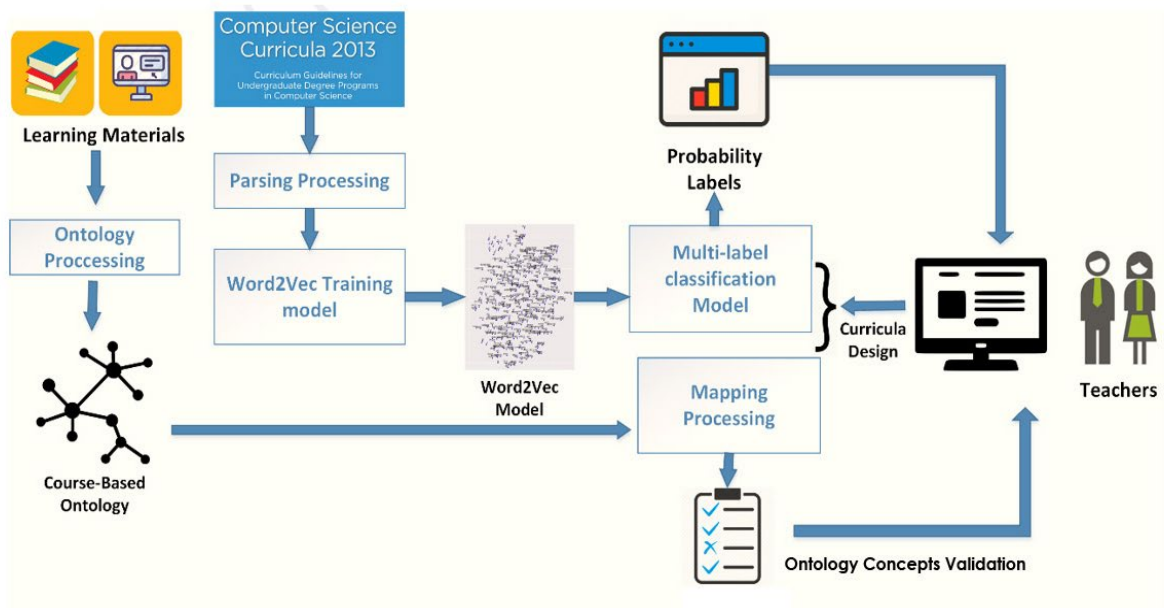


Fig. 1. Arquitectura para el sistema de soporte de diseño curricular

## II. REVISION LITERARIA

Los métodos conceptuales de visualización de modelos, como las ontologías, se utilizan de manera amplia y efectiva en la educación, y se han desarrollado muchas ontologías educativas para una serie de disciplinas [7, 8] y otros enfoques relacionados, como los sistemas educativos adaptativos [9], los requerimientos de ingeniería para la educación [10], herramientas de autor [11] y el diseño de currículos inteligentes [12].

Los currículos inteligentes han sido identificados como uno de los habilitadores de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones basados en datos en educación [13]. Esto puede definirse como la representación del dominio del conocimiento que generalmente se enseña en un curso de manera que pueda ser entendido y procesado por un sistema computacional. La representación más común que cumple este requisito es una ontología.

Muchas aplicaciones educativas y de analítica del aprendizaje utilizan currículos inteligentes representados como ontologías de cursos, para recomendar materiales de aprendizaje [14] para secuenciar automáticamente las actividades de aprendizaje [15] para evaluar la calidad de las contribuciones en foros en línea [16]. Además, para monitorear el proceso de autoría y resolver inconsistencias [17] o para proporcionar retroalimentación visual a los estudiantes sobre su progreso [18], entre otros.

Sin embargo, la creación de currículos inteligentes a partir de ontologías educativas, incluidas las extraídas de manera automática, es un campo con escasos estudios de investigación y muchas posibilidades de aplicación dentro de los campos de la educación y el análisis de aprendizaje. Además, el costo de crear manualmente estas ontologías orientadas a cursos es alto [19] principalmente porque los analistas de conocimiento rara vez son expertos en tecnologías semánticas y viceversa.

Este estudio busca encontrar luz sobre los procesos de la

creación de currículos inteligentes, explorando el uso de ontologías de curso generadas de manera automática y que sirvan de base para el diseño y evaluación de estos a través de un sistema de soporte para el diseño curricular de curso académicos. Si bien los instructores pueden diseñar currículos y agregar contenido de aprendizaje, el sistema recomienda una ontología preliminar para el curso en cuestión, y el usuario puede mejorarlo mediante una directa manipulación.

## III. METODOLOGIA

La Figura 1 muestra las fases seguidas para la implementación del sistema de soporte para el diseño curricular. El proceso comienza con la recopilación de datos a partir de libros digitales y continúa con las técnicas y los modelos utilizados para construir las ontologías de curso, que serán utilizadas por las funcionalidades del sistema y que se explican a continuación.

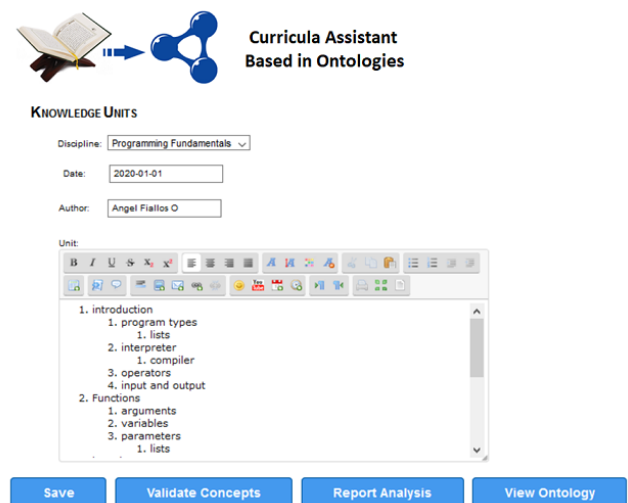


Fig. 2. Interfase del sistema de soporte para el diseño curricular

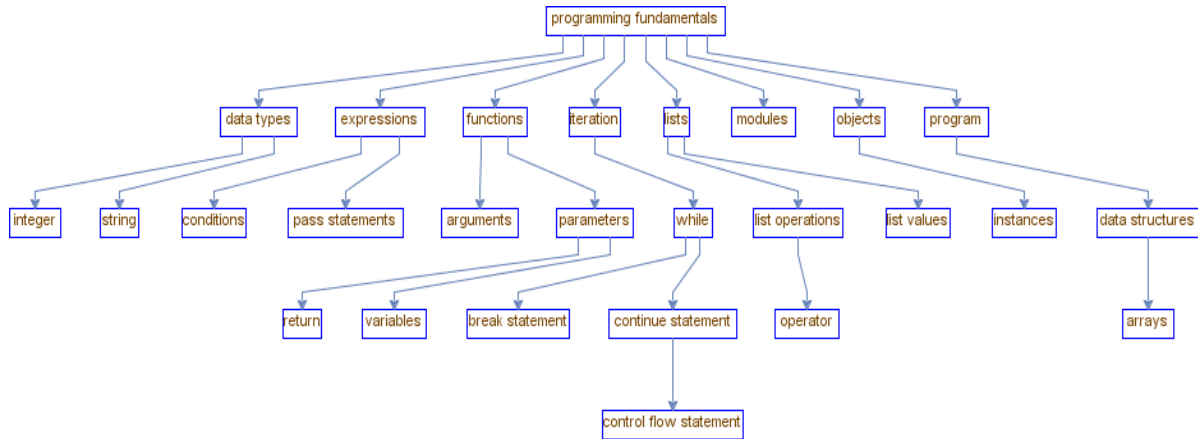


Fig. 3. Ontología del curso "Fundamentos de Programación"

### A. Sistema de Soporte para el diseño curricular

El sistema desarrollado a través de interfaces web permite ingresar, editar y validar los currículos por parte de los profesores. El sistema accede a las ontologías de cursos para realizar guías y sugerencias del contenido a los usuarios. Se utilizó lenguaje Java y JavaScript para codificar el editor de texto y las bibliotecas como JGraphT [20] y Stanford Core [21] para el desarrollo de algoritmos de parseo y visualización de estructuras de grafos.

La Figura 2 muestra una interfaz del sistema de soporte para el diseño curricular que consiste en una lista de cursos para acceder a las ontologías preconfiguradas, un editor de texto para registrar el currículo de curso y las opciones funcionales disponibles para profesores e instructores.

### B. Generación de Ontologías de curso

Para obtener las ontologías de curso, se exploró una metodología para la generación semiautomática a partir de textos digitales. De manera similar, al trabajo propuesto por Guerra, se seleccionaron dos libros digitales del curso fundamentales de programación recomendados por profesores que dictaban el curso. ("Learn to Program with Python", y "Think Python") a los cuales se aplicó a un proceso de parseo para dividir los documentos en sus partes jerárquicas (capítulos, secciones, subsecciones). Todas las partes de los libros se relacionaron con otras similares en otros documentos, utilizando como métrica la similaridad entre los textos de ambas partes [22].

A continuación, se utilizó el modelo de tópicos Latent Dirichlet Allocation (LDA) [23] para determinar los tópicos más relevantes en las secciones de los libros seleccionados que presenten un mayor valor de similaridad. Luego, por medio de la librería OpenIE [24] para extracción de triples, se conectaron las palabras con mayor probabilidad en los tópicos identificados, de acuerdo con sus relaciones semánticas y la estructura jerárquica presente en los libros. El resultado fue una ontología con 74 conceptos para el curso de fundamentos de programación, similar a la mostrada en la Figura 3. Luego, a través de las librerías

proporcionadas por el editor Protégé [25], se configuró la ontología en formato OWL para que el sistema entre otras funcionalidades pueda acceder a la misma y realizar la visualización del modelo e identificar los conceptos más relevantes disponibles en los nodos de ontología de curso

### C. Validación de conceptos en currículos

Se implementó un proceso de parseo para extraer el texto delimitado por etiquetas y construir representaciones abstractas del currículo del curso. Otros elementos, como las viñetas, la puntuación y los saltos de línea, también se utilizaron para identificar información relevante en el texto sin formato. Luego, se aplicó un análisis lingüístico utilizando las bibliotecas Stanford NLP y las técnicas de etiquetado de parte del discurso (POST), para determinar los sustantivos, nombres y palabras clave disponibles en cada documento y de esa manera obtener una lista de los términos utilizados por los profesores. La ontología cumple la función de un modelo para la representación del conocimiento, es decir, sus nodos representan los conceptos del dominio, y los enlaces determinan la relación entre ellos. Una implementación del proceso de mapeo utilizó estos enlaces para localizar los nodos de la ontología que estaban asociados con conceptos específicos disponibles en los currículos del curso ingresados por los profesores.

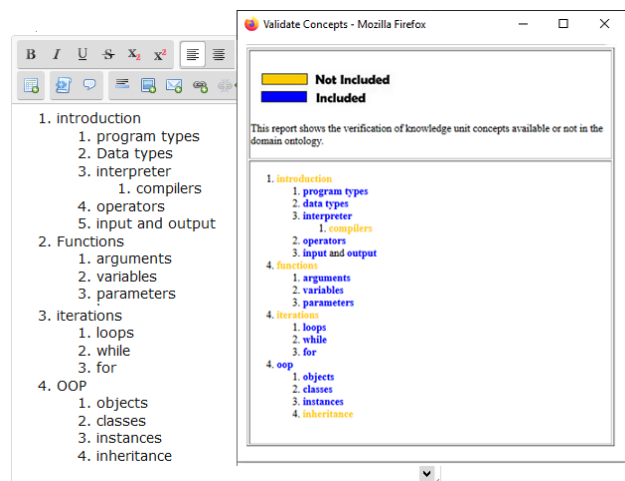


Fig. 4. Funcionalidad para la validación de conceptos

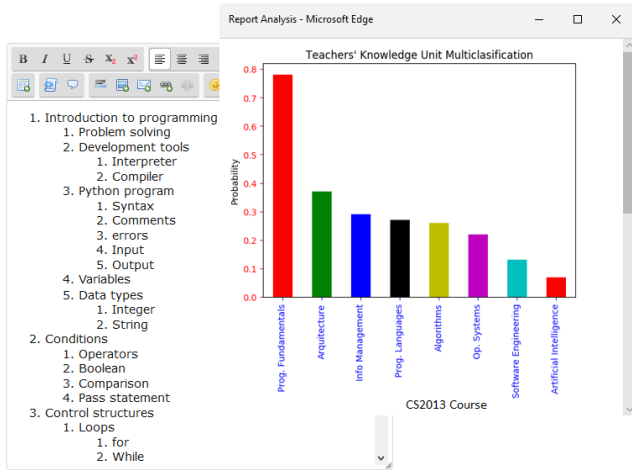


Fig. 5. Funcionalidad “Reporte de Análisis de Clasificación”

Una vez realizado el proceso de mapeo, los conceptos y palabras clave identificados y no identificados se muestran a los docentes con un marcado especial, con el fin de ayudarlos durante la selección definitiva de términos para el diseño curricular. La Figura 4 muestra una captura de la funcionalidad para la validación de conceptos. Se puede apreciar la diferencia de colores, amarillo para los conceptos no incluidos en la ontología y azul para los conceptos incluidos.

#### D. Reporte de Análisis de clasificación

Esta funcionalidad tiene como objetivo asegurar el contenido de calidad de los currículos de los cursos registrados por los docentes a través de un modelo de clasificación multicapa implementado usando modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) [26] y vectores de palabras pre-entrenadas. Primero, se utilizaron datos semiestructurados de las unidades de conocimiento de los siguientes cursos: fundamentos de programación, arquitectura y organización de computadores, gestión de la información, lenguajes de programación, algoritmos, sistemas operativos e inteligencia artificial, disponibles en el estándar curricular CS-2013.

Luego, para construir el corpus final, se diseñó una estructura jerárquica de cuatro niveles, donde las sentencias del primero, segundo y tercer nivel se obtuvieron desde las unidades de conocimiento de los cursos seleccionados del estándar curricular CS-2013. Las sentencias de último nivel se obtuvieron de las páginas de Wikipedia, vinculadas a los conceptos principales seleccionados en el tercer nivel. La Tabla I muestra un ejemplo de extractos de sentencias extraídas desde el estándar curricular CS-2013 y páginas de Wikipedia para cada curso.

Siguiendo el enfoque de Kim [27], se diseñó una red neuronal convolucional simple, conformada por una capa de entrada con cinco tamaños de ventana (con ngrams) diferentes y una capa de convolución de los vectores de palabras obtenidos usando el modelo no supervisado Word2Vec [28]. Estas representaciones de vectores son extractores que codifican características semánticas de palabras en sus dimensiones, con el propósito de extraer

TABLA I  
EXTRACTOS DE SENTENCIAS DEL ESTÁNDAR CURRICULAR CS2013  
Y CONCEPTOS EN WIKIPEDIA

Curso	Nivel	Contenido
Programming Fundamentals	1	Fundamental Data Structures
Programming Fundamentals	2	Arrays
Programming Fundamentals	3	Stacks
Programming Fundamentals	4	Queues
Programming Fundamentals	4	Queues are common in computer programs, where they are implemented as data structures coupled with access routines
Software Engineering	1	Software Processes
Software Engineering	2	Team participation. Roles and responsibilities in a software team
Software Engineering	3	Team processes including responsibilities for tasks, meeting structure, and work schedule
Software Engineering	3	Roles and responsibilities in a software team
Software Engineering	4	software engineering that deals with establishing the needs of stakeholders that are solved by software.
Artificial Intelligence	1	Basic Machine Learning
Artificial Intelligence	2	Definition and examples of broad variety of machine learning tasks, including classification
Artificial Intelligence	2	Simple statistical-based learning, such as Naive Bayesian Classifier, decision trees
Artificial Intelligence	3	Support vector machines (SVMs)
Artificial Intelligence	3	Learning decision trees,
Artificial Intelligence	4	Support vector machines (SVMs), are a set of related supervised learning methods used for classification and regression.

patrones.

Para la implementación del modelo, se entrenaron las sentencias extraídas del estándar CS2013 utilizando word-embeddings con 100 dimensiones. Luego, se utilizaron las librerías Gensim [29] y Keras [30] para construir la red neuronal convolucional, usando como parámetros una ratio de aprendizaje de 0.2 y un número de epochs de 20. Para la configuración del modelo, se dividió los datos en sets de entrenamiento y de prueba en una proporción de 80/20. El modelo se evaluó a sí mismo después de cada epoch con el fin de ajustar los parámetros de acuerdo con su función de pérdida. El resultado fue un modelo entrenado que puede clasificar nuevos valores.

El modelo entrenado usa los valores de confianza para producir un ranking. Al final de la red convolucional, se utilizó una función de activación sigmoidea para tratar las etiquetas de forma independiente. Este modelo de clasificación de etiquetas múltiples se aplicó a los conceptos y frases clave identificadas por técnicas de etiquetado Part of Speech (POS) en el contenido de los currículos generado por los profesores a través de nuestro sistema.

Como resultado, el modelo por cada currículo devolvió en formato JSON un conjunto de etiquetas de probabilidades relacionadas con las áreas del estándar CS-2013, para ser mostradas al usuario de manera visual. La Figura 5 muestra

un ejemplo en el que el contenido de un currículo presenta una probabilidad mayor al 70% de ser etiquetado como curso de Fundamentos de programación, en el estándar curricular CS-2013.

#### IV. DISEÑO EXPERIMENTAL

Doce profesores pertenecientes a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL fueron seleccionados para la prueba experimental. Los profesores fueron profesionales jóvenes (media = 30 años), el 75% fue hombres y el 25% mujeres. La experiencia docente promedio fue de 6.2 años, el 25% de ellos nunca ha enseñado el curso de fundamentos de programación, el 66.7% enseñó este curso dos semestres antes del experimento, y el 8.3% restante está enseñando el curso en el semestre actual.

##### A. Contexto Experimental

Los profesores que participaron en este estudio recibieron instrucciones de diseñar planes de estudio para el curso de programación básica con la restricción de que debía tener entre 30 y 50 conceptos en una estructura jerárquica. Los docentes tuvieron acceso a una versión en línea del sistema auxiliar de currículo y sus funcionalidades durante el experimento. Además, se informó a cada maestro que el tiempo máximo para la tarea era de 30 minutos.

Los profesores también pudieron acceder a una copia digital de los libros de programación y recibieron una breve descripción por correo de cómo realizar el experimento y un instructivo del sistema. Por ejemplo, se les indicó que, en la primera iteración, podrían usar la opción "Vista de ontología" para visualizar la ontología de fundamentos de programación como referencia del contenido del curso. Además, se les explicó que las opciones restantes del sistema ("Validar conceptos" y "Reporte de Análisis") se habilitarían una vez que la primera versión de sus currículos inteligentes se hubiese registrado en el sistema.

Se implementó también un cuestionario como el de la Figura 6 con preguntas de opción múltiple utilizando formularios de Google, con el objetivo de explorar las percepciones de los docentes sobre las funcionalidades del sistema durante el diseño de los currículos inteligentes. El enlace para el cuestionario se envió a los participantes una vez que finalizó el experimento.

Para este análisis, los datos se dividieron en dos partes. La primera parte está relacionada con la primera pregunta de investigación e incluyó preguntas destinadas a evaluar las percepciones de los docentes. La segunda parte está relacionada con la segunda pregunta de investigación y corresponde a preguntas centradas en las opiniones de los profesores sobre las funcionalidades del sistema. La Figura 7 muestra capturas de pantalla de docentes que usaron el sistema durante el experimento.

Se midió la percepción de los docentes sobre la utilidad, facilidad y recomendación sobre el uso de la herramienta para otros cursos, con una escala Likert de cinco puntos (1 es igual a totalmente en desacuerdo y 5 es igual a totalmente de acuerdo)

#### V. RESULTADOS Y DISCUSION

Para responder a las preguntas de investigación


Prototype Evaluation						
						
How old are you as a teacher?						
Have you taught in the previous semesters the subject Programming Fundamentals? (Y/N)						
How useful was the tool to you during the design of the knowledge unit?						
Nothing useful	1	2	3	4	5	Very Useful
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Rate from 1 to 5, the degree of ease of use of the tool						
Not easy	1	2	3	4	5	Very easy
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
How much do you agree that the tool is used for other courses?						
Totally disagree	1	2	3	4	5	Totally agree
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Pick one of the following functionalities, that do you think had a greater contribution towards your objective?						
<input type="radio"/> View Ontology						
<input type="radio"/> Report Analysis						
<input type="radio"/> Validate Concepts						
<input type="radio"/> Search Knowledge Units						
<input type="radio"/> None						
Would you consider using a version of the tool during a process of curriculum reform or change? (Y/N)						

Fig. 6. Cuestionario Post-Experimento

planteadas anteriormente, primero se determinaron las estadísticas descriptivas sobre la utilidad, facilidad y recomendaciones sobre el uso del sistema y sus funcionalidades. Esta información se presenta en la Tabla 2.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, el sistema se percibe como útil para el diseño curricular (media = 3.9). En cuanto a la facilidad de la herramienta, los resultados fueron similares a los de la utilidad (media = 3.8). Indica que la mayoría de los profesores percibieron que la herramienta y sus funcionalidades son relativamente fáciles de usar. Los docentes también indicaron que recomendarían a otros el uso de la herramienta (media = 4.3). Estos valores nos permiten responder la pregunta RQ1, afirmando que las ontologías de conocimiento son útiles para el diseño de los currículos del curso, desde el punto de vista de los docentes.

La segunda parte del cuestionario contenía preguntas relacionadas con la funcionalidad del sistema. La primera pregunta tiene como objetivo investigar qué funcionalidad del sistema tuvo una contribución más significativa para los docentes durante la tarea de diseño de los currículos. Los resultados fueron los siguientes: "Ver ontología" con 55%, "Reporte de Análisis" con 36% y "Validación de Conceptos" con 9%. Estos resultados denotan que la ontología es la funcionalidad que más ayudó a los profesores durante la prueba. Estos resultados nos permiten responder a RQ2, afirmando que el sistema de funcionalidad que más contribuye al desarrollo de los currículos inteligentes es la

TABLA 2  
ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE UTILIDAD, FACILIDAD Y  
RECOMENDACIONES DE USO

Pregunta Objetivo	N	Prom	Desv. estándar	Varianza	Asimetría
Utilidad	12	3.9	0.70	0.491	0.123
Facilidad	12	3.8	0.75	0.564	0.329
Recomendación acerca del uso de la herramienta a otros cursos	12	4.3	0.67	0.455	-0.593

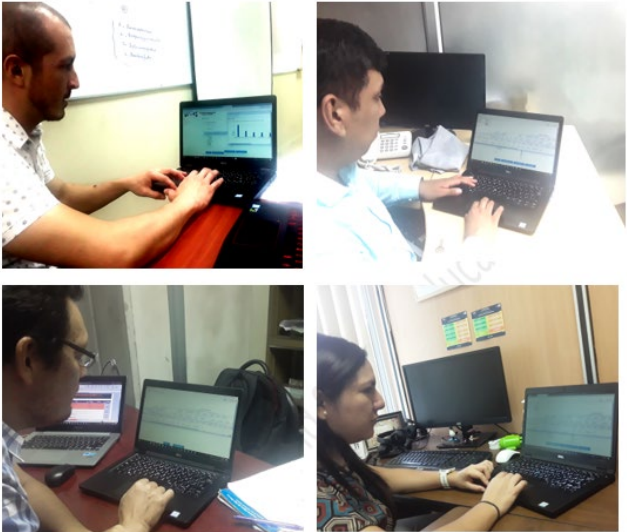


Fig. 7. Profesores usando el sistema durante el experimento

visión de la ontología.

La segunda pregunta tiene como objetivo investigar si los docentes usarían la herramienta durante una reforma curricular en las mallas académicas. Los resultados fueron positivos, con el 91% de los profesores indicando que

usarían esta herramienta para esta actividad. Además, los participantes hicieron algunos comentarios sobre su experiencia en la prueba. La mayoría se propusieron mejoras al sistema de asistencia curricular, como mejorar el proceso de edición, la visualización de ontologías y la estructura de la información. La Tabla 3 muestra los comentarios más relevantes de los maestros sobre su experiencia con el sistema de soporte para la gestión curricular.

Finalmente, se calculó una medida de precisión como el porcentaje de conceptos que estaban en el contenido de los planes de estudio de cada maestro, que también se incluyeron en las unidades de conocimiento de fundamentos de programación de CS2013, disponibles en documentos digitales. La precisión promedio para todos los cursos curriculares de los docentes fue del 73%.

La idea de utilizar la estructuración visual de la información para mejorar la calidad de la comprensión y la mentalización entre los colegas de investigación no es nueva [31]. Las ontologías son herramientas de estructuración útiles y proporcionan un eje de organización a lo largo del cual los profesores o estudiantes pueden marcar mentalmente su visión en el hiperespacio de la información del conocimiento del dominio [32]. Estos estudios podrían explicar porque la mayoría de los participantes señalaron que la ontología era la funcionalidad del sistema que más les ayudó durante las pruebas

Este estudio no está exento de limitaciones. Se realizó en un número limitado de participantes, y solo se probó la ontología de un curso del área de ciencias de la computación en el sistema. Con respecto a la validación de los currículos, pudo haberse considerado la revisión de estos por parte de expertos, además de la estimación del porcentaje de conceptos presentes en el estándar CS2013. Sin embargo, en general, la herramienta tuvo una adecuada evaluación de utilidad y facilidad. Los comentarios de los usuarios

TABLA 3  
RESUMEN DE LOS COMENTARIOS DE LOS PROFESORES SOBRE EL SISTEMA

Pregunta Objetivo	Comentario
Utilidad	Me gustaría que la ontología se pueda agrupar y abrir para que el usuario, pueda revisar mejor la información.  El sistema podría sugerir la lista de temas, y el profesor elegiría el subconjunto de temas que desea incluir y el orden en que desea dictarlos.
Facilidad	Me gustaría que la información presentada por la ontología se pueda arrastrar hacia el editor del sistema, preservando su jerarquía  Un editor de texto con herramientas de formato puede no ser la mejor alternativa. En su lugar, mostraría una interfaz más pequeña donde se ingresa el contenido y luego indicaría qué partes del documento están anidadas dentro del texto.
Recomendación acerca del uso de la herramienta a otros cursos	La herramienta acelera el diseño de un plan de estudios y ofrece comentarios inmediatos sobre temas que no se han incluido

destacan los pocos pasos que se deben tomar para lograr los objetivos, pero también solicitan mejoras en la flexibilidad para el uso de la ontología.

## VI. CONCLUSIONES

Este trabajo exploró cuán útiles pueden ser las ontologías educativas para la generación de currículos inteligentes de cursos. Entre los resultados se muestra que los profesores opinaron que el sistema les ayudó a desarrollar el currículo para el curso de fundamentos de programación, y que la funcionalidad que más contribuyó al diseño de este fue la visualización preliminar de la ontología. La precisión promedio de los currículos creados, da una idea de la calidad del contenido creado por cada tutor con la ayuda de las herramientas del sistema.

Estos resultados son significativos porque al ayudar a los profesores a mejorar el contenido curricular de los cursos, con el apoyo de ontologías generadas a partir de libros digitales recomendados por expertos y de las validaciones del contenido contra estándares curriculares como CS2013, los estudiantes pudieran acceder a un mejor contenido educativo al momento en que se desarrolle el curso.

Como trabajo futuro, podemos visualizar la generación, uso y evaluación de ontologías educativas para el diseño curricular de más cursos académicos pertenecientes a otras áreas de conocimiento como las ciencias sociales o humanidades y la participación de un mayor número de docentes. Además, se considera realizar la exploración de otras aplicaciones educativas y de analítica del aprendizaje que consuman ontologías de cursos y currículos inteligentes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

que participaron en los experimentos y en las encuestas.

#### REFERENCIAS

- [1] G. Dall'Alba and R. Barnacle, "An Ontological Turn for Higher Education," *Studies in Higher Education* 32, 2007.
- [2] K.-K. Chu, C.-I. Lee and R.-S. Tsai, "Ontology technology to assist learners' navigation in the concept map learning system," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 9, pp. 11293-11299, 2011.
- [3] B. Barros, M. Verdejo, T. Read and R. Mizoguchi, "Applications of a Collaborative Learning Ontology.," in *Proceedings of the 2nd MICAI*, 103-118, 2002.
- [4] W. Yathongchai, T. Angskun and J. Angskun, "SQL Learning Object Ontology for an Intelligent Tutoring," *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, vol. 3, no. 2, 2013.
- [5] D. Fensel, E. Motta, S. Decker and Z. Zdráhal, "Using Ontologies For Defining Tasks, Problem-Solving Methods and Their Mappings.," in *Knowledge Acquisition, Modeling and Management*, 2006.
- [6] ACM/IEEE-CS, Joint Task Force on Computing Curricula 2013, ACM Press and IEEE Computer Society Press, 2013.
- [7] F. Fonseca, C. Davis Jr and G. Câmara, "Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration," *GeoInformatica*. 7, pp. 355-378, 2003.
- [8] S. Miranda, M. Gaeta, F. Orciuoli, G. Mangione and V. Loia, "Unlocking serendipitous learning by means of social Semantic web. CSEDU 2014," in *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education*. 1., 2014.
- [9] S. Sosnovsky, I. Hsiao and P. Brusilovsky, "'Adaptation "in the Wild": Ontology-Based Personalization of Open-Corpus Learning Material.," in *21st Century Learning for 21st Century Skills*, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [10] D. Dermeval, J.Vilela, I.Bittencourt, J.Castro, S.Isotani, P.Brito & A. Silva (2016). Applications of ontologies in requirements engineering: a systematic review of the literature. *Requirements Engineering*, 21(4), 405-437.
- [11] S. Isotani, R.Mizoguchi, S. Isotani, O.Capeli., N. Isotani, A. Albuquerque & P. Jaques. (2013). A Semantic Web-based authoring tool to facilitate the planning of collaborative learning scenarios compliant with learning theories. *Computers & Education*, 63, 267-2
- [12] W. Lu and J. Wei, "Dynamic visualization of Evolutionary Curricula Model," *International Conference on Educational and Information Technology*, pp. 484-488., 2010
- [13] G. Siemens, "Learning Analytics: Envisioning a Research Discipline and a Domain of Practice," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge. LAK '12. Vancouver, British Columbia, Canada: ACM*, 2012.
- [14] D. Gasevic, D. Djuric and V. Devedzic, *Model Driven Architecture and Ontology Development*, Berlin: Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.
- [15] Y.-L. Chi, "Ontology-based Curriculum Content Sequencing System with Semantic Rules," *Expert Syst. Appl.*36.4, p. 7838-7847., 2009.
- [16] A. Ezen-Can, " "Unsupervised Modeling for Understanding MOOC Discussion Forums: A Learning Analytics Approach," *Proceedings of the Fifth International Conference on Learning Analytics And Knowledge. LAK '15. Poughkeepsie, New York: ACM*, 2015.
- [17] L. Aroyo and D. Dicheva, " Authoring Support in Concept-based Web Information Systems for Educational Applications," *International Journal on Continuing Engineering Education and Life-long Learning* , vol. 14, pp. 297-312, 2004.
- [18] E. Duval, "'Attention Please!: Learning Analytics for Visualization and Recommendation",," in *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge. LAK '11, Banff, Alberta*, 2011.
- [19] S. Ziebarth, N. Malzahn and H. Hoppe, "Using Data Mining Techniques to Support the Creation of Competence Ontologies," in *Proceedings of the 2009 Conference on Artificial Intelligence in Education*, Amsterdam, The Netherlands, 2009.
- [20] D. Michail, J. Kinable, B. Naveh and J. Sichi, "A Java library for graph data structures and algorithms," *arXiv preprint arXiv:1904.08355*, 2019.
- [21] C. Manning, M. Surdeanu, J. Bauer, J. Finkel, S. Bethard and D. McClosky, "The Stanford CoreNLP Natural Language Processing Toolkit," *Proceedings of the 52nd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations*, pp. 55-60, 2014.
- [22] J. Guerra, S. Sosnovsky and P. Brusilovsky, "'When One Textbook Is Not Enough: Linking Multiple Textbooks Using Probabilistic Topic Models",," *Scaling up Learning for Sustained Impact. Ed. by Davinia Hernández-Leo et al. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg*, p. 125-138, 2013.
- [23] D. Blei, A. Ng and M. Jordan, "'Latent Dirichlet Allocation",," *Journal Machine Learning* , p. 993-1022, 2003.
- [24] G. Angeli, M. Premkumar and C. . Manning, " Leveraging Linguistic Structure For Open Domain Information Extraction," in *Proceedings of the Association of Computational Linguistics (ACL)*, 2015.
- [25] Stanford University, "Stanford University Protégé," 2016. [Online]. Available: <https://protege.stanford.edu/>.
- [26] Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," in *Proceedings of the IEEE*, 1998.
- [27] Y. Kim, "Convolutional Neural Networks for Sentence Classification," in *Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* , Doha, Qatar, 2014.
- [28] N. Azam and J. Yao, "Comparison of term frequency and document frequency based feature selection metrics in text categorization," *Expert Systems with Applications*, volume 39, pp. 4760 - 4768, 2012.
- [29] R. Řehůřek and P. Sojka, "Software Framework for Topic Modelling with Large Corpora," in *Proceedings of the LREC 2010 Workshop on New Challenges for NLP Frameworks*, Malta, 2010.
- [30] F. Chollet, "Keras," 2015. [Online]. Available: <https://github.com/fchollet/keras>.
- [31] B. Shneiderman, "The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations," in *Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages*, 1996.
- [32] T. Gavrilova and I. Leshcheva, "Ontology design and individual cognitive peculiarities: A pilot study," *Expert Systems with Applications*, 2015.



Angel Fiallos Ordoñez, es estudiante del Doctorado de Ciencias de la Computación Aplicadas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador). Tiene una Maestría en Administración por la Universidad de Guayaquil y un B.S en Sistemas de Información por la Universidad de Especialidades Espíritu Santo (Ecuador). Ha realizado investigación en los campos de la analítica del aprendizaje y tecnología educativa. Actualmente es consultor en proyectos de ciencia de datos, Big Data, analítica de social media y tecnologías para la educación. (email: [anfiallos@fiec.espol.edu.ec](mailto:anfiallos@fiec.espol.edu.ec))



Katherine Chiluiza García, recibió el B.Sc. en Ingeniería Informática 1993 de ESPOL, su M.Sc. en Ingeniería en 1995 de la Universidad de Nueva Orleans, y su Doctorado en Ciencias Pedagógicas de la Universidad de Gante en 2004. Empezó a investigar en la formación de profesores y la tecnología educativa aplicada a la escuela básica y media. Luego pasó a la tecnología educativa y a las aplicaciones con interacción humano-computadora en la educación superior. Actualmente es la Decana de la Facultad de Ingeniería Eléctrica e Informática de la ESPOL. (email: [kchilui@fiec.espol.edu.ec](mailto:kchilui@fiec.espol.edu.ec))



Xavier Ochoa Chehab es profesor asistente de Learning Analytics en el Departamento de Administración, Liderazgo y Tecnología de Steinhardt School of Culture, Education, and Human Development. También es miembro de la Learning Analytics Research Network (LEARN) en NYU. Tiene un doctorado en Informática de la Universidad de Lovaina (Bélgica), un M.Sc. en Ciencias de la Computación Aplicada de la Vrije Universiteit Brussels (Bélgica) y un B.S. en Informática de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador). Actualmente es editor en jefe del Journal of Learning Analytics y vicepresidente de Society for Learning Analytics Research (SoLAR). (email: [Xavier.ochoa@nyu.edu](mailto:Xavier.ochoa@nyu.edu))