

# Modelo Ontológico para la Secuenciación de Objetos de Aprendizaje

Christian Vidal Castro, Mateus Ferreira Satler.

## *Title*—Ontological Model for Learning Object Sequencing

**Abstract**—This paper presents an ontology that integrates and provides knowledge related with Learning Objects design, with the intention of supporting the sequencing of learning objects. This ontology was built using an approach based on an ontological engineering methodology and data mining techniques for automatic acquisition of knowledge. The knowledge obtained is represented by the OWL ontology language and SWRL rule language. Finally we describe the role of ontology in a recommendation environment for developing learning resources.

**Index Terms**—Ontology, Instructional Design, Learning Object.

## I. INTRODUCCIÓN

LOS Objetos de Aprendizaje (OAs) y las ontologías son dos tecnologías que han permitido un crecimiento y desarrollo del e-Learning.

Los OAs proporcionan una forma de encapsular el conocimiento para usarlo en el aprendizaje de una forma estándar, interoperable y que favorece su reutilización. Han permitido aumentar la productividad en la creación de nuevos recursos educativos permitiendo compartir un OA entre distintos Sistemas de Gestión del Aprendizaje.

Por otra parte, las ontologías proporcionan una forma de representar conocimiento de un cierto dominio de una manera estructurada y sobre todo para ser entendida por computadores y también por humanos. De esta manera las ontologías pueden, por ejemplo, representar el dominio de los contenidos de un curso o el conocimiento acerca de estilos de aprendizaje de los estudiantes.

En e-Learning, el diseño de recursos para el aprendizaje se vuelve una actividad fundamental, por lo que se requiere contar con modelos de conocimiento acerca de la creación de estos recursos. Estos modelos de conocimiento deben considerar el diseño instruccional, patrones pedagógicos, teorías y estilos cognitivos, además de facilitar la obtención de recursos interoperables y de calidad y que puedan ser usados por otros sistemas.

C. Vidal Castro es profesor del Departamento Sistemas de Información de la Universidad del Bio Bio, Avda. Collao 1202. Concepción, Chile (e-mail: [cvidal@ubiobio.cl](mailto:cvidal@ubiobio.cl)).

M. Ferreira Satler pertenece al Grupo de Investigación SMILe - Escuela Superior de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha. Paseo de la Universidad, 4, 13071 Ciudad Real, España (e-mail: [msatler@gmail.com](mailto:msatler@gmail.com)).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

Este artículo presenta el proceso de construcción de una ontología de secuenciación de Objetos de Aprendizaje, denominada LOSO (en inglés, Learning Object Sequencing Ontology) y se estructura de la siguiente forma: la sección 2 presenta brevemente los conceptos de OAs y ontologías en entornos e-Learning indicando además trabajos relacionados con el uso de ontologías en la construcción de recursos de aprendizaje. La sección 3 presenta el proceso de construcción de la ontología. La sección 4 presenta el uso de la ontología mediante una aplicación que utiliza el conocimiento representado. Finalmente se presentan las conclusiones y directrices futuras de esta línea de trabajo.

## II. ONTOLOGÍAS Y OBJETOS DE APRENDIZAJE

Según el estándar LOM de IEEE, un Objeto de Aprendizaje es cualquier entidad digital o no digital, que pueda ser usada para aprender, educar o enseñar [1]. Según esta amplia definición, textos impresos de estudio, documentos digitales, herramientas generadoras de evaluaciones, presentaciones, videos entre otros, podrían ser consideradas Objetos de Aprendizaje. Sin embargo, para este estudio, se usará la propuesta de McGreal [2] que los define como cualquier recurso digital reusable que tiene encapsulado una lección o ensamblado un grupo de lecciones en unidades, módulos, cursos e incluso programas.

La estructura básica de los Objetos de Aprendizaje se compone de dos elementos: el contenido instruccional (recursos de aprendizaje en sí mismos, por ejemplo multimedia, un texto, una simulación) y la etiqueta, llamada metadato [3]. El metadato describe al recurso. Indica qué es, quién lo creó, cuál es su función, su objetivo, su duración, etc. Para buscar un OA, por ejemplo en un repositorio donde existe un número considerable de ellos, se requieren identificadores que describan sus características. Estos identificadores son los metadatos y existen estándares como LOM, IMS, ARIADNE y Dublín Core que especifican los elementos del esquema que describen al objeto [4].

El Diseño Instruccional (DI) de recursos digitales para el aprendizaje es la aplicación sistemática de teorías y principios que orientan el diseño de recursos. Según Reigeluth una teoría de diseño instruccional es una teoría que ofrece guías explícitas sobre cómo ayudar a las personas a aprender [5]. En la terminología de DI se denomina secuenciación a la actividad de reunir OAs individuales y combinarlos de manera que tengan un sentido instruccional. Dos aspectos importantes en el DI, y específicamente en la secuenciación de OAs, son el

alcance y la secuencia [6]. El alcance se refiere al conocimiento que debe cubrir el objeto y la secuencia se refiere al ordenamiento de los objetos que lo componen. La teoría de Reigeluth [5] ayuda a seleccionar y secuenciar contenidos de forma que se optimice el logro de los objetivos de aprendizaje. Aunque esta teoría no fue pensada inicialmente para el diseño de OAs, la misma puede ser extendida para este propósito [6].

Por otra parte, una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida [7]. Puede ser usada para reducir la confusión terminológica y conceptual que aparecen frecuentemente entre las personas y las organizaciones [8]. Sin embargo, en la Informática ha permitido una mejor manera de representar y principalmente “entender” el conocimiento por parte de las máquinas. En e-Learning las ontologías se han usado, principalmente para describir sistemáticamente cada OA, para permitir una búsqueda semántica y dar a los usuarios un punto de referencia para los conceptos y terminología compartida.

No se debe olvidar de que el objetivo final de los recursos de aprendizaje es el de permitir y mejorar el aprendizaje. Sin embargo, según [9] estos recursos carecen de una estrategia instruccional definida, lo que provoca que muchos Objetos de Aprendizaje no cumplan su objetivo.

En la literatura existen trabajos que utilizan enfoques ontológicos para apoyar la construcción de recursos de aprendizaje considerando aspectos instruccionales. Por ejemplo en [10] se propone una ontología llamada ONtoGlue como medio de comparación del conocimiento asociado a los OAs, intentando “empaquetar” aquellos objetos que permitan cumplir ciertos requisitos instruccionales. Gascuña et al. [11] proponen una ontología para recomendar la composición de OAs, y la selección de objetos a usar se realiza considerando estilos de aprendizaje de los estudiantes y sus preferencias. En [9] se presenta un entorno que apoya la composición de OAs mediante una ontología denominada Knowledge Puzzle que considera 5 sub-ontologías: de contenidos, de estructura de documentos, de rol instruccional, de la Organización (actores, procesos y tareas) y de competencias educacionales. En [8] se usa una ontología como apoyo a la construcción de un curso, considerado como un OA, basado principalmente en los contenidos. En [12] se analiza cómo una ontología puede ser utilizada para capturar información acerca de la interacción entre diseñadores y OAs. El propósito del estudio propuesto por [13] es construir una ontología como base de una infraestructura que permita la utilización de teorías de diseño y de aprendizaje para diseñadores.

### III. CONSTRUCCIÓN DE LA ONTOLOGÍA

Este artículo se centra en una ontología denominada LOSO (en inglés, Learning Object Sequencing Ontology), que se construyó utilizando un enfoque basado en una metodología proveniente de la ingeniería ontológica. Adicionalmente, un proceso de adquisición automática de conocimiento ha sido utilizado como un importante insumo. LOSO contiene conocimiento teórico y práctico. Desde la perspectiva teórica la ontología recoge las definiciones y formalizaciones

proporcionadas por la literatura acerca de métodos de DI, actividades de estos métodos, técnicas de enseñanza-aprendizajes y teorías de aprendizaje y estilos de aprendizaje relacionados con el proceso de construcción de recursos de aprendizaje. La dimensión práctica recoge la experiencia de la aplicación del conocimiento de la dimensión teórica en la construcción real de recursos en ambientes e-Learning. Las secciones siguientes detallan la metodología de construcción utilizada así como el proceso de obtención automática de conocimiento.

#### A. Metodología de construcción utilizada

En la literatura se pueden encontrar numerosas metodologías para el desarrollo de ontologías, como Methontology [14], OntoKnowledge [15] y Ontology Development 101 [16]. En este trabajo se ha elegido Methontology como el enfoque metodológico utilizado para la construcción de la ontología. Entre las razones de la elección se ha tenido en cuenta su utilización en la construcción de ontologías en distintos ámbitos [17] [18], la disponibilidad de documentación y también por ser la metodología recomendada por la “Fundación para los agentes Físicos Inteligentes” (FIPA), la cual promueve la interoperabilidad entre las aplicaciones basadas en agentes.

En la etapa de especificación se definió el objetivo de la ontología, su dominio y su nivel de alcance. El objetivo de la ontología es integrar y proporcionar conocimiento relacionado con la secuenciación de Objetos de Aprendizaje y sobre el diseño de recursos. El dominio se refiere al diseño instruccional y temas relacionados como teorías de aprendizaje humanas y a aspectos psicopedagógicos del e-Learning.

Durante la etapa de conceptualización se estructuró el conocimiento para lo cual se construyó un glosario de términos, una taxonomía de conceptos, diagramas de relaciones binarias y descripción de atributos, axiomas, reglas e instancias. Luego de construir e integrar los diagramas de relaciones ad-hoc que sugiere Methontology, se obtiene el modelo conceptual de la ontología presentado en la Figura 1.

En el modelo conceptual se muestran los conceptos, jerarquías y relaciones. Un concepto central del modelo, es ID\_Strategy que representa la estrategia instruccional generada para dar respuesta a un requerimiento instruccional (Instructional\_Requirement), que se relaciona con un contexto instruccional (Instructional\_Context). ID\_Strategy relaciona recursos de aprendizaje (Learning\_Resource), actividades de aprendizaje (Learning\_Activity) y recursos psicopedagógicos (psicopedagogical\_resource).

Aunque ODE y WebOde [19] fueron creadas como herramientas para dar soporte a Methontology, puede utilizarse cualquier otra herramienta para dar soporte a esta metodología. En este estudio, se utilizó Protegé [20] para formalizar la ontología. Mediante esta herramienta se definieron las clases y su taxonomía, relaciones, atributos e instancias. La implementación de la ontología, es decir, su representación en lenguaje de ontologías computable, se

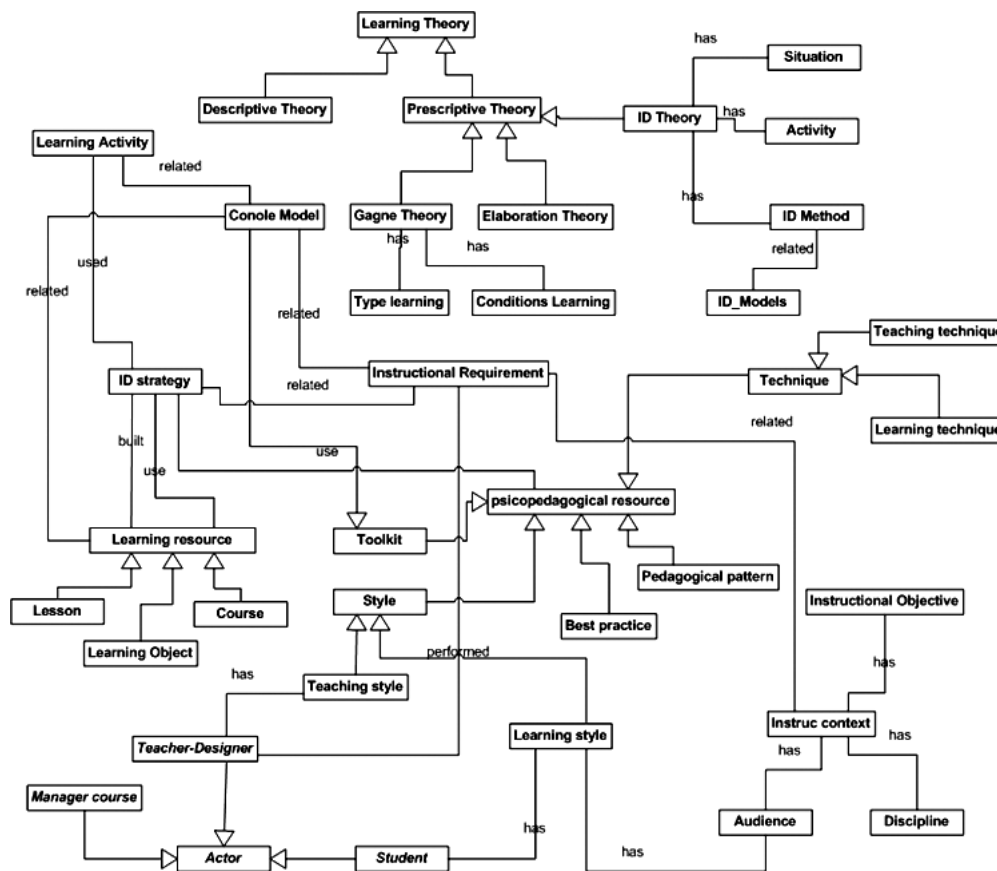


Fig. 1. Modelo Conceptual de la Ontología de Secuenciación.

realizó con la facilidad que proporciona Protegé para la generación de código OWL-LD.

Toda la información asociada con un requisito instruccional es almacenada en la ontología. Una vista de las clases y relaciones definidas en la ontología se muestran en la Figura 2. La clase central en el modelo es *Id\_Strategy*, que representa la estrategia de secuenciación que responde a un requisito instruccional, que a su vez se relaciona con un contexto instruccional específico.

*B. Adquisición de conocimiento*

Adicionalmente, este estudio utilizó un enfoque que incorpora la generación automática de conocimiento como un

importante insumo en la construcción de la ontología. Se ha aplicado un proceso de descubrimiento de conocimiento sobre metadatos, etiquetados con el estándar IEEE-LOM, de OAs contenidos en el repositorio AGORA [21]. Este proceso de descubrimiento de conocimiento consideró el pre-procesamiento de la información, la aplicación de algoritmos de data minig y el post-procesamiento. Se procesaron los metadatos de 200 objetos del repositorio. Posteriormente, a estos registros de metadatos se aplicaron técnicas de clustering y clasificación. Este proceso y sus resultados están documentados en [22] y resumidos en la Figura 3.

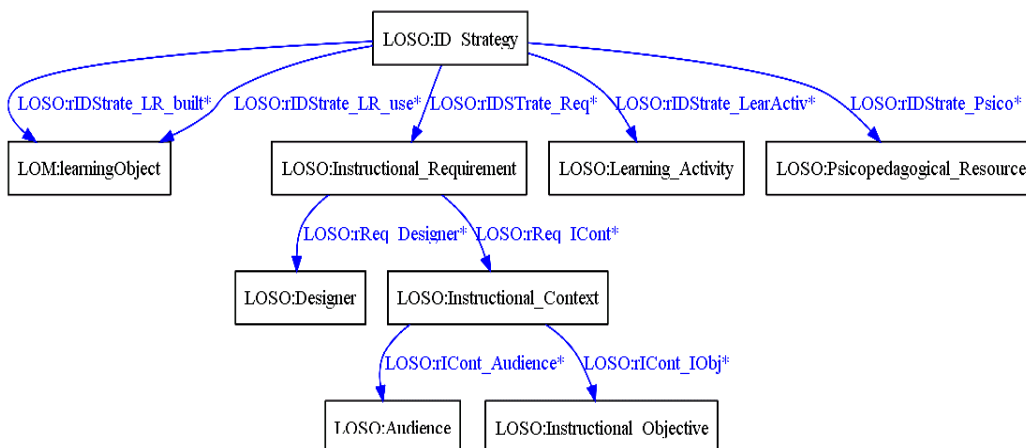


Fig. 2. Extracto de clases y relaciones definidas en LOSO.

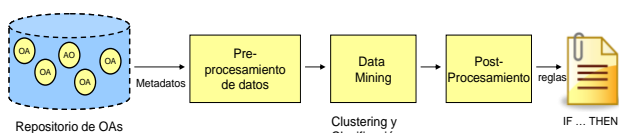


Fig. 3. Proceso de data mining aplicado a los metadatos de los OAs de Agora.

Como resultado de este proceso se obtuvieron reglas que permiten clasificar los OAs en tres grupos que hemos denominado como:

- **Objetos Activos:** Objetos que poseen alta interactividad, principalmente de tipo *ejercicios*, con un alto nivel de densidad semántica y complejidad.
- **Objetos Pasivos:** Objetos que poseen una baja interactividad con el usuario y son de tipo *expositivos*. Se trata principalmente de *diapositivas* con un nivel medio de densidad semántica y complejidad.
- **Objetos muy Pasivos:** Son objetos *expositivos* con muy baja interactividad. Son recursos de tipo *lectura* con un nivel medio de densidad semántica.

Estos resultados son de alta utilidad para la secuenciación de OAs, puesto que un sistema podría utilizar este conocimiento para recomendar recursos de algún grupo de acuerdo al contexto instruccional requerido.

C. Representación de reglas en SWRL

OWL permite construir jerarquías de conceptos y definir axiomas para realizar el razonamiento e interpretación posterior. SWRL agrega una capa adicional de expresividad que permite la definición de reglas de inferencia en modelos ontológicos [23].

Las reglas obtenidas del proceso de data mining fueron implementadas utilizando el plugin de Protegé denominado SWRLTab [24]. Una vista de la ejecución de estas reglas se muestra en la Figura 4.

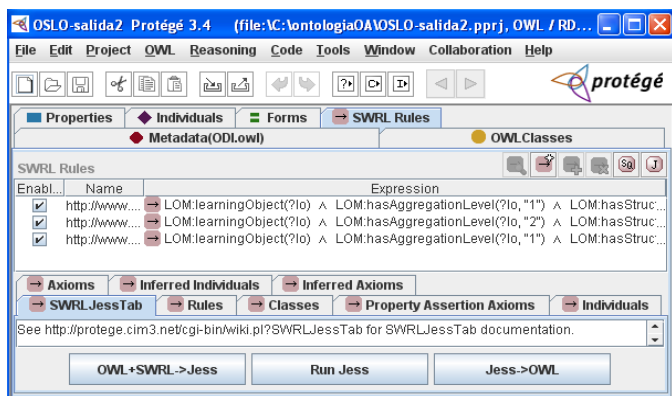


Fig. 4. Ambiente de definición de reglas SWRL's con Protegé.

Por ejemplo, una regla que define el grupo de los objetos muy pasivos se expresa en SWRL de la siguiente forma:

```

LOM:learningObject(?lo) ^ LOM:hasAggregationLevel(?lo,"1") ^
LOM:hasStructure(?lo,"atomic") ^
LOM:hasEducationalInformation(?lo,?x) ^
LOM:isIntendedForContext(?x,"higher education") ^
LOM:hasDifficulty(?x,"easy") ^
LOM:hasInteractivityLevel(?x,"verylow") ^
LOM:hasInteractivityType(?x,"expositive") ^
LOM:hasSemanticDensity(?x,"medium")
-> LOSO:LOGroup(?lo,LOSO:very-pasive)
    
```

Estas reglas representadas en la ontología, apoyan principalmente la clasificación de los recursos y proporcionan un grado de automatización al proceso de secuenciación.

IV. USO DE LA ONTOLOGÍA

LOSO proporciona ayuda al diseñador instruccional en las tareas de secuenciación de OAs. En una plataforma o gestor de OAs, la ontología es utilizada por una aplicación denominada Clasificador de Recursos de Aprendizaje (en Inglés Pedagogical Resources Classifier, PRC). PRC ayuda al diseñador a encontrar los Objetos de Aprendizaje más apropiados de acuerdo al contexto instruccional.

Esta aplicación fue construida en lenguaje Java y utiliza Jena Framework para manipular la ontología, SWRLTab para realizar inferencia y JDOM para el procesamiento de documentos XML. Utilizando PRC un diseñador instruccional que trabaja en alguna plataforma de gestión de LOs, puede requerir objetos de alguno de los grupos encontrados: activo, pasivo o muy pasivo. La Figura 5 muestra la interacción entre un repositorio o gestor de OAs y PRC. La utilización de XML como tecnología de intercambio de datos permite la comunicación con otros sistemas que generen metadatos de los OAs en este esquema.

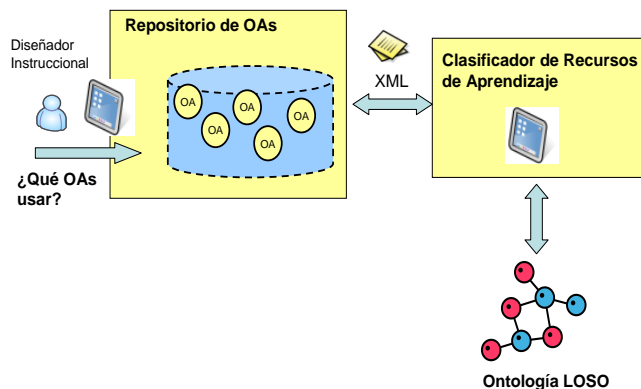


Fig. 5. Interacción entre el Clasificador de Recursos Pedagógicos y el sistema AGORA.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha presentado un enfoque de construcción de una ontología basado en la modificación de una metodología proveniente de la ingeniería ontológica y en la utilización de técnicas de adquisición automática de conocimiento.

La ontología propuesta, representa conocimiento especialmente útil a la secuenciación de OAs, proporcionando

mediante reglas de inferencia, los objetos más adecuados de acuerdo al contexto instruccional en el que se construyen los recursos. La utilización de tecnologías de la web semántica permite que el conocimiento generado pueda ser utilizado por otras aplicaciones que intenten apoyar actividades de diseño instruccional en e-Learning .

Actualmente se trabaja en la aplicación de otras técnicas de data mining que permitan mejorar la clasificación de los OAs y utilizar estos resultados en sistemas de búsqueda y etiquetado de OAs. Se trabaja también en la representación de teorías de diseño instruccional apoyada en estructuras ontológicas formales. Esto permitiría apoyar a diseñadores instruccionales en la utilización de estas teorías para construir recursos de aprendizaje.

## VI. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos: Mecsup UBB 0305, Chile; el proyecto TIN2007-67494 del Ministerio de Ciencia e Innovación, España y el proyecto PEIC09-0196-3018 del Gobierno Autonómico de Castilla-La Mancha, España.

## REFERENCIAS

- [1] IEEE Learning Technology Standards Committee. *Draft Standard for Learning Object Metadata*. en IEEE P1484.12.1. 2002. Disponible: [http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)
- [2] R. McGreal. Learning Objects: A practical Definition. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 1:21 – 32, 2004.
- [3] G. Millar. *Learning objects 101: A primer for neophytes*. Published by the BCIT Learning and Teaching Centre. Disponible: <http://online.bcit.ca/sidebars/02november/inside-out-1.htm>
- [4] J. Vargo, J.C. Nesbit, K. Belfer, A. Archambault. Learning Object Evaluation: Computer-Mediated Collaboration and Inter-Rater Reliability. *International Journal of Computers and Application*, 25:198-205, 2003.
- [5] C. Reigeluth. *What is the New Paradigm of Instructional Theory*. ITForum Paper #17. Department of Instructional Technology, University of Georgia. 1999. Disponible: <http://itech1.coe.uga.edu/itforum/paper17/paper17.html>.
- [6] D.A. Willey. *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. 2000. Disponible: [www.reusability.org/read/chapters/willey.doc](http://www.reusability.org/read/chapters/willey.doc).
- [7] T. Gruber. A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition* 5:199–220, 1993.
- [8] Marengo, A., et al. Ontological support for the creation of learning objects. En *28th International Conference on Information Technology Interfaces*, 2006.
- [9] A. Zouaq, R. Nkambou, y C. Frasson. An Integrated Approach for Automatic Aggregation of Learning Knowledge Objects. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects (IJKLO)*, 3:135-162, 2007.
- [10] L.P.A. Santacruz-Valencia, A. Navarro, C.D. Kloos. An ontology-based mechanism for assembling learning objects. En *Proceedings E-Learning on Telecommunications (ELETE 2005)*, páginas: 472 - 477, 2005.
- [11] J.M. Gascueña, A. Fernández-Caballero, P. González. Ontologías del modelo del alumno y del dominio en sistema de aprendizaje adaptativos y colaborativos. En *VI Congreso Español de Interacción Persona-Ordenador, Interacción*, páginas 33-40, 2005.
- [12] S. Nešić, D. Gašević, M. Jazayeri. An Ontology-Based Framework for Authoring Assisted by Recommendation. En *The Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)*, páginas 227-231, 2007.
- [13] Y. Hayashi, J. Bourdeau, y R. Mizoguchi. Ontological Support for a Theory-Eclectic Approach to Instructional and Learning Design. En *EC-TEL 2006*, LNCS 4227, Springer-Verlag: páginas 155– 169, 2006.

- [14] M. Fernández-Lopez, A. Gómez-Pérez, N. Juristo. METHONTOLOGY: From Ontological Art towards Ontological Engineering. En *Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*, 1997.
- [15] D. Fensel, F. Van-Harmelen, M. Klein, H. Akkermans. On-To-Knowledge: Ontology-based Tools for Knowledge Management. En *Proceedings of the eBusiness and eWork Conference*, 2000.
- [16] N. Noy, D. McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. *Knowledge Systems Laboratory*, March, 2001.
- [17] M. Fernández-Lopez, A. Gómez-Pérez, A. Pazos, J. Pazos. Building a Chemical Ontology Using Methontology Design Environment. *IEEE Intelligent Systems*, 16(3):391-409, 1999.
- [18] O. Corcho, M. Fernández, A. Gómez-Pérez, A. López-Cima. Building Legal Ontologies with METHONTOLOGY and WebODE. *Law and the Semantic Web*. P. Benjamins, J. Breuker & A. Gangemi (eds.), LNAI No. 3369, Springer-Verlag: páginas 142-157, 2005.
- [19] J.C. Arpírez, O. Corcho, M. Fernández-Lopez, , A. Gomez-Perez. WebODE in a nutshell. *AI Magazine*, 24(3):37-47, 2003.
- [20] *Protege, Ontology Tool*. Disponible: <http://protege.stanford.edu/>.
- [21] C. Vidal, A. Segura, V. Menendez, y M. Prieto, Knowledge-based architecture for instructional engineering. *International Journal of Knowledge and Learning*, 5(3/4):371-388, 2009.
- [22] A. Segura, C. Vidal, V. Menendez, A. Zapata, M. Prieto. Exploring Characterizations of Learning Object Repositories Using Data Mining Techniques. En *Proceedings Metadata and Semantic Research Third International Conference (MTSR 2009)*, CCIS 46. Springer Berlin Heidelberg: páginas 215-225, 2009.
- [23] M. O'Connor, et al. Supporting Rule System Interoperability on the Semantic Web with SWRL. En *Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference (ISWC2005)*, 2005.
- [24] M.J. O'Connor, R. Shankar, S. Tu, C. Nyulas, A. Das. Developing a Web-Based Application using OWL and SWRL. En *AAAI Spring Symposium*, 2008.



**Christian L. Vidal Castro** (Arica, 1974) es Licenciado en Ciencias de la Ingeniería. Ingeniero Civil en Informática. Máster en Tecnologías Informáticas Avanzadas. Es profesor del área de programación y tecnologías de la información del Departamento Sistemas de Información de la Universidad del Bio Bio, Chile. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Tecnologías Informáticas en la Universidad de Castilla La Mancha, España. Realiza su investigación doctoral en temas de e-Learning y ontologías.



**Mateus Ferreira Satler** (Manhuaçu, 1981) es Ingeniero en Informática con un Máster en Tecnologías Informáticas Avanzadas. Actualmente se encuentra cursando el Doctorado en Tecnologías Informáticas Avanzadas de la Universidad de Castilla-La Mancha, España. Su trabajo de investigación se centra en temas relacionados con Perfiles de Usuario, Ontologías Borrosas y Soft Computing.