

# Ontología del perfil de usuario para personalización de sistemas de u-learning universitarios

Gabriela González

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT), Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE), Santiago del Estero, Argentina.  
ggonzalez@unse.edu.ar

**Resumen.** El desarrollo de las comunicaciones inalámbricas ha impactado en las actividades cotidianas, especialmente en las formas de acceso al conocimiento, dando lugar al surgimiento del aprendizaje ubicuo (u-learning), que designa al conjunto de actividades formativas, apoyadas en tecnología, que están accesibles en cualquier lugar y desde cualquier dispositivo.

Los sistemas que dan soporte a este tipo de aprendizaje, requieren contemplar factores tales como la capacidad de cómputo, de comunicaciones inalámbricas y de interacción, además de las características personales del usuario, su nivel de conocimiento y preferencias. Esta información se representa a través de un modelo, denominado modelo de usuario, que le confiere al sistema la capacidad de distinguir entre distintos alumnos y actuar en consecuencia, para proporcionar una experiencia de aprendizaje más efectiva.

Expresar el modelo del usuario como una ontología, permite estandarizar el vocabulario y facilitar la comunicación, favoreciendo la reusabilidad del conocimiento, características de especial importancia en los sistemas de aprendizaje basados en computadoras.

En el presente trabajo se presenta una ontología del perfil de usuario (estudiante) para sistemas de u-learning universitarios. La misma está compuesta por las características de los estudiantes y del entorno que resultan relevantes para efectuar las tareas de personalización en dichos sistemas.

**Palabras clave:** U-learning; modelo de usuario; ontología; personalización; contexto.

## 1 Introducción

Desde la creación del primer sistema de ejercitación automático en 1920 [1], al día de hoy se ha producido una importante evolución de los sistemas de aprendizaje basados en computadoras.

La primera innovación significativa se produjo con la incorporación de técnicas de adaptación a los sistemas de e-learning, en un intento de proveer una experiencia de aprendizaje personalizada en función de cada estudiante.

Más recientemente, luego de la extensión del aprendizaje a los dispositivos móviles y el surgimiento del m-learning, surgió el u-learning. Éste intenta crear una experien-

cia de aprendizaje centrada en el estudiante, independiente del tiempo y el lugar, y capaz de proporcionar la información correcta en el momento adecuado y de la manera correcta en función del contexto en el que se encuentra el mismo. Para lograrlo, se vale de los modelos de usuario y de contexto, conceptos tomados de los sistemas adaptativos y de la computación ubicua, respectivamente.

El modelo de usuario constituye una representación del mismo, en un modo procesable computacionalmente, como un conjunto de sus características relevantes, tales como son entendidas por el sistema. En el ámbito educativo, este modelo se denomina modelo del estudiante y puede contener información sobre conocimientos previos, comportamiento, objetivos, estilos de aprendizaje, características personales, intereses y motivación, etc [2].

El modelo de contexto agrupa la información relativa a los aspectos que caracterizan la situación en la cual se está llevando a cabo la actividad de aprendizaje, en tanto los mismos resultan relevantes en términos de la adaptación a realizar. Un modelo de contexto en un sistema de aprendizaje ubicuo puede contener información sobre ubicaciones, dispositivos, actividades, etc [3].

Para representar los modelos de usuario y de contexto, se pueden utilizar distintas técnicas, siendo las ontologías las que se distinguen de las restantes porque representan un entendimiento común del conocimiento que modelan, posibilitando con ello, el reuso e intercambio de información entre distintos sistemas.

En los sistemas educativos estas características tienen especial importancia porque, por lo general, estos sistemas están compuesto por distintos modelos que deben comunicarse entre sí. Si todos los modelos utilizan una clase de representación común y estándar se favorece la interoperabilidad entre los mismos y con otros de la misma clase. Esto sería útil por ejemplo, para utilizar el mismo modelo del estudiante en sistemas de distinto dominio.

Por todo lo expuesto anteriormente, queda claro que para brindar una experiencia de aprendizaje personalizada en un entorno de u-learning, es necesario contar con un modelo de usuario que incorpore también las características referidas al contexto del estudiante.

Con esta motivación en mente, el desarrollo del presente trabajo intenta responder al siguiente interrogante: *¿Cuál es la ontología más apropiada para representar las características del estudiante en un entorno ubicuo, con fines de personalización?*

## 1.1 Contexto

El presente trabajo final de grado se realizó en el marco del Proyecto de Investigación CICYT-UNSE 23/C095 “Sistemas de Información Web Personalizados, Basados en Ontologías, para Soporte al Aprendizaje Ubicuo” correspondiente a la convocatoria 2012-2015 de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

La hipótesis de trabajo de dicho proyecto es la siguiente:

*“Es posible mejorar la interoperabilidad y usabilidad de los sistemas de información web de apoyo al aprendizaje ubicuo en contextos universitarios a partir de la incorporación de ontologías, y la aplicación de técnicas de personalización.”*

Es decir que, los distintos modelos del sistema de u-learning a desarrollarse como parte de este proyecto serán representados a través de ontologías, las cuales se integrarán para proveer los servicios de personalización requeridos. Por lo tanto, la utilización de ontologías para la representación del modelo del usuario es un requisito a priori en esa investigación.

## 1.2 Objetivos

Teniendo en cuenta el proyecto de investigación en el cual se encuentra inserto el presente trabajo, se definen los siguientes objetivos generales:

- Contribuir a la personalización de sistemas de u-learning para contextos universitarios.
- Contribuir a mejorar la interoperabilidad y usabilidad de los sistemas de u-learning en el nivel universitario, aportando una ontología del perfil de usuario para estos sistemas.

Los objetivos específicos son:

- Identificar las características de los usuarios de sistemas de u-learning que resulten relevantes para favorecer la personalización de estos sistemas.
- Diseñar una ontología para el perfil del usuario de sistemas de u-learning en el contexto universitario, que permita representar sus preferencias y datos relevantes.

## 1.3 Trabajos relacionados

En relación al uso de ontologías para modelado de usuarios en sistemas ubicuos se destacan las siguientes propuestas: Bobillo *et al.* [4] formulan un modelo para la provisión de resúmenes adaptados al contexto del usuario ubicuo, aplicado a un Sistema Basado en Conocimiento Móvil; Hervás *et al.* [5] presentan un modelo de usuario consciente del contexto que modela diferentes características como ser, la localización relativa del usuario dentro de un edificio, el momento relativo en el que se encuentra, la tarea que está realizando, su objetivo, etc; Heckman *et al.* [6] proponen GUMO, una ontología general para el modelado del usuario que también incluye información de contexto.

Con respecto al uso de ontologías para representar el contexto en entornos ubicuos se revisaron las investigaciones planteadas por Chen *et al.* [7,8] y Wang *et al.* [9]. En la primera [7], se introduce COBRA-ONT, un conjunto de ontologías OWL para sistemas conscientes del contexto que forman parte de una arquitectura centrada en agentes para ambientes inteligentes. Chen *et al.* [8] define SOUPA, una ontología OWL diseñada de forma modular, compuesta dos conjuntos de ontologías: el núcleo (vocabulario genérico) y las extensiones (vocabulario adicional para distintos tipos de aplicaciones). Wang *et al.* [9] presentan CONON, una ontología OWL formada por una ontología de nivel superior que es extendida a través de diferentes ontologías de dominio específicas del ámbito de los ambientes inteligentes.

Finalmente, en relación al modelado del usuario y/o contexto con ontologías en ambientes de e/u-learning se consideraron los siguientes trabajos: Chen & Mizoguchi [10], presentan una ontología del estudiante para un sistema educativo inteligente; Šimún *et al.* [11], proponen una ontología del estudiante para personalización en un

portal web educativo; Hong & Cho [12] definen una arquitectura para ambientes de u-learning y una ontología de contexto; Siadaty *et al.* [13] plantean un framework basado en ontologías para la captura de información de contexto; Pramitasari *et al.* [14] describen una ontología del modelo del estudiante para personalización en sistemas de e-learning; Panagiotopoulos *et al.* [15] definen una ontología del modelo del estudiante para sistemas tutoriales inteligentes aplicados en educación a distancia.

De la revisión de trabajos realizada se puede concluir que las ontologías presentadas modelan aspectos semánticos de las características del estudiante o de las características del contexto por separado. En el presente trabajo se busca crear una ontología en donde se combinen las características personales de los estudiantes con las del contexto de los entornos de aprendizaje ubicuo, con el fin de personalizar la experiencia de aprendizaje del alumno.

## 2 Marco Teórico

### 2.1 Personalización en sistemas de u-learning

Un sistema adaptativo es aquel que es capaz de adaptarse a distintas circunstancias, para lo cual utiliza un modelo de usuario. Koch [16] define al modelo de usuario como aquel “...constituido por descripciones de lo que se considera relevante acerca del conocimiento y/o aptitudes actuales del usuario, proveyendo información para que el entorno del sistema se adapte a cada usuario individual”.

En el contexto del e-learning, y de acuerdo a [17] “un sistema de e-learning adaptativo se enfoca en como el material es aprendido por el alumno y presta atención a las actividades de aprendizaje, las estructuras cognitivas y el contexto del material de aprendizaje”. En esta clase de sistemas, el modelo de usuario se denomina modelo del estudiante, y la personalización involucra principalmente la elección y presentación de cada actividad sucesiva de enseñanza como una función del alcance total del conocimiento del estudiante sobre el tema que se le está enseñando y otras características relevantes del mismo, que son las que se mantienen en el modelo.

Las categorías de información que componen el modelo del estudiante son diferentes de acuerdo a distintos autores, siendo común la distinción entre información dependiente del dominio e información independiente del dominio. Es decir, entre información que es específica para cada curso particular en función de la temática del mismo, e información que se puede reutilizar en distintos cursos sin importar cuál sea su contenido de aprendizaje.

Cuando nos referimos a personalización en sistemas de aprendizaje ubicuo, se incorpora un nuevo elemento: la consciencia de contexto.

En un entorno de aprendizaje ubicuo los estudiantes pueden trasladarse con sus dispositivos móviles durante el proceso de aprendizaje, y éstos se encargan de dar soporte al proceso comunicándose con los objetos embebidos y otros dispositivos del entorno para proveer servicios personalizados en función del contexto [18]. Es decir que, un sistema de u-learning es capaz de proveer servicios de aprendizaje en función de las necesidades individuales de cada estudiante, en el momento oportuno, independientemente del lugar y de la forma correcta, siendo ésta lo más transparente posible.

Para ello utiliza un modelo de contexto. El contexto en un sistema ubicuo se define como toda aquella información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Por entidad se entiende una persona, un dispositivo, una ubicación o lugar, o una aplicación o programa de computadora [19].

La información contenida en los modelos del estudiante y del contexto permite al sistema individualizar a cada alumno en función de sus características particulares y del entorno que lo rodea. Luego, el sistema debe definir las clases de adaptaciones que realizará sobre la experiencia de aprendizaje, en función de las distintas características de los modelos.

## 2.2 Ontología

De acuerdo a Staab & Studer [20] *“Una ontología es una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida. Por conceptualización se entiende un modelo abstracto de algún fenómeno para el cual se han identificado sus conceptos relevantes. Explícita significa que los tipos de conceptos usados y las restricciones para su uso han sido explícitamente definidos. Formal se refiere al hecho de que la ontología debe ser procesable por una máquina. Compartida refleja la noción de que la ontología captura conocimiento conceptual consensuado, es decir, no privativo de un individuo sino aceptado por un grupo.”*

Noy & McGuinness [21] describen los siguientes componentes de las ontologías:

- Clases o conceptos: representan los conceptos del dominio de discurso. Una clase puede contener subclases, que representan conceptos más específicos que su superclase. Por ejemplo: asignatura, docente.
- Slots, roles o propiedades: para cada concepto, que describen sus características y atributos. Por ejemplo: para una asignatura, nombre, módulo al que pertenece, docente que la dicta.
- Facetas o restricciones de rol: definen limitaciones sobre los slots o propiedades. Por ejemplo, una asignatura puede ser dictada por un máximo de 3 docentes.
- Instancias o individuos: representan individuos específicos que pertenecen a una clase. Por ejemplo, Programación I, Simulación.

La forma específica de representar y vincular los distintos componentes de una ontología, así como la terminología utilizada para describirlos, se encuentra directamente relacionada con el paradigma de representación del conocimiento que se elija para modelar la misma.

La lógica descriptiva (DL, Description Logic) es uno de los paradigmas más utilizados y denota una familia de formalismos de representación del conocimiento que permiten modelar un dominio de aplicación de una forma estructurada y formalmente bien comprendida [20]. Éstos proveen teorías y sistemas para expresar información y poder razonar de forma semánticamente precisa.

OWL es un lenguaje cuyo objetivo es proveer un medio para publicar e intercambiar ontologías en la Web, creado por el Grupo de Trabajo de Ontologías Web (WebOnt) de la W3C. La especie OWL-DL permite representar ontologías modeladas con lógica descriptiva. [20]

Por otra parte, existen distintas herramientas que permiten crear ontologías en este lenguaje, siendo Protégé-OWL la más utilizada [22]. La misma ha sido desarrollada por el grupo de Informática Médica de Stanford (SMI) perteneciente a la Universidad del mismo nombre, y permite la creación de ontologías en lenguaje OWL-DL a través del uso de una interfaz gráfica intuitiva y completa, sin necesidad de escribir código.

### 3 Desarrollo de la ontología del estudiante

El desarrollo de la ontología del estudiante se realizó en tres etapas:

1. Identificación de las dimensiones del estudiante para personalización en sistemas de u-learning
2. Creación del modelo conceptual de la ontología
3. Implementación de la ontología con la herramienta Protégé

#### 3.1 Identificación de las dimensiones del estudiante para personalización en sistemas de u-learning

Para determinar las características del estudiante a incluir en el modelo, se analizaron las propuestas de diferentes autores [2], [23], [24], [25] y el modelo IMS LIP [26], y se seleccionaron las categorías a incluir en función de los siguientes criterios:

- Categorías comunes: se incluyeron las categorías que se consideraban en la mayoría de las propuestas analizadas.
- Necesidades de adaptación: se incluyeron las categorías que abarcaban información suficiente para llevar a cabo las clases de adaptación descritas anteriormente.
- Factibilidad de adquisición de la información: este criterio sirvió como un filtro de las categorías resultantes de aplicar los dos criterios anteriores, ya que permitió descartar aquellas categorías que requerían de métodos especializados o demasiado complejos para su obtención.

Como resultado se obtuvieron las siguientes categorías para el modelo:

#### **Categorías de información independiente del dominio, en relación al estudiante.**

La categoría *Identificación*, también denominada Datos Demográficos, contiene información estática sobre el estudiante, tal como: nombre, ID, fecha de nacimiento, sexo, dirección, teléfono, e-mail, etc. Esta clase de información se usa principalmente con propósitos administrativos y no de adaptación.

La categoría *Estilo de aprendizaje* describe las diferencias individuales que se manifiestan durante el proceso de aprendizaje, de acuerdo al modelo propuesto por Felder y Silverman [27], que representa cada estilo a través de una combinación de preferencias en cuatro dimensiones. Cada dimensión representa una característica del alumno y las preferencias representan los dos valores que puede tomar la misma [27].

La categoría *Habilidades cognitivas* representa el conocimiento procedural del alumno. Gracias a ellas los estudiantes son capaces de pensar de manera crítica, analítica y reflexiva, formular las preguntas correctas, tomar decisiones, resolver problemas y aprender de manera independiente [28]. Existen un número de investigaciones

que tratan sobre la detección y/o entrenamiento de tales características, de las cuales tomaremos las propuestas por [24] y [29]: autoevaluación, búsqueda de ayuda, pensamiento crítico, razonamiento científico y resolución de problemas.

**Categorías de información dependiente del dominio, en relación al estudiante.** La categoría *Conocimiento actual* es una representación del estado de conocimiento del alumno con respecto al contenido de aprendizaje, tal como es percibido por el sistema. Podría decirse que esta es la categoría más importante, puesto que en función del conocimiento que el alumno posee en un momento dado, se puede adaptar la complejidad de las tareas, las actividades, el material sugerido, etc. Con esto se logra un proceso de aprendizaje más eficiente, ya que el mismo se construye en función del conocimiento real poseído por el alumno [25].

La categoría *Rendimiento en el curso* representa el avance del alumno con respecto al material de aprendizaje, en términos de la estructura de los cursos ofrecidos por el sistema. Además, incluye registros de las lecciones completadas, los pedidos de ayuda, el tiempo de resolución de las actividades, etc.

Si bien estas dos categorías se incluyen en el modelo del estudiante, porque son imprescindibles para realizar tareas de personalización en función del nivel de conocimientos y del avance del curso, no se desarrollan en mayor detalle en la presente propuesta. Su inclusión es principalmente a título informativo, puesto que su estructura y contenido son dependientes de la estructura y contenido de cada curso/ asignatura particular, y el modelo propuesto es un modelo genérico aplicable a sistemas de aprendizaje ubicuo que implementen cursos de cualquier temática. En el marco del Proyecto de Investigación en el que se inserta este trabajo, esta información se describe en otras ontologías tales como la ontología de la Estrategia de Aprendizaje y la ontología del Dominio.

Luego, para determinar la información de contexto a incluir en el modelo, se revisaron distintos trabajos encontrados en la literatura [30], [3], [31] a partir de los cuales se identificaron las siguientes categorías comunes de información de contexto:

- Ubicación: es la categoría principal que se tiene en cuenta al considerar el contexto de un usuario. Se suele representar por coordenadas.
- Condiciones físicas o ambientales: se considera información como nivel de luz, nivel de ruido, clima, temperatura, etc.
- Entorno o dispositivos computacionales: procesadores, dispositivos, sensores, redes de comunicación, etc.
- Entorno social: personas y lugares ubicados cerca del usuario.
- Tiempo: identificando día y hora.

Teniendo en cuenta estas categorías, y revisando el trabajo de Hong & Cho [12], se comprobó que, CALA-ONT, la ontología propuesta por los mismos toma en cuenta toda la información mencionada anteriormente, implementándola a través de una estructura sencilla pero completa.

Por lo tanto, para definir las categorías del modelo se tomaron como base las clases principales de la misma, que se modificaron en función de los requerimientos propios del modelo a construir.

**Categorías de información de contexto.** La categoría *Ubicación* representa el lugar donde se encuentra ubicado el estudiante. Una ubicación puede ser de interior o de exterior, en el sentido de si está ubicada dentro o fuera de las instalaciones de la institución educativa. A su vez, una ubicación de interior puede clasificarse (no exhaustivamente) en aula, box o laboratorio.

La categoría *Actividad* hace referencia a una actividad realizada por el estudiante. Por actividad se debe entender cualquier acción general que el mismo puede llevar a cabo en algún escenario educativo, por ejemplo, estudiar, participar de una reunión de grupo, rendir un examen, etc. No debe confundirse con actividad pedagógica, como ser un ejercicio del curso o una evaluación. Las actividades se clasifican en actividades formales o informales, siendo las actividades formales aquellas que se asocian con actividades oficiales de la institución educativa, como ser, clases o evaluaciones. Por el contrario, las informales son actividades que pueden ser iniciadas por el alumno, como por ejemplo, una reunión de grupo o descansar en el patio de la institución.

La categoría *Entidad Computacional* se refiere a los distintos artefactos de hardware y software que forman parte del entorno del alumno. Una entidad computacional puede ser: una aplicación, un dispositivo o una red. A su vez, un dispositivo puede ser una impresora, una PC, un proyector, un Smartphone o una tablet.

### 3.2 Creación del modelo conceptual de la ontología

Tomando como base las distintas categorías de información definidas anteriormente, se creó el modelo conceptual de la ontología siguiendo una metodología de construcción de ontologías.

La metodología utilizada es la resultante de tomar como base a la propuesta presentada por [21], *Ontology 101*, y realizar una adaptación parcial de la misma, además de utilizar ciertos criterios/recursos presentados en *METHONTOLOGY* [22].

**Determinación del dominio y alcance de la ontología.** Es el primer paso en el proceso de desarrollo de la ontología, y sirve para identificar el ámbito de información de la misma, los usos y usuarios previstos y, principalmente, los requerimientos que debe satisfacer.

La ontología del estudiante *onto-alu* tiene como propósito representar el modelo del estudiante para sistemas de aprendizaje ubicuos, conteniendo las principales características del alumno y su contexto, en tanto resulten relevantes para la personalización de la experiencia de aprendizaje en un sistema de u-learning.

*Onto-alu* está formada por la información del estudiante y contexto descripta previamente, y centrada en la información independiente del dominio. Será utilizada por un sistema, o aplicación, de aprendizaje ubicuo para dar soporte a las tareas de personalización del mismo.

Para precisar en detalle el dominio de la ontología, se definieron 22 requerimientos que la misma debe satisfacer. La lista completa de los mismos se puede consultar en la sección I del apéndice.

**Análisis de reuso de ontologías existentes.** El segundo paso de la metodología consiste en realizar un análisis de las ontologías relevantes existentes y considerar la fac-



tibilidad de reusarlas total o parcialmente, en lugar de diseñar y programar la misma desde cero.

En el presente trabajo no se reusaron ontologías específicas o de dominio porque todas aquellas revisadas representaban únicamente porciones reducidas de la información total requerida para el modelo.

Con respecto a las ontologías base o upper-ontologies, al realizar el diseño de la ontología presentada en este trabajo, se tomaron como base las clases de la ontología de contexto CALA-ONT [12]. La misma provee una representación genérica de contexto para sistemas de aprendizaje, que a su vez no es excesivamente compleja como otras ontologías de contexto de nivel superior como SOUPA [8] o COBRA-ONT [7].

Adicionalmente, se consideró la posibilidad de reusar la ontología general de usuario, GUMO [6], que intenta representar, de modo genérico, la información requerida para modelos de usuario de sistemas adaptativos, pero se la descartó puesto que la misma contiene más de mil términos, siendo demasiado amplia para ser considerada en el presente trabajo.

**Definición de clases y su jerarquía.** En función de las categorías de información descriptas en la sección 3.1, y de los requerimientos detallados determinados en el primer paso, se definieron las clases de la ontología, agrupándolas por niveles hasta obtener la jerarquía deseada.

Para construir esta jerarquía se utilizaron las relaciones taxonómicas recomendadas por METHONTOLOGY [22]. En la Fig. 1 se puede observar la jerarquía de clases y los tipos de relaciones taxonómicas entre las subclases de mismo nivel de cada clase.

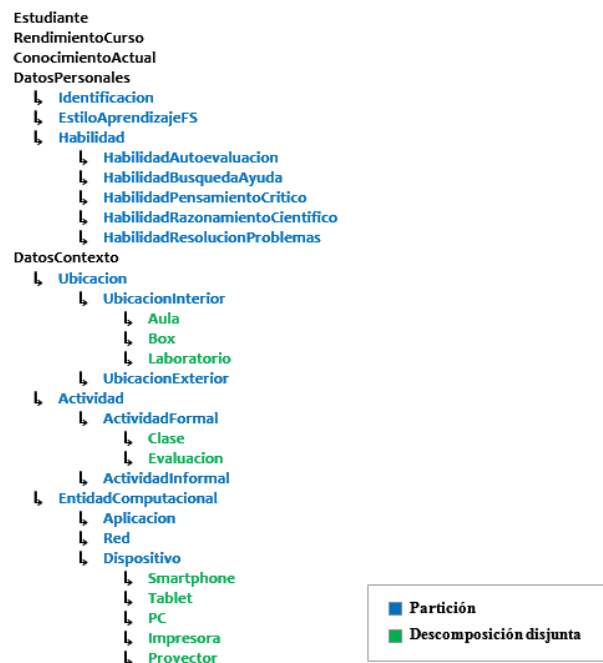


Fig. 1. Jerarquía de clases de la ontología.

**Definición de propiedades.** En este paso se definieron las propiedades de objetos y de datos que forman parte de la ontología del estudiante, especificando también el dominio y rango para cada una de ellas. En el caso de las propiedades de datos, no se especificó el dominio de ninguna de ellas porque hay ciertas propiedades que se reusan en distintas clases, por lo que se definió solo el rango de cada propiedad. El detalle de algunas de las propiedades se puede consultar en la sección 2 del apéndice.

**Definición de las características de las propiedades.** En este paso se definieron las características de las propiedades de objetos y datos descritas anteriormente. También se especificaron las propiedades inversas en los casos que correspondía. En la sección 3 del apéndice se documentan algunas definiciones de características a modo de ejemplo.

**Definición de axiomas formales y descripciones de clases.** En el sexto paso se completó la definición de las clases, especificando sus condiciones suficientes y necesarias. La definición detallada de los axiomas de algunas clases se puede consultar en la sección 4 del apéndice.

### 3.3 Implementación de la ontología con Protégé

Para implementar la ontología se utilizó la herramienta Protégé-OWL, versión 4.3.

Una vez que la ontología estuvo completa, se realizó su primer chequeo con la ejecución del razonador para tener la seguridad de que no se habían cometido errores, durante la construcción, que generaran inconsistencias. El razonador también se encarga de computar las inferencias de la ontología, y se puede ejecutar desde la misma interfaz del editor Protégé. Las jerarquías de clases y propiedades de la ontología una vez implementada en Protégé se pueden consultar en la sección 5 del apéndice.

## 4 Evaluación de la ontología del estudiante

La evaluación de la ontología construida se realizó desde tres perspectivas:

- Evaluación de errores y anomalías de diseño
- Evaluación contra requerimientos
- Caso de estudio: Aplicación ubicua para la enseñanza universitaria

### 4.1 Evaluación de errores y anomalías de diseño

Para llevar a cabo esta evaluación, se utilizó la taxonomía de errores propuesta por [22], y extendida por Fahad & Qadir [32].

En primer lugar, se buscaron errores de inconsistencia, es decir, aquellos que vuelven inutilizable la ontología, o bien que generan razonamientos incorrectos. Algunos de estos errores se detectan automáticamente, a través de la ejecución de un razonador sobre la ontología, mientras que para identificar otros es necesario revisar manualmente la ontología. Un chequeo que se realiza es, por ejemplo, controlar que todas las subclases son conceptos más específicos que su superclase.

En segundo lugar, se buscaron errores de incompletitud que son aquellos en los que se omite definir información relevante en la ontología. Para identificarlos es necesario revisar manualmente la ontología, por ejemplo, controlando que todas las clases definidas tengan los axiomas correspondientes.

Por último, se buscaron errores de redundancia, dados por la definición de cierta información particular más de una vez en la ontología. Los mismos se detectan revisando manualmente la ontología, por ejemplo, controlando que cada axioma de disyunción esté especificado una sola vez.

#### **4.2 Evaluación contra requerimientos**

En esta instancia de evaluación se demostró que la ontología cumplía con cada uno de los 22 requerimientos definidos inicialmente para la misma.

El procedimiento de prueba utilizado fue diferente de acuerdo al tipo de requerimiento a probar: de datos o de relaciones entre datos.

En el caso de los requerimientos de datos, se crearon las instancias correspondientes a las entidades involucradas en cada requerimiento, se ejecutó el razonador para verificar que la ontología seguía siendo consistente en presencia de la nueva información, y por último, se realizaron consultas a la misma con el lenguaje SPARQL para comprobar que la información se había asociado a las entidades correctamente.

Con respecto a los requerimientos de relaciones entre datos, se utilizan distintos pasos en función del tipo de relación que se representa. Para probar los requerimientos que representan relaciones que limitan a la instancia del dominio a vincularse con una única instancia del rango, se crearon instancias y se declararon propiedades que violaban dicha restricción de cardinalidad, mostrando como al ejecutar el razonador la ontología se volvía inconsistente.

Para probar los requerimientos que denotan relaciones donde la instancia del dominio puede enlazarse con varias instancias del rango, se declararon instancias y relaciones entre las mismas, se ejecutó el razonador para comprobar que no se introducían inconsistencias, y por último se consultó la ontología para verificar que la información era correcta.

Ejemplos de prueba para cada uno de estos tipos de requerimientos se pueden encontrar en la sección 6 del apéndice.

#### **4.3 Caso de estudio: Aplicación ubicua para la enseñanza universitaria**

El último paso en la evaluación de la ontología consistió en la instanciación de la misma en un escenario concreto de uso: una aplicación de aprendizaje ubicuo de soporte a la enseñanza universitaria.

Para ello, se tomó como base el modelo de una aplicación ubicua diseñada para implementar cursos pertenecientes a asignaturas universitarias que incluyan dentro de sus tareas, las prácticas de laboratorio y los trabajos de campo. La aplicación ofrece distintos servicios, específicamente diseñados para la implementación de esta clase de cursos, y onto-alu dará soporte a estos servicios de personalización haciendo uso de la información que contiene y de sus capacidades de razonamiento.

Los servicios ofrecidos por la aplicación son:

- Asesoramiento on-line de pares.- El estudiante podrá solicitar a la aplicación la posibilidad de contactarse con sus compañeros para realizar una determinada tarea. La aplicación buscará entre los estudiantes on-line aquel que mejor pueda apoyar el aprendizaje del alumno solicitante, en función del grado de avance en la tarea y el nivel de conocimiento.
- Recomendaciones personalizadas sobre tareas o actividades pedagógicas a realizar.- La aplicación sugerirá al estudiante realizar una determinada tarea pedagógica del curso en función de su ubicación, su estilo de aprendizaje y el dispositivo con el cual accede a la aplicación.

Para el primer servicio, onto-alu determinará un conjunto de candidatos a ayudar al alumno, para lo cual identificará a los estudiantes que tengan resuelta la tarea en la que el alumno necesita ayuda y un nivel de conocimiento en el tema de esa tarea mayor o igual al del alumno que solicita la ayuda. Luego, la aplicación puede seleccionar de entre un conjunto de candidatos aquel que se encuentre online y recomendarlo al alumno que requiere asistencia.

Para el segundo servicio, onto-alu clasificará al estudiante en un estereotipo de acuerdo a las distintas combinaciones de valores que pueden darse entre estilo de aprendizaje (visual o verbal), dispositivo (Smartphone o Tablet) y ubicación (Aula, Laboratorio/Box, Exterior). Luego, la aplicación puede seleccionar la tarea correspondiente en función del estereotipo en el cual ha sido clasificado el alumno.

En función del tipo de soporte que la ontología debe proporcionar, de acuerdo a lo descripto previamente, definimos las preguntas de competencia que la misma debe ser capaz de responder:

PC1. ¿Cuáles son los estudiantes que podrían prestar ayuda al alumno en la tarea actual?

PC2. ¿A qué estereotipo de recomendación de tarea corresponde el alumno?

Para que onto-alu sea capaz de dar soporte a los servicios descriptos, se agregaron nuevas entidades y reglas, además de asumir una estructura particular para el modelo de la estrategia de aprendizaje usada por la aplicación, donde cada curso está compuesto por distintos temas, los cuales a su vez están formados por varias tareas.

Para dar soporte al primer servicio, se introdujeron los siguientes cambios:

- Se definió un pequeño fragmento de la ontología *onto-curso*, para representar la estructura mencionada, formada por tres subclases: Curso, Tema y Tarea.
- Se definieron las propiedades necesarias para vincular estas nuevas clases con el estudiante, teniendo en cuenta que una tarea puede estar completada o en progreso y que el estudiante tiene un nivel de conocimiento para cada tema
- Además, se definieron dos propiedades para vincular a los alumnos candidatos con el alumno que requiere asistencia.
- Finalmente se definió la regla que permite vincular los alumnos candidatos con el alumno que solicita ayuda.

Para dar soporte al segundo servicio, se introdujeron los siguientes cambios:

- Se creó una jerarquía de clases para representar los distintos estereotipos de recomendación de tareas.

- Se definieron las condiciones suficientes de pertenencia a cada clase de la jerarquía de estereotipos, de acuerdo con la combinación de valores de estilo de aprendizaje (visual o verbal), dispositivo (Smartphone o Tablet) y ubicación.

Una vez creados los nuevos componentes de la ontología, se definieron los datos de prueba para constatar que la ontología es capaz de responder adecuadamente a las preguntas de competencia especificadas previamente.

En la sección 7 del apéndice se puede encontrar la descripción detallada de estas pruebas.

## 5 Conclusiones

Con respecto al cumplimiento de los objetivos se puede decir que se alcanzaron los dos objetivos específicos planteados al inicio del trabajo.

Por una parte, se obtuvo un conjunto de características que representan al estudiante y a su contexto, relevantes para personalización de sistemas de u-learning.

Por otra parte, se creó una ontología que representa el modelo del estudiante con dichas características. Este modelo permitió representar la información requerida de manera satisfactoria, tal como se pudo comprobar en la evaluación realizada al mismo. Adicionalmente, se demostró que integrando el modelo construido con otros modelos que conformarían el sistema de aprendizaje, se logra dar soporte a las tareas de personalización del sistema.

En relación a las ventajas de la utilización de ontologías para representar el modelo del estudiante, se pudo observar que la integración con otros modelos del sistema es directa ya que al encontrarse representados de acuerdo a un formalismo bien definido, la simple importación de una ontología en otra permite seguir trabajando como si todo se encontrara dentro de un mismo modelo. Esto significa que el modelo es altamente reusable y de fácil extensión a través de modelos adicionales.

En relación a las limitaciones presentadas por las ontologías en la representación del modelo, se pudo observar que las mismas no permiten representar cierto tipo de relaciones, lo que en parte se ve resarcido por la incorporación de reglas semánticas en la misma.

Finalmente, se pueden definir las siguientes líneas futuras de investigación:

- Extensión de la ontología a un mayor nivel de detalle y modularización de la misma para mejorar su mantenibilidad y ampliar sus posibilidades de reuso.
- Alineación de la ontología con ontologías de nivel superior para incrementar su interoperabilidad en el contexto de la web semántica y/o de otros sistemas de aprendizaje.
- Integración de la ontología del estudiante con las ontologías del dominio y demás ontologías del sistema de u-learning para definir las técnicas de personalización.
- Integración del conjunto de ontologías con el sistema de aprendizaje ubicuo para implementar la personalización de la experiencia de aprendizaje.

## 6 Bibliografía

1. Heines, J. M. Milestones in Early Learning Devices. *coAction Magazine, Authorware*. 1(1):24-29. 1988, November.
2. Fröschl, C. User modeling and user profiling in adaptive e-learning systems. Master Thesis. Graz University of Technology: Austria. 2005.
3. Yau, J. K., & Joy, M. S. Context-aware and adaptive learning schedule for mobile learning. *International Workshop on Mobile and Ubiquitous Learning Environments (MULE) at the Int. Conference on Computers in Education (ICCE 2006)*, Beijing, China. 2006.
4. Bobillo F., Delgado M. & Gómez-Romero J. Uso de modelos de restricción del contexto para el desarrollo de aplicaciones móviles inteligentes. *Actas del XIII Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica Fuzzy (ESTYLF 2006)*, Noviembre 2006.
5. Hervás, R., Nava, S. W., Chavira, G., & Bravo, J. Modelado de Contexto : Una Ontología Adaptativa al Usuario en Ambientes Inteligentes. *Context*, 1, 167-177. 2006.
6. Heckmann, D., Schwarzkopf, E., Mori, J., Dengler, D., & Kr, A. The User Model and Context Ontology GUMO revisited for future Web 2.0 Extensions. *Context*, 37. 2006.
7. Chen, H., Finin, T., & Joshi, A. An ontology for context-aware pervasive computing environments. *The Knowledge Engineering Review*, 18(03), 197-207. 2003.
8. Chen, H., Perich, F., Finin, T., & Joshi, A. SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications. The First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems, Networking and Services 2004, MOBIQUITOUS 2004, 3(5), 258–267. DOI:10.1109/MOBIQ.2004.1331732. 2004.
9. Wang, X. H., Zhang, D. Q., Gu, T., & Pung, H. K. Ontology based context modeling and reasoning using OWL. In *Pervasive Computing and Communications Workshops, 2004. Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on* (pp. 18-22). IEEE. 2004, March.
10. Chen, W., & Mizoguchi, R. Communication content ontology for learner model agent in multi-agent architecture. *Advanced Research in Computers and Communications in Education, Proc. ICCE, 99, 95-102*. 1999.
11. Šimún, M., Andrejko, A., & Bieliková, M. Ontology-based models for personalized e-learning environment. In *Proc. of 5th Int. Conf. on Emerging e-learning Technologies and Applications (ICETA'07)*. 2007, September.
12. Hong, M., & Cho, D. Ontology Context Model for Context-Aware Learning Service in Ubiquitous Learning Environments. *International Journal*, 2(3). 844–848. 2008.
13. Siadaty, M., Tormiai, C., Gašević, D., Jovanovic, J., Eap, T. M. & Hatala, M. m-LOCO : An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning. *Proceedings of the 6th International Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems at 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Montreal, Canada, June 2008.
14. Pramitasari, L., Hidayanto, A. N., Aminah, S., Krisnadhi, A. A., & Ramadhanie, A. M. Development of student model ontology for personalization in an e-learning system based on semantic web. In *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS09)*, Indonesia, December 2009. (pp. 7-8).
15. Panagiotopoulos, I., Kalou, A., Pierrakeas, C., & Kameas, A. An Ontology-Based Model for Student Representation in Intelligent Tutoring Systems for Distance Learning. In *Artificial Intelligence Applications and Innovations* (pp. 296-305). Springer Berlin Heidelberg. 2012.
16. Koch, N. P. Software engineering for adaptive hypermedia systems. Doctoral dissertation, PhD Thesis. Verlag Uni-Druck, Munich. 2001.

17. Mödritscher, F., Garcia Barrios, V. M., & Gütl, C. Enhancement of SCORM to support adaptive E-Learning within the Scope of the Research Project AdeLE. In *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Vol. 2004, No. 1*, pp. 2499-2505. 2004.
18. Graf, S. & Kinshuk. Adaptivity and Personalization in Ubiquitous Learning Systems. *HCI and Usability for Education and Work* (pp. 331-338). Springer. Berlin Heidelberg. 2008.
19. Dey, A. K., Abowd, G. D., & Salber, D. A context-based infrastructure for smart environments. In *Managing Interactions in Smart Environments* (pp. 114-128). Springer London. 2000.
20. Staab, S., & Studer, R. Handbook on ontologies. *International Handbooks on Information Systems, 2nd ed. 2009, XIX*. Springer. 2010.
21. Noy, N., & McGuinness, D. L. Ontology Development 101. *Knowledge Systems Laboratory*, Stanford University. 2001.
22. Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. Ontological engineering. *Advanced Information and Knowledge Processing, 2004 XII, Vol. 139*. Heidelberg: Springer. 2004.
23. Sosnovsky, S. Ontological Technologies for User Modeling. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*. Vol. 5(1), pp 32-71. 2007.
24. Graf, S., Yang, G., Liu, T. C., & Kinshuk, D. Automatic, global and dynamic student modeling in a ubiquitous learning environment. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL), 1(1)*, 18-35. 2009.
25. Martins, A. C., Faria, L., De Carvalho, C. V., & Carrapatoso, E. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Journal of Educational Technology & Society, 11(1)*. 2008.
26. Smythe C., Tansey F, & Robson R. IMS Learner Information Package Information Model Specification, Version 1.0. 2001.
27. Graf, S., Viola, S. R., & Leo, T. In-Depth Analysis of the Felder-Silverman Learning Style Dimensions. *Journal of Research on Technology in Education, 40(1)*. 2007.
28. Otero, W. R. I., Petch, J. R., & Catapan, A. H. Developing high-level cognitive skills in e-learning. *Rev Cientif Int, 20*, 41-57. 2012.
29. Roll, I., Baker, R. S., Alevan, V., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. Modeling students' metacognitive errors in two intelligent tutoring systems. In *User Modeling 2005* (pp. 367-376). Springer Berlin Heidelberg. 2005.
30. Schmidt, A., Beigl, M., & Gellersen, H. W. There is more to context than location. *Computers & Graphics, 23(6)*, 893-901. 1999.
31. Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. Criteria, Strategies and Research Issues of Context-Aware Ubiquitous Learning. *Educational Technology & Society, 11 (2)*, 81-91. 2008.
32. Fahad, M., & Qadir, M. A. A Framework for Ontology Evaluation. *ICCS Supplement, 354*, 149-158. 2008.

## Apéndice

### 1 Requerimientos de la ontología

A continuación se detallan los 22 requerimientos definidos para onto-alu:

- R1. Debe ser posible identificar al estudiante a través de su nombre, su DNI, su sexo, su fecha de nacimiento, su domicilio, su teléfono y su dirección de correo electrónico.
- R2. Debe ser posible representar el estilo de aprendizaje del estudiante de acuerdo al Modelo de Felder & Silverman, expresado como un conjunto de 4 valores, donde cada uno de ellos corresponde a un tipo (preferencia) por dimensión.
- R3. Debe ser posible definir el nivel del estudiante para cada una de las siguientes habilidades: autoevaluación, búsqueda de ayuda, pensamiento crítico, razonamiento científico y resolución de problemas; en una escala cualitativa con valores {Alto, Medio, Bajo}.
- R4. Para cada ubicación, debe ser posible definir: si es de interior o exterior, su descripción textual, su dirección y sus coordenadas GPS.
- R5. Para cada ubicación de interior, debe ser posible definir: si es un aula, box o laboratorio, su nivel de iluminación {Adecuado o bajo} y su nivel de ruido {Adecuado, Alto o Muy Alto}.
- R6. Para cada actividad, debe ser posible definir: si es formal o informal, su descripción, su horario de inicio y su horario de finalización.
- R7. Para cada actividad formal debe ser posible definir si es una clase o una evaluación.
- R8. Para cada entidad computacional, debe ser posible definir: si es un dispositivo, una red, o una aplicación; y su descripción.
- R9. Para cada entidad de tipo dispositivo debe ser posible definir si es una impresora, una PC, un proyector, un Smartphone o una Tablet.
- R10. Un estudiante puede tener un único conjunto de datos de identificación.
- R11. Un estudiante puede tener un único estilo de aprendizaje.
- R12. Un estudiante puede tener un único nivel por habilidad.
- R13. Un estudiante puede encontrarse en una única ubicación.
- R14. Una ubicación puede contener más de un estudiante simultáneamente.
- R15. Una ubicación puede contener más de una entidad computacional simultáneamente.
- R16. Una ubicación puede contener más de un actividad simultáneamente.
- R17. Un estudiante puede realizar una única actividad.
- R18. Una actividad puede estar siendo realizada por un único estudiante.
- R19. Una actividad puede desarrollarse en una única ubicación.
- R20. Un estudiante puede hacer uso de varias entidades computacionales simultáneamente.
- R21. Una entidad computacional puede ser utilizada por un único estudiante.
- R22. Una entidad computacional opera en una única ubicación.



## 2 Propiedades de objetos y de datos

En las Tablas 1 y 2 se presentan fragmentos de las tablas de definición de propiedades de objetos y de datos de *onto-alu*, respectivamente.

**Tabla 1.** Algunas propiedades de objetos de *onto-alu*.

N°	Nombre	Descripción	Dominio	Rango
1	tieneIdentificacion	Relaciona a un estudiante con su conjunto de datos de identificación.	Estudiante	Identificacion
2	tieneHabilidad		Estudiante	Habilidad
3	ubicadoEn	Relaciona un estudiante con la ubicación donde este se encuentra.	Estudiante	Ubicacion
4	contieneA	Relaciona una ubicación con el estudiante que esta contiene.	Ubicacion	Estudiante

**Tabla 2.** Algunas propiedades de datos de *onto-alu*.

N°	Nombre	Descripción	Rango
1	nombre	Nombre completo del estudiante. Ejemplo: Marcela Rodríguez	string
2	nivelHabilidad	Nivel de las habilidades del estudiante.	{"Alto" , "Bajo" , "Medio" }
3	descripcion	Nombre o descripción textual de un objeto. Usada para describir ubicaciones, actividades y entidades computacionales. Ejemplo1: Aula 23, FCEyT. Ejemplo2: Clase práctica de Simulación-LSI.	string

## 3 Características de propiedades

En las Tablas 3 y 4 se presentan las características de las propiedades detalladas en la sección previa.

**Tabla 3.** Características de las propiedades de objetos.

N°	Nombre	Características	Inversa
1	tieneIdentificacion	Funcional	-
2	tieneHabilidad	Funcional inversa	esHabilidadDe
3	ubicadoEn	Funcional	contieneA
4	contieneA	Funcional inversa	ubicadoEn

**Tabla 4.** Características de las propiedades de datos.

N°	Nombre	Características
1	nombre	Funcional
2	dni	Funcional
3	nivelHabilidad	Funcional
4	descripcion	Funcional

#### 4 Axiomas y descripciones de clases

En las Tablas 5 y 6 se presentan fragmentos de las tablas de definición de condiciones necesarias y suficientes de *onto-alu*, respectivamente.

**Tabla 5.** Condiciones necesarias de algunas clases de *onto-alu*.

N°	Clase	Condiciones necesarias (subclases)
1	Habilidad	nivelHabilidad exactly 1 descripcion exactly 1
2	Ubicación	coordenadasGPS exactly 1 direccion exactly 1
3	UbicacionExterior	-
4	UbicacionInterior	nivelIluminacion exactly 1 nivelRuido exactly 1

**Tabla 6.** Condiciones suficientes de algunas clases de *onto-alu*.

N°	Clase	Condiciones suficientes (clases equivalentes)
1	Habilidad	HabilidadAutoevaluacion or HabilidadBusquedaAyuda or HabilidadPensamientoCritico or HabilidadRazonamientoCientifico or HabilidadResolucionProblemas UbicacionExterior or UbicacionInterior
2	Ubicación	contieneA some Estudiante tieneEnDesarrolloA some Actividad tieneOperandoA some EntidadComputacional
3	UbicacionExterior	-
4	UbicacionInterior	-

#### 5 Jerarquía de clases y propiedades en Protégé

En las Figuras 1 y 2 se pueden observar las jerarquías completas de clases y propiedades de *onto-alu*, tal como fueron definidas en la herramienta Protégé.

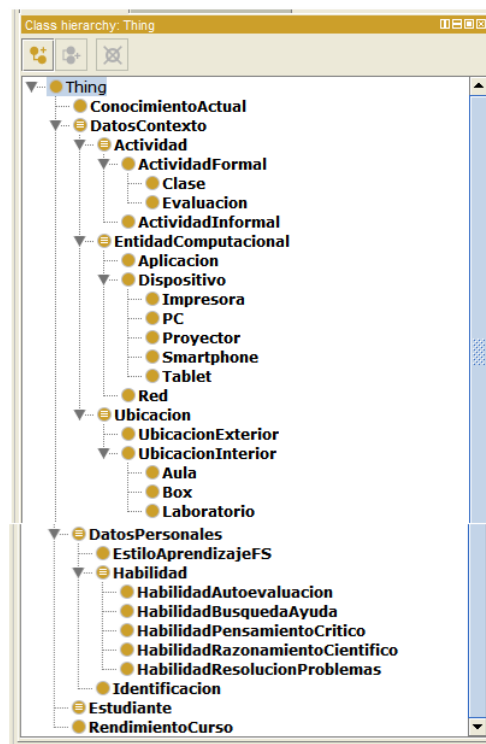


Fig. 1. Jerarquía completa de clases de *onto-alu* en Protégé.

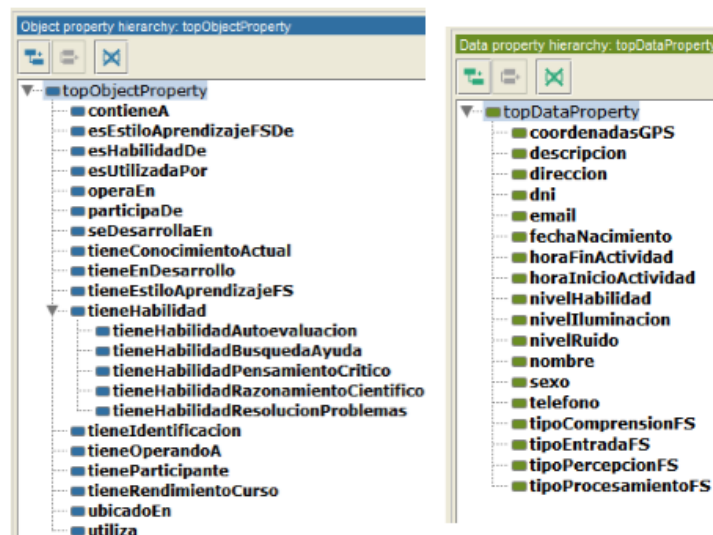


Fig. 2. Jerarquías de propiedades de objetos y de datos de *onto-alu* en Protégé.

## 6 Evaluación de la ontología: validación contra requerimientos

A continuación se presentan, a título de ejemplo, descripciones detalladas de la validación de un requerimiento de datos (R1) y de un requerimiento de relaciones entre datos (R13).

### 6.1 Validación de requerimiento de datos

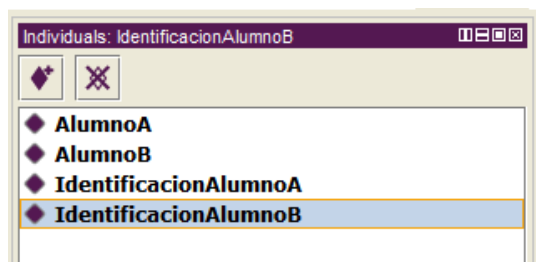
R1. *Debe ser posible identificar al estudiante a través de su nombre, su DNI, su sexo, su fecha de nacimiento, su domicilio, su teléfono y su dirección de correo electrónico.*

En primer lugar, se definieron los datos de prueba a utilizar, los cuales se describen en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Datos de prueba para requerimiento R1.

	Alumno A	Alumno B
Nombre	Josefina Vázquez	Mariano Aquino
DNI	35250250	33100200
Sexo	F	M
Fecha de nacimiento	10-03-1990	25-10-1987
Domicilio	Belgrano (s) 1520	Laprida 98, La Banda.
Teléfono	385-5161878	385-689-9888
E-mail	josefina@gmail.com	mariano_28@yahoo.com.ar

Luego se crearon las instancias en Protégé: de tipo estudiante para los alumnos A y B, y de tipo Identificación para sus datos, tal como se observa en la Fig. 3.



**Fig. 3.** Instancias de alumnos y de datos de identificación.

Una vez que las instancias de identificación estuvieron definidas, se las asoció con sus respectivas propiedades de datos (Fig. 4), y por último, se vinculó cada estudiante con su conjunto de datos, lo cual se puede observar para el alumno B en la Fig. 5.

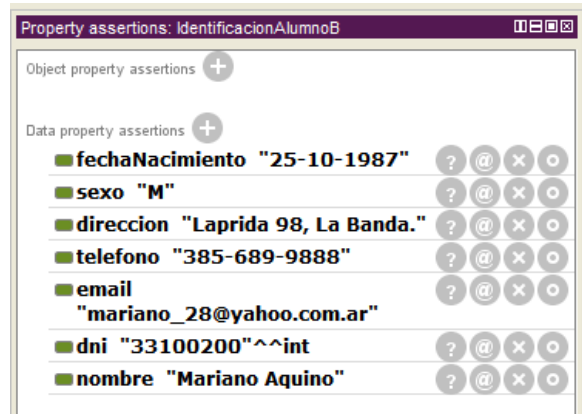


Fig. 4. Datos de identificación del alumno B.

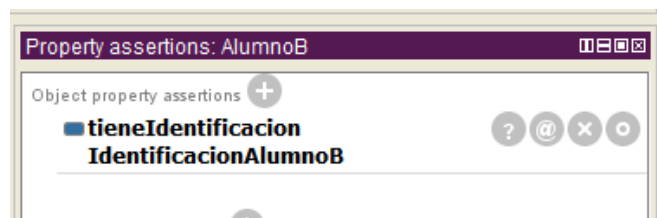


Fig. 5. Vinculación de alumno B con sus datos de identificación.

En este punto, se ejecutó el razonador, y se realizó una consulta a la ontología para obtener los datos asociados a cada alumno a través de su identificación. Los resultados de la misma se muestran en la Fig. 6.

```

SPARQL query:
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX alu: <http://www.onto-au.edu/ontologias/onto-alu#>

SELECT ?Alumno ?Identificacion ?Prop ?Dato
WHERE
{
  ?Alumno alu:tieneIdentificacion ?Identificacion .
  ?Identificacion ?Prop ?Dato .
  ?Rest rdf:type owl:Restriction .
  ?Rest owl:property ?Prop .
  alu:Identificacion rdfs:subClassOf ?Rest
}
    
```

Alumno	Identificacion	Prop	Dato
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	dni	"35250250"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	email	"josefina@gmail.com"
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	telefono	"385-5161878"@
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	sexo	"F"@
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	direccion	"Belgrano (s) 1520"@
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	nombre	"Josefina Vázquez"@
AlumnoA	IdentificacionAlumnoA	fechaNacimiento	"10-03-1990"@
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	dni	"33100200"^^<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int>
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	email	"mariano_28@yahoo.com.ar"
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	telefono	"385-689-9888"@
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	sexo	"M"@
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	direccion	"Laprida 98, La Banda."@
AlumnoB	IdentificacionAlumnoB	nombre	"Mariano Aquino"@

Fig. 6. Datos de cada alumno.

## 6.2 Validación de requerimiento de relación entre datos

R13. *Un estudiante puede encontrarse en una única ubicación*

En primer lugar, se definieron dos instancias de ubicación y dos instancias de alumnos. Luego, se relacionó al alumno A con dos ubicaciones distintas (Fig. 7).

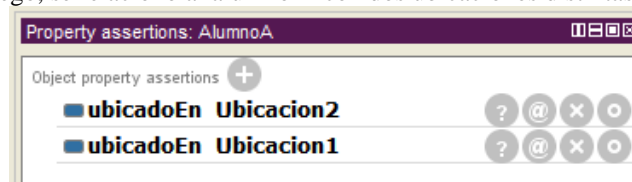


Fig. 7. Alumno A está ubicado en dos lugares distintos.

Al ejecutar el razonador, éste determinó que la ontología era inconsistente, tal como se observa en la Fig. 8, proporcionando la explicación de que el Alumno A se relaciona con dos ubicaciones diferentes, a través de una propiedad que es funcional.

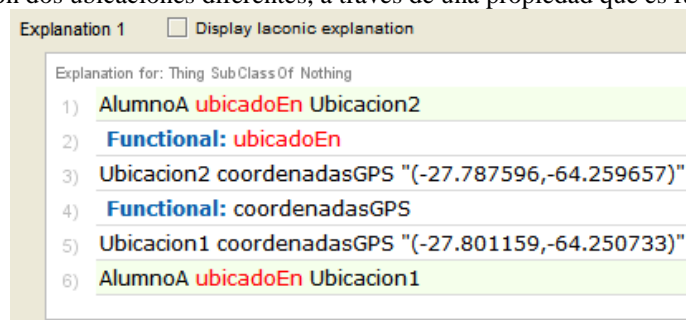


Fig. 8. Explicación de inconsistencia relacionada con ubicadoEn.

## 7 Evaluación de la ontología: caso de estudio

Para evaluar la pregunta de competencia PC1: ¿Cuál es el estudiante más adecuado para dar soporte al alumno en la tarea actual?, se crearon distintas instancias de alumnos, temas y tareas, siendo el alumno C quien solicita ayuda al sistema (Tabla 8).

Tabla 8. Datos de prueba para PC1.

	Alumno A	Alumno B	Alumno C
curso	Curso1	Curso1	Curso1
tieneNivelAlto	Tema1	-	-
tieneNivelMedio	-	Tema2	Tema1
tieneNivelBajo	-	Tema1	-
resuelve	Tarea2T1	Tarea1T2	Tarea1T1
haCompletadoTarea	Tarea1T1	Tarea1T1	-
¿Es candidato a ayudar a C?	Si	No	-

Estas mismas instancias, creadas en Protégé se muestran en la Fig. 9.

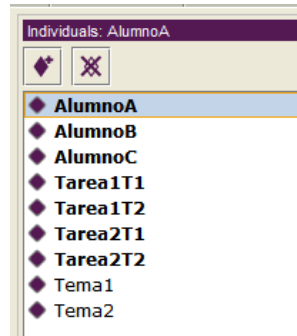


Fig. 9. Instancias de alumnos, temas y tareas.

En la Fig. 10 se presenta el detalle de las entidades relacionadas con el alumno A, tal como fueron creadas en la herramienta Protégé. Las relaciones del alumno B y C se definieron del mismo modo, de acuerdo a los detalles especificados en la Tabla 8.



Fig. 10. Temas y tareas relacionadas con AlumnoA.

Luego, se creó la regla que permitirá determinar si un alumno particular está en condiciones de auxiliar a su compañero. Esta regla se muestra en la Fig. 11.

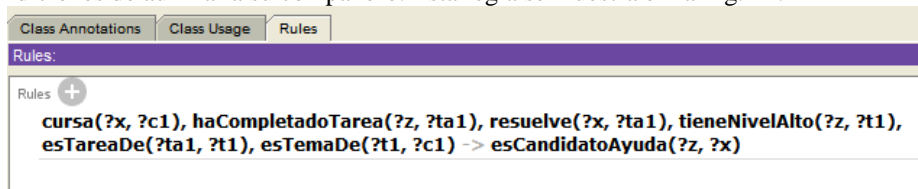


Fig. 11. Regla para determinar candidatos a ayudar.

Finalmente, al ejecutar el razonador, el alumno A fue relacionado con el alumno C a través de la propiedad esCandidatoAyuda, como se observa en la Fig. 12.

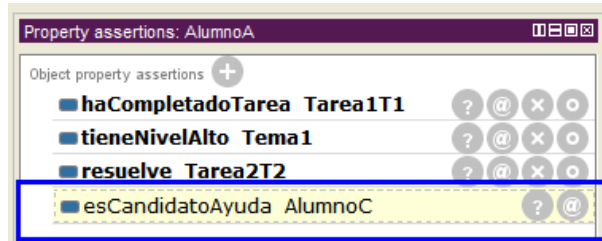


Fig. 12. AlumnoA es candidato a ayudar al AlumnoC

Para la evaluación de la segunda pregunta, PC2: ¿A qué estereotipo de recomendación de tareas corresponde el alumno?, se crearon instancias de alumnos (Fig. 13) que respondían a diferentes estereotipos, en función de la combinación de valores expresados en la Tabla 9.

Table 9. Datos de prueba para PC2.

	Alumno A	Alumno B	Alumno C	Alumno D	Alumno E
Tipo de entrada preferida según estilo FS	Visual	Verbal	Verbal	Verbal	Verbal
Dispositivo	Tablet	Tablet	Tablet	Smartphone	Smartphone
Ubicación	Aula	Aula	Aula	Exterior	Exterior
<i>Estereotipo corresp.</i>	<i>ERT1</i>	<i>ERT7</i>	<i>ERT7</i>	<i>ERT12</i>	<i>ERT12</i>

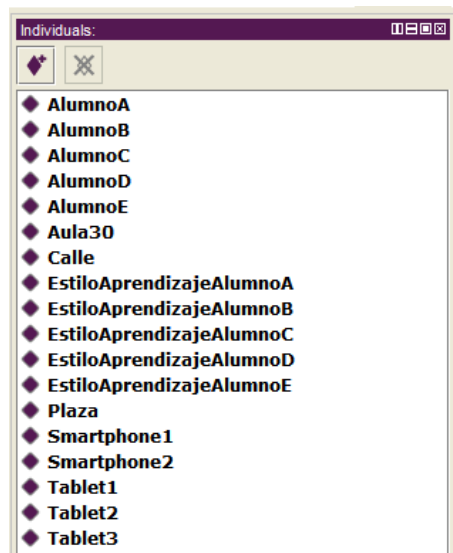


Fig. 13. Instancias de prueba para PC2.



En la Fig. 14 se muestra el detalle de las entidades relacionadas con el Alumno A, las demás entidades se definieron del mismo modo, de acuerdo a los detalles especificados en la Tabla 9.



Fig. 14. Alumno A y sus relaciones.

Al ejecutar el razonador, cada estudiante fue clasificado automáticamente en el estereotipo correspondiente, tal como se puede observar en la Fig. 15.

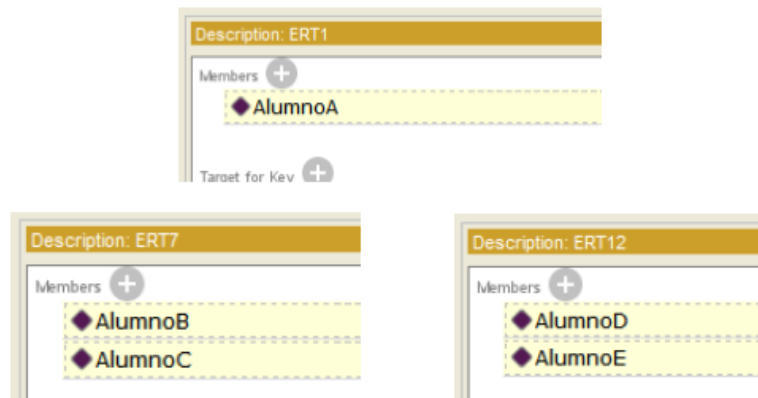


Fig. 15. Estudiantes clasificados por estereotipo.