



## Hacia un modelo ontológico de aprendizaje colaborativo basado en agentes

### Towards an Ontological Model of Collaborative Learning Based on Agents

Santiago Álvarez Lebrum<sup>1</sup>, Oscar Mauricio Salazar<sup>2</sup>, Demetrio Arturo Ovalle<sup>3</sup>

**Para citar este artículo:** S. Álvarez, O. M. Salazar y D. A. Ovalle, (2016). Hacia un modelo ontológico de aprendizaje colaborativo basado en agentes. *Revista Vínculos*, 13(1), xx-xx.

**Recibido:** 10-01-2016 / **Modificado:** 11-02-2016 / **Aprobado:** 08-03-2016

#### Resumen

El objetivo del artículo es proponer un modelo multi-agente que incorpora características de sensibilidad al contexto, con el fin de apoyar las actividades de aprendizaje colaborativo en entornos virtuales de aprendizaje, mediante el uso de ontologías y servicios de Awareness. Las características sensibles al contexto que ofrece el modelo permiten a estudiantes y docentes generar consciencia de la situación y del avance de las actividades colaborativas propuestas. Por su parte, las ontologías son usadas para modelar los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, así como las fortalezas y debilidades del grupo. Los servicios de Awareness creados son utilizados para el seguimiento de los procesos colaborativos tales como participación grupal, avance de actividades, agendas compartidas, entre otros. Basado en el modelo propuesto, un prototipo fue implementado y validado a través de un caso de estudio, el cual demuestra la eficacia del modelo para apoyar los procesos de aprendizaje colaborativo.

**Palabras clave:** ambientes de aprendizaje multi-agente, CSCL, cursos virtuales adaptativos, servicios de Awareness, ontologías.

#### Abstract

The aim of this paper is to propose a multi-agent model which incorporates context awareness characteristics in order to support collaborative learning activities into virtual learning environments by using Ontologies and Awareness Services. The characteristics related to contextual monitoring, group interaction, and the alerts offered by the model allow students and teachers to be aware about the learning situation and the progress of collaborative activities proposed. Furthermore, ontologies are used to model the different students learning styles, as well as the strengths and weaknesses exhibited by a specific group. The Awareness Services built are used to monitoring collaborative processes such as group participation, learning activity progress, shared agendas, among others. Based on the model proposed, a prototype was implemented and validated through a case study. Considering the obtained results by using each of the technologies proposed to support collaborative learning processes we can conclude the effectiveness of the model.

**Keywords:** adaptive virtual courses, awareness services, CSCL, multi-agent learning environments, ontologies.

- 1 Ingeniero de Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Estudiante de Maestría en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo electrónico: salvarezl@unal.edu.co
- 2 Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Estudiante de Doctorado en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo electrónico: omsalazaro@unal.edu.co
- 3 Docteur en Informatique, Université Joseph Fourier, Francia, Grenoble. Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Correo electrónico: dovalle@unal.edu.co

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los docentes han venido incentivando cada vez más el trabajo en grupo al interior de las aulas de clase, esto con el objetivo de mejorar la eficacia de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Dicha metodología de trabajo, conocida como aprendizaje colaborativo, tiene como finalidad que los estudiantes al interior de cada grupo trabajen juntos por un objetivo en común, permitiéndoles además la posibilidad de discutir desde diferentes puntos de vista y debatir durante el proceso de adquisición de conocimientos. Tales discusiones y debates generan un aumento en las capacidades de interacción entre los estudiantes y permiten que el aprendizaje sea dinámico, colaborativo y social [1]. Aunque esta metodología de trabajo posee un sinnúmero de ventajas, es común encontrar dificultades cuando el docente requiere identificar los estudiantes que obtuvieron un mejor desempeño dentro del grupo, quiénes alcanzaron los objetivos de aprendizaje por completo y adecuadamente, o incluso se hace más difícil medir el porcentaje de conocimientos adquiridos por los estudiantes o el grupo como tal.

Con el propósito de afrontar estos problemas, se propone un modelo basado en la integración de varios enfoques tales como: sistemas adaptativos multi-agente centrados en el usuario, sistemas de recomendación, ontologías, entre otros. Adicionalmente, el modelo implementa un mecanismo de evaluación que hace uso de los servicios de Awareness con el objetivo de proporcionar una solución para la evaluación de los grupos de trabajo y así potenciar aún más la aplicación del modelo propuesto.

Para este fin, el artículo se organiza de la siguiente manera: en primer lugar, la sección 2 describe los conceptos principales que se encuentran implicados en esta investigación relativa a los servicios de Awareness, Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computador (CSCL, por sus siglas en inglés), ontologías, entre otros. La sección 3 muestra algunos trabajos relacionados de acuerdo con el

modelo propuesto. En la sección 4 se presenta el modelo multi-agente propuesto y la implementación y validación relacionadas con los servicios de Awareness se presentan en la sección 5. Por último, la sección 6 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

## 2. MARCO TEÓRICO

Esta sección tiene como objetivo proveer las principales definiciones correspondientes a los conceptos y campos relacionados con esta investigación.

El concepto de servicios de Awareness se utiliza en entornos de aprendizaje colaborativo debido a que, si por ejemplo dos estudiantes están apoyándose en esquemas distribuidos de Trabajo Colaborativo Soportado por Computador (CSCW, por sus siglas en inglés), generalmente no pueden ver, oír o ni siquiera llegar a percibir cada una de las acciones de su compañero de trabajo. En este tipo de entornos CSCW, estas habilidades de conciencia de trabajo en grupo son bastante limitadas. De esta manera, el conocimiento del contexto se ha convertido en uno de los temas principales en el diseño de sistemas informáticos pedagógicos con el fin de reducir la necesidad de los esfuerzos meta-cognitivos para colaborar en entornos informáticos distribuidos [2]. Gaver resalta la importancia de proporcionar información del contexto con el fin de ayudar a la gente a cambiar el papel de trabajar de forma individual para comenzar a trabajar en grupo [3]. De esta manera, Dourish y Bellotti [4] aplican esta característica dentro de los entornos de aprendizaje compartido y definen la conciencia como un entendimiento compartido de cada una de las demás actividades, lo que proporciona un contexto para su propia actividad.

De acuerdo con Tim Berners-Lee [5] “La Web Semántica es una extensión de la Web actual en la cual la información tiene un significado bien definido, es comprensible por los computadores y donde la gente puede trabajar de forma cooperativa y colaborativa”.

A partir de este nuevo paradigma, las ontologías aparecen como el medio para representar el conocimiento en la web de una manera que sea legible y utilizable por los computadores. “Una ontología es el resultado de la selección de un dominio y aplicar el mismo método para obtener una representación formal que contenga los conceptos y las relaciones que existen entre ellos” [6].

Los Cursos Virtuales Adaptativos (CVA) son herramientas informáticas educativas capaces de guiar a los estudiantes a lo largo de un dominio particular de conocimiento con fines de aprendizaje. Durante este proceso, algunas tareas deben realizarse tales como: el desarrollo de una estrategia de planificación en relación con las actividades de aprendizaje, adaptación de contenidos educativos y la evaluación del desempeño de los estudiantes durante el desarrollo de un curso en línea [7].

Según Díaz [8], CSCL se define como un campo de investigación dirigido a la “construcción del conocimiento o la resolución de problemas a través del acoplamiento mutuo de dos o más estudiantes en un esfuerzo coordinado a través de Internet y comunicaciones electrónicas para sus interacciones”. Al considerar las tres metáforas del aprendizaje, es decir, “el aprendizaje como adquisición”, “el aprendizaje como participación” y “el aprendizaje como creación de conocimiento” [9], el aprendizaje colaborativo (CL) es uno de los principales enfoques para obtener la creación de conocimiento [10]. El aprendizaje colaborativo puede influir positivamente en el proceso de aprendizaje de los estudiantes en los países en desarrollo. Entre los cuatro tipos de interacciones, como estudiante-estudiante, estudiante-docente, estudiante-contenido, estudiante-interfaz [11], en el aprendizaje colaborativo las interacciones estudiante-estudiante y estudiante-docente están consideradas. El aprendizaje colaborativo incluye el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en casos, trabajo en grupo, debates, reflexión y otras formas en las que los estudiantes participan activamente en el proceso de aprendizaje mediante la resolución de tareas [12].

### 3. TRABAJOS RELACIONADOS

Esta sección presenta algunos trabajos relacionados con el área de investigación y se realiza una comparación con el objetivo de identificar sus fortalezas y debilidades.

Kanaganayagam y Fernando [13] realizaron una investigación sobre la conciencia de la eficacia de los modelos de instrucción CSCL utilizados en la educación universitaria de Sri Lanka. El estudio se realizó por medio de entrevistas, llamadas telefónicas y correos electrónicos entre los participantes con el fin de categorizar las variables más importantes que afectan al CSCL. Por último, la investigación demostró que las herramientas y los recursos relacionados con factores electrónicos, los factores relacionados con la actitud de los estudiantes y la disponibilidad de recursos no electrónicos son los factores más críticos que afectan CSCL. Por otra parte, los resultados revelaron que las herramientas de producción más utilizados son herramientas de presentación, herramientas de simulación y sistemas de gestión de contenidos. Las herramientas de aprendizaje más ampliamente utilizados son Moodle, wiki y fuentes en línea.

Ovalle *et al.* [14] utilizan servicios de Awareness para apoyar las actividades de colaboración en el aula con la asistencia de un sistema de gestión del conocimiento llamado KnowCat, construido en la Universidad Autónoma de Madrid [1]. Los servicios de Awareness propuestos en esta investigación son los siguientes: (1) estudiantes registrados, (2) estudiantes en línea, (3) vista de radar, (4) vista de histórico, (5) nivel de participación y (6) gráfica de notas. Ovalle *et al.* [15] [16] presentan la implementación de un modelo ubicuo SMA de recomendación personalizada utilizando dispositivos móviles, que está alineado con los requerimientos legales vigentes sobre los métodos de enseñanza-aprendizaje virtuales. Este modelo incorpora el concepto de agentes inteligentes el cual utiliza mecanismos que permiten la búsqueda y recomendación de recursos educativos que son adaptados a las preferencias y

características de los estudiantes. Además, el modelo integra varios servicios de Awareness que permiten a los alumnos generar un contexto de sus propias actividades. Dichos servicios consideran al alumno como una entidad individual y no se basan en la interacción del grupo.

Luna *et al.* [17] presentan un enfoque basado en ontologías para representar el proceso de interacción entre el perfil de usuario y su contexto (por ejemplo, lugares como las oficinas del gobierno, escuelas o restaurantes) para entornos de aprendizaje colaborativos. Dado que el perfil de usuario representa fielmente los intereses y preferencias del usuario por lo que juega un papel significativo en la mejora de las búsquedas de adaptación para los procesos educativos de recomendación. Para hacer esto, los autores analizan el papel de las asignaciones, permisos, restricciones y la definición de las reglas que se aplican para el usuario, especialmente en el contexto de aprendizaje colaborativo donde está implicado el sujeto. Además, los autores establecen que desde las ontologías se reflejan cambios en los dominios del mundo real, las ontologías deben representar los cambios en el dominio conceptualizado. Se propone una metodología que consta de las tres etapas siguientes: la primera etapa, apretón de manos, corresponde a la presentación del perfil de usuario en el contexto actual; la segunda etapa denominada interacción representa el proceso de la interacción entre el usuario y su contexto (por ejemplo, el papel que adquiere el usuario, permisos y restricciones); y la última y tercera etapa, denominada etapa de despedida, corresponde al contexto de despedida del usuario. Se propone un caso de estudio relacionado con el contexto de una escuela, así como dos perfiles de usuario diferentes representados en la ontología. En este caso, se analizan las características del usuario, las preferencias y los modelos de contexto con el fin de hallar las relaciones que se generan cuando una persona interactúa en un contexto definido.

Teniendo en cuenta los trabajos de investigación revisados previamente, una de las mejoras propuestas en el presente documento con el fin de mejorar

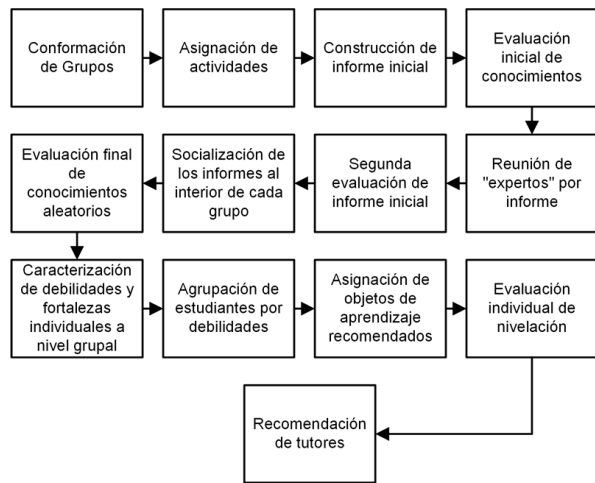
los sistemas basados en CSCL y multi-agentes, es la generación de un modelo que integre un modelo ontológico —el cual identifique los diferentes estilos de aprendizaje, fortalezas y debilidades del grupo— junto con servicios de Awareness creados específicamente para el seguimiento de los procesos de trabajo en grupo y agentes inteligentes que permitan intercambiar información con los diferentes usuarios del sistema. La integración propuesta, sumada a las características relativas a la vigilancia contexto, la interacción del grupo y las alertas que ofrece el entorno de aprendizaje, permiten a los estudiantes y docentes generar consciencia de la situación y del avance de las actividades propuestas para el aprendizaje colaborativo. De esta manera, el sistema brinda a los estudiantes, grupos de estudiantes y docentes la oportunidad de mantener la información actualizada que les ayude a mejorar su rendimiento durante su proceso de aprendizaje colaborativo.

## 4. MODELO PROPUESTO

Esta sección presenta el modelo multi-agente propuesto el cual incorpora características de sensibilidad al contexto para apoyar el aprendizaje colaborativo en entornos virtuales de aprendizaje mediante el uso de ontologías y servicios de Awareness. A continuación se presenta el detalle del modelo de actividades grupales, algunos apartes del proceso de desarrollo del modelo ontológico, los servicios de Awareness que ofrece el sistema y la arquitectura del SMA propuestos en esta investigación.

### 4.1 Planteamiento del modelo de actividades grupales

A fin de ejecutar las actividades grupales y hacer uso de las herramientas y tecnologías propuestas en este artículo, se propone un modelo de aprendizaje-trabajo colaborativo el cual está dividido por etapas y se encuentra basado en el método de aprendizaje colaborativo JigSaw [18], así (figura 1):



**Figura 1.** Flujo del modelo propuesto de actividades grupales

**Fuente:** elaboración propia.

### 1. Conformación de grupos

Con el principal objetivo de tener una agrupación de estudiantes heterogénea, en esta etapa se realizará una conformación aleatoria de grupos entre cinco y seis integrantes.

### 2. Asignación de actividades

En el ámbito de una temática, el docente de forma previa construirá una actividad, la cual será divisible en pequeñas sub-actividades. Dicha actividad será asignada a todos los grupos y cada sub-actividad será asignada aleatoriamente a cada estudiante al interior de cada grupo.

### 3. Construcción de informe inicial

En esta etapa cada estudiante realizará un informe de su tema tipo resumen y este, una vez se finalice, tendrá que ser cargado en el CSCL-SMA desarrollado para el aprendizaje y evaluación del curso.

### 4. Evaluación inicial de conocimientos

El sistema realizará la evaluación (previamente construida por el docente y cargada al sistema) de los conocimientos asociados al informe inicial de cada sub-actividad. Adicionalmente el docente podrá ingresar al sistema y evaluar cuantitativamente el informe realizado por cada grupo. Además, se almacenarán los resultados en el sistema para generar reportes de avance en la actividad, así como reportes de adquisición de conocimientos que puedan servir al docente

para diagnosticar falencias en el desarrollo de cada sub-actividad. Finalmente, esta primera calificación podrá ser visualizada por todos los integrantes del grupo.

### 5. Reunión de "expertos" por informe

Según la metodología JigSaw, la cual contiene una etapa de mejoramiento de informes individuales a partir de una reunión realizada entre los encargados de cada informe, se propone que el CSCL-SMA permita a los estudiantes compartir y visualizar los informes realizados por cada "experto", así como proponer modificaciones en los demás informes. Lo anterior permitirá que los estudiantes "expertos" interactúen entre sí, obteniendo de esta manera conocimientos adicionales, compartiendo conocimientos y mejorando, de esta manera, cada uno de los informes realizados en el inicio de la actividad. En esta etapa se tiene pensado realizar una asignación de bonificaciones por cada comentario que ayude a mejorar el informe de otro "experto", y que dicho comentario sea aceptado por el propietario del informe. No obstante, el sistema almacenará todas estas interacciones virtuales entre estudiantes, las cuales serán utilizadas para evaluar el nivel de participación de los estudiantes.

### 6. Segunda evaluación de informe inicial

Los estudiantes, luego de corregir su informe y complementarlo con los comentarios realizados por los demás "expertos", tendrán que cargar el informe nuevamente al sistema. Finalmente, este informe será evaluado por el docente por última vez y se obtendrá una segunda calificación.

### 7. Socialización de los informes al interior de cada grupo

Se realizará una presentación de cada uno de los informes dentro de cada grupo. Para ello el sistema habilitará la visualización de dichos informes a todos los integrantes del grupo al que pertenece, el objetivo es que cada integrante pueda leer el informe de cada experto con los respectivos comentarios realizados por el docente y por los demás "expertos" del mismo tema.

8. *Evaluación final de conocimientos aleatorios*  
Una vez más, es requisito que dicha evaluación haya sido construida por el docente y cargada previamente al sistema. La evaluación final, será presentada en el CSCL-SMA por los estudiantes y tendrá como contenido evaluativo los tópicos de cada sub-actividad. De esta manera se evaluarán los conceptos de la temática inicial y se dará pie para continuar con el siguiente paso, la caracterización de fortalezas y debilidades del grupo.
9. *Caracterización de debilidades y fortalezas individuales a nivel grupal*  
Según los resultados obtenidos en la evaluación final de cada estudiante al interior de cada grupo, el sistema realizará una caracterización de las debilidades y fortalezas de cada estudiante y, de la misma manera, realizará una ponderación cuantitativa del porcentaje de conocimientos adquiridos por cada estudiante en cada tema y por el grupo en su totalidad.
10. *Agrupación de estudiantes por debilidades*  
El sistema propondrá nuevos grupos generados a partir de las debilidades encontradas en la actividad. Lo que se pretende con esta agrupación es poder trabajar sobre las debilidades específicas encontradas y, de esta manera, cerrar la brecha de conocimiento existente.
11. *Asignación de objetos de aprendizaje recomendados*  
En este paso, el sistema recomendará objetos de aprendizaje a cada grupo que servirán para trabajar sobre las debilidades encontradas.
12. *Evaluación individual de nivelación*  
El sistema generará evaluaciones para los cada uno de los estudiantes. Dichas evaluaciones estarán generadas a partir de las debilidades y serán específicas para cada estudiante.
13. *Recomendación de tutores*  
Finalmente y, basado en los resultados de la evaluación previa, el sistema recomendará tutores que puedan asesorar y resolver las dudas aún existentes en cada estudiante. Dicha asesoría será mucho más personalizada y adaptada a las debilidades de cada estudiante.

## 4.2 Representación del conocimiento

Durante el proceso de representación del conocimiento se logran identificar y caracterizar taxonómicamente los conceptos relacionados con el ámbito de trabajo de esta investigación, es decir, el dominio. Posteriormente se detallan cada una de las propiedades que definen dichos conceptos, desarrollando una ontología que conceptualiza formalmente la descripción de los grupos y los perfiles asociados a ellos. Es importante aclarar que se han considerado como existentes en una base de datos los elementos correspondientes a la representación del conocimiento de los objetos de aprendizaje. Dichos elementos corresponden a los metadatos, la información relacionada con las temáticas y las debilidades para las que aplica cada OA.

## 4.3 Servicios de Awareness ofrecidos por el SMA

Con el objetivo de potenciar las ventajas entregadas por el modelo propuesto se consideró la implementación de servicios de Awareness que permitieran a los estudiantes, grupos y docentes tener consciencia y estar al tanto de su propio estado durante y al final de la ejecución del SMA. Cabe resaltar que toda la información concerniente a las actividades de aprendizaje dentro del grupo es monitoreada y actualizada constantemente, lo que permite mejorar sin duda el rendimiento durante este proceso. Los servicios de Awareness ofrecidos por el sistema se inspiraron de los propuestos por Salazar et al. [19], caracterizados por tener un enfoque individualizado y fueron orientados a un aprendizaje colaborativo en el marco de esta investigación, así:

- Medidor de participación dentro del grupo: es una vista estadística que permite identificar el nivel de participación de un estudiante al interior de un grupo, obteniendo así una medida del nivel de actividad asociada con el proceso de aprendizaje.
- Gráfico de progreso grupal: presenta la visión general del estado del grupo dentro de un curso

y muestra los temas pendientes de ser revisados por el grupo, manteniendo de esta manera informado al docente acerca de los avances y las dificultades del grupo en su proceso de aprendizaje.

- Gráfico de interacción asistente-grupo: este gráfico muestra la interacción entre el grupo de estudiantes y asistentes de aprendizaje, mostrando si el grupo ha recibido conocimientos a partir de asesorías. Además, el gráfico detecta los asistentes de aprendizaje que son los más recomendados por un grupo de alumnos.
- Histórico de las actividades del grupo: presenta a los docentes y grupos las actividades de aprendizaje recientes que se han realizado dentro del curso, y de esta manera, el docente tiene la capacidad de monitorear continuamente el aprendizaje del grupo de alumnos.
- Alarmas: es un servicio proactivo que se encarga de generar alarmas por vencimiento de actividades de aprendizaje en relación con el curso, las cuales no han tenido una intervención por algún estudiante dentro del grupo. De esta manera se puede generar un estado de consciencia en el grupo de estudiantes acerca de las actividades que deben realizarse y evita la deserción de los estudiantes dentro de los grupos.
- Asistentes en línea: este servicio despliega asistentes de aprendizaje en línea asociados a cada temática. Además, presenta los datos de contacto y características de cada asistente de aprendizaje, tales como áreas de conocimiento, los grados anteriores, la proximidad y la disponibilidad.
- Recursos accedidos por el grupo: este servicio enumera los recursos educativos que el CS-CL-SMA ha recomendado al grupo de estudiantes y hace hincapié en los recursos anteriores que han sido accedidos por el grupo.
- Comunidad de práctica grupal: es un espacio para compartir ideas y recursos entre los grupos registrados de estudiantes en el curso, este servicio lo implementan los grupos de estudiantes. La idea de la comunidad es que los docentes y estudiantes del grupo pueden plantear cuestiones

sobre los temas del curso, con el fin de generar una retroalimentación a todos los estudiantes.

- Muro de lluvia de ideas grupales: este servicio ofrece un espacio que permite el desarrollo de nuevas ideas por estudiantes del mismo grupo asociado con el dominio específico del curso.
- Gestor de agendas grupales: este servicio permite la visualización y la superposición de actividades académicas presentes en los horarios de cada uno de los estudiantes del grupo. Lo anterior con el fin de encontrar espacios libres para la asignación de actividades.
- Recursos compartidos: este servicio permite compartir un recurso académico en cualquier momento, ya sea para todos los miembros del grupo o uno específico. Este servicio puede ser utilizado tanto por los estudiantes al interior del grupo o por el mismo docente.

#### 4.4 Modelo multi-agente propuesto

La Figura 2 presenta el modelo multi-agente propuesto en el cual se pueden observar las interacciones entre los agentes de software, las fuentes de información del sistema y los actores involucrados en el proceso de aprendizaje colaborativo.

El modelo se compone de diversas fuentes de información, la primera almacena los OAs recopilados y la segunda almacena la información de las entidades relacionadas con el sistema (perfiles de usuario, perfiles grupales, estructura de los CVA, etc.). Finalmente, se cuenta con una ontología de dominio específico desplegada a partir del modelo ontológico propuesto previamente. Los demás componentes hacen referencia a los diversos agentes de software a través de los cuales el sistema despliega los servicios, de la siguiente manera:

- Agente estudiante: es responsable de representar a cada estudiante dentro de la plataforma, apunta a adquirir, almacenar y gestionar la información de perfil del estudiante.
- Agente docente: representa el docente dentro de la plataforma. De esta manera, las interacciones

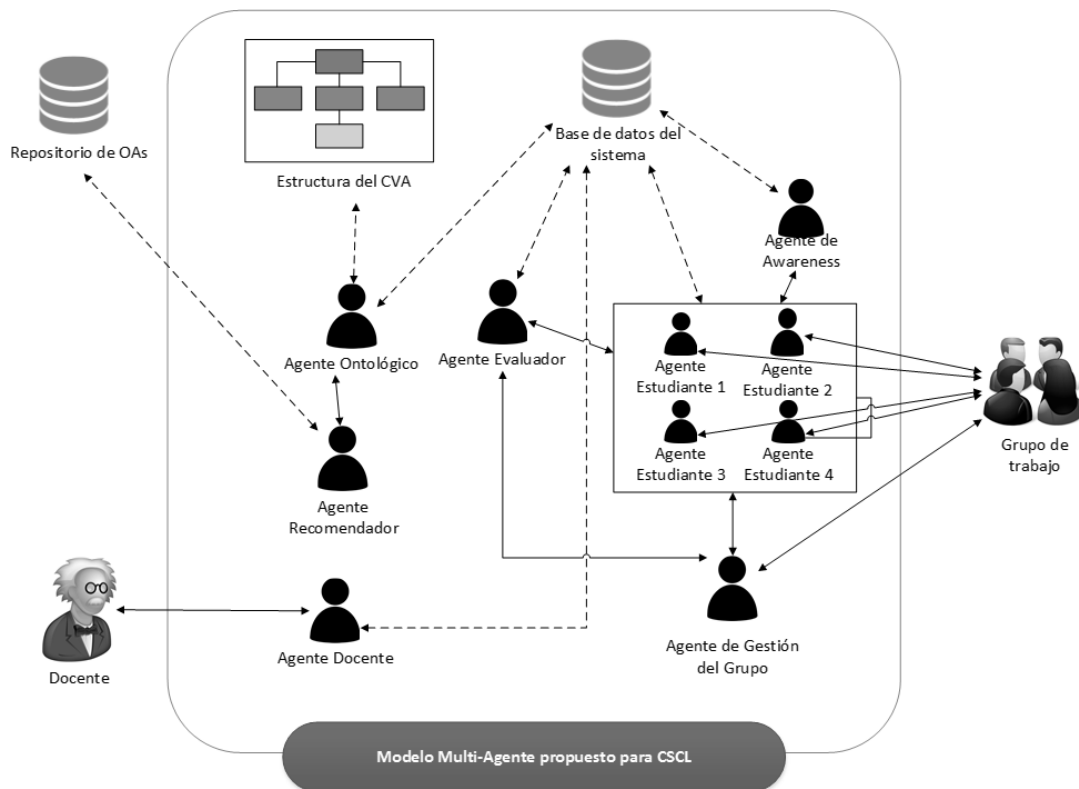
del docente con los grupos se almacenan en la base de datos del sistema.

- Agente de gestión del grupo: genera perfiles de los grupos a partir de los perfiles individuales de los estudiantes. Estos perfiles se utilizan para realizar recomendaciones de objetos de aprendizaje OAs.
- Agente evaluador: es el responsable de generar tanto evaluaciones del grupo e individuales para determinar el rendimiento en el proceso de adquisición de conocimientos.
- Agente de Awareness: despliega los diferentes servicios de información que ofrece el sistema, permitiendo que los estudiantes sean conscientes de sus estados durante el desarrollo de los cursos. Además, se ofrecen estos servicios al docente con el fin de hacer el seguimiento del progreso continuo de aprendizaje individual y de grupo.

- Agente ontológico: utiliza la información almacenada en la base de datos del sistema para crear una ontología de dominio específico, que representa los principales enlaces semánticos entre conocimientos, cursos, perfiles de usuario y perfiles de grupo.
- Agente de recomendación: es responsable de hacer inferencias a partir de la ontología generada por el agente ontológico, con el fin de hacer recomendaciones sobre los objetos de aprendizaje y actividades académicas.

## 5. IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN

El modelo fue implementado en un prototipo usando el Framework JADE [20], [21] el cual está orientado al desarrollo de SMA siguiendo los estándares definidos por Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA, por sus siglas en inglés) de la IEEE. Lo anterior



**Figura 2.** Modelo Multi-Agente propuesto para CSCL.

Fuente: elaboración propia.



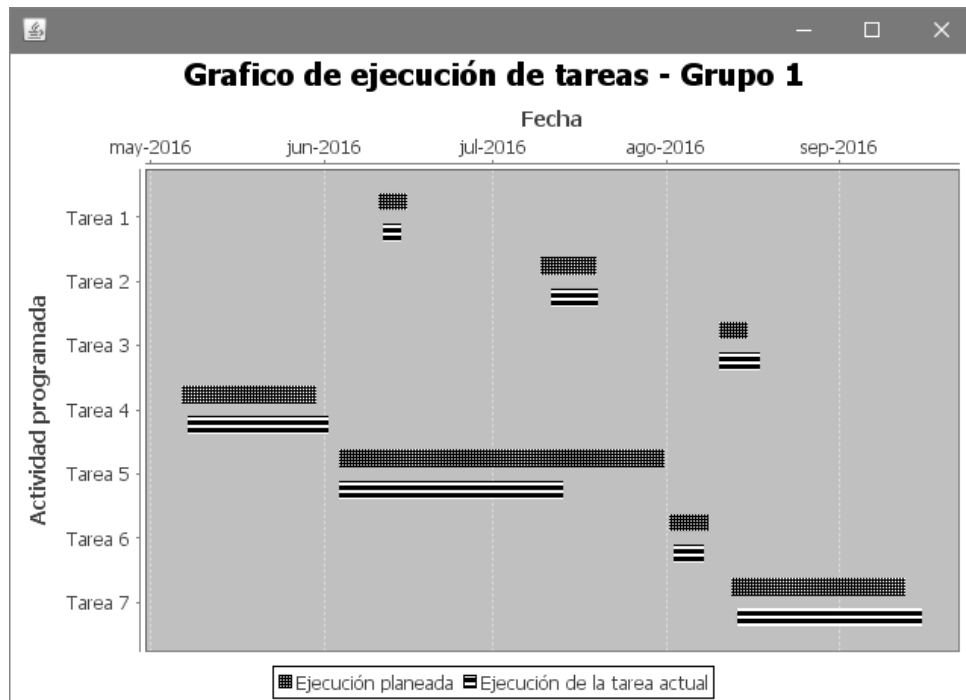


Figura 3. Interfaz del prototipo para la visualización de estado de ejecución de las tareas de una actividad.

Fuente: elaboración propia.

otorga interoperabilidad a la plataforma, debido a que se utilizan los mismos protocolos de comunicación e intercambio de mensajes.

El prototipo implementado permite la visualización de gráficos que aportan información relevante al docente. Uno de éstos gráficos, corresponde a la presentación de la línea de tiempo generada por el contraste de tiempos y fechas estimadas de ejecución de tareas vs. los tiempos reales invertidos para la ejecución de cada tarea en el ámbito de una actividad (Figura 3). El gráfico permite al docente tener una idea global de cuál ha sido el avance real de cada grupo, así como el cumplimiento que se ha tenido dentro del desarrollo de cada actividad. El proceso de desarrollo de la ontología de dominio basado en el modelo propuesto, se realizó a través del framework Protégé [22]. La ontología permitió plasmar los conceptos, propiedades y relaciones pertenecientes al modelo propuesto para CSCL (Figura 4). Como resultado de este desarrollo, se obtuvo una ontología en lenguaje OWL [23] y se integró al sistema a través de la librería JENA [24] compatible con el lenguaje de programación JAVA.

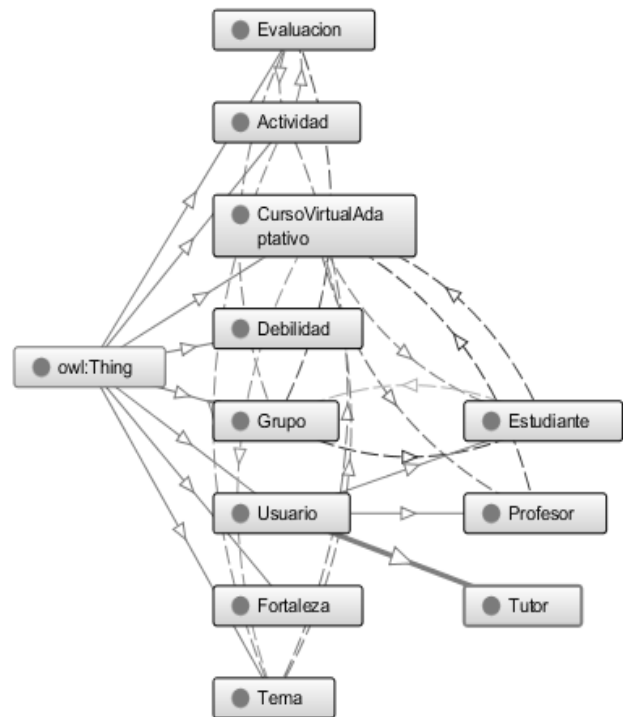


Figura 4. Taxonomía de jerarquías entre clases de la ontología desarrollada.

Fuente: elaboración propia.

## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Con el fin de verificar y validar los resultados del modelo propuesto, se ha construido un prototipo aplicado a un caso de estudio. El prototipo, devela el comportamiento del modelo y logró demostrar la eficacia de la utilización de cada una de las tecnologías propuestas dentro de los entornos de aprendizaje en colaboración. Para ello, se seleccionaron algunos estudiantes y sus características de perfil se recuperaron con el fin de analizar su desempeño y el impacto positivo de la utilización de servicios de información durante los procesos de aprendizaje colaborativo. Con el desarrollo de la ontología se logró dotar de semántica al modelo propuesto de actividades grupales, lo que a su vez permitió aumentar la robustez del mismo. Dicha robustez se adquirió gracias a que la ontología estandariza la representación del conocimiento, y permitió que el modelo propuesto de actividades grupales genere inferencias para la recomendación más acertada de recursos educativos basados en las necesidades de cada grupo.

Otro resultado importante fue la identificación de estilos de aprendizaje, fortalezas y debilidades del grupo, obtenidos a partir de los perfiles individuales, logrando así una mejor descripción de las características del grupo con el fin de mejorar las recomendaciones del sistema. Además, los perfiles individuales dentro de los grupos permitieron una asignación inteligente de las tareas. Se proyecta como un trabajo futuro hacer una descripción semántica de la estructura de las actividades de aprendizaje, y en una etapa más avanzada del modelo propuesto de actividades grupales, realizar una validación más profunda que permita demostrar su eficacia en diferentes entornos educativos. Por otra parte, se pretende mejorar los servicios de Awareness con el fin de generar reportes más precisos y, por último, se prevé considerar nuevos casos de estudio para evaluar el modelo en otros contextos.

### Reconocimientos

El trabajo de investigación presentado en este artículo fue financiado parcialmente por el proyecto

de COLCIENCIAS titulado: “RAIM: Implementación de un framework apoyado en tecnologías móviles y de realidad aumentada para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos”, de la Universidad Nacional de Colombia, con código 1119-569-34172.

### Referencias

- [1] J. Peña, “El aprendizaje cooperativo y las competencias”. *Rev. d’Innovació Docent Univ.*, vol. 2, pp. 1–9, 2010.
- [2] K. Palfreyman and T. Rodden, “A Protocol for Users Awareness on the World Wide Web”. *Proceedings of CSCW’96*, pp.130-139, USA, 1996.
- [3] W. Gaver, “Sound Support for Collaboration”. *Proc. of the ESCW’91*, pp. 293-308, 1991.
- [4] P. Dourish and V. Bellotti, “Awareness and Coordination in Shared Workspaces”. *Proc. ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW’92)*, Toronto, ACM Press, 1992.
- [5] T. Berners-Lee and J. Hendler, “Publishing on the semantic web”. *Nature*, vol. 410, no. 6832, pp. 1023–4, April 2001.
- [6] J. Tramullas, J. Sánchez-Casabón and P. Garrido-Picazo, “An Evaluation based on the Digital Library user: An Experience with Greenstone Software”. *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 73, pp. 167–174, febrero 2013.
- [7] N.D. Duque and D.A. Ovalle, “Artificial Intelligence planning techniques for adaptive virtual course construction”. *Revista DYNA*, Vol. 78, no. 170, pp. 70–78, 2011.
- [8] V. Diaz, M. Brown and J. Salmons, “Assessment of Collaborative Learning Project Outcomes”. 2016, [En línea] Disponible en: <http://net.education.edu/ir/library/pdf/ELI80084.pdf>
- [9] H.-Y. Hong and F. R. Sullivan, “An idea-centered, principle-based design approach to support learning as knowledge creation”. *ICLS*, 2008, Utrecht, 2008.
- [10] C. C. Sing, L. Wei-Ying, S. Hyo-Jeong and C. H. Mun, “Advancing Collaborative learning

- with ICT: Conception, Cases and Design". Ministry of Education, North Buona Vista Drive, 2011.
- [11] A. A. P. Rovai, "A Preliminary Look at the Structural Differences of Higher Education Classroom Communities". *Traditional and ALN Courses.*, vol. 6, Virginia, 2002.
- [12] A. K. Larsen and G. O. Hole, "Collaborative learning in e-learning". 2016, [En Línea] Disponible en: [http://www.virclass.net/eped/ep\\_tmp/files/60178505049d4a9b06915f.pdf](http://www.virclass.net/eped/ep_tmp/files/60178505049d4a9b06915f.pdf)
- [13] I. Kanaganayagam and S. Fernando, "Analysis of the Awareness of Collaborative e-Learning (CeL)". *International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, pp. 253–260, Dec 2013.
- [14] D. Ovalle, J. Jiménez, C. Collazos, I. Claros, L. Pantoja, R. Cobos, J. Moreno-Llorena, M. Pifarré and E. Argelagos, "Guía metodológica para el seguimiento y evaluación de aprendizaje colaborativo asistido por el sistema KNOW-CAT". *Congreso de Facultades de Ingeniería, ACOFI – Asoc. Colombiana de Facultades de Ingeniería*, pp.1-9, 2009.
- [15] D. Ovalle, O. Salazar and N. Duque, "Modelo de Recomendación Personalizada en Cursos Virtuales basado en Computación Ubicua y Agentes Inteligentes". *Revista de Información Tecnológica*, Vol.25, no.6, pp. 131-142, 2014.
- [16] O. Salazar, D. Ovalle and N. Duque, "Adaptive and Personalized Educational Ubiquitous Multi-Agent System Using Context-Awareness Services and Mobile Devices". *Lecture Notes in Computer Science, LNCS 9192*, pp. 301–312, 2015.
- [17] V. Luna, R. Quintero, M. Torres, M. Moreno-Ibarra, G. Guzmán and I. Escamilla, "An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments". *Comput. Human Behav.*, vol. 51, pp. 1387–1394, 2015.
- [18] D.W. Johnson, R.T. Johnson and M.B. Stanne, "Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis". University of Minnesota, Research Report, Pillsbury Drive, S.E. pp. 1-30, 2000.
- [19] O. Salazar, D. Ovalle and N. Duque, "Modelo de Recomendación Personalizada en Cursos Virtuales basado en Computación Ubicua y Agentes Inteligentes". *Revista Información Tecnológica*, Vol. 25, no 6, pp. 131-142, 2014.
- [20] F.L. Bellifemine, G. Caire and D. Greenwood, "Developing Multi-Agent Systems with JADE", Vol. 7, pp. 281, John Wiley & Sons Editorial, 2007.
- [21] R.H. Bordini, L. Braubach, M. Dastani, A.E.F. Seghrouchni, J.J. Gómez-Sanz, J. Leite, G. O'Hare, A. Pokahr and A. Ricci, "A Survey of Programming Languages and Platforms for Multi-Agent Systems". *Revista Informática*, Vol. 30, pp. 33–44, 2006.
- [22] T. D. Allen, K. M. Shockley and L. Poteat, "Protégé anxiety attachment and feedback in mentoring relationships". *J. Vocat. Behav.*, vol. 77, no. 1, pp. 73–80, Aug. 2010.
- [23] G. Meditskos and N. Bassiliades, "A Rule-Based Object-Oriented OWL Reasoner". *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 20, no. 3, pp. 397–410, 2008.
- [24] B. McBride, "Jena: a semantic Web toolkit". *IEEE Internet Comput.*, vol. 6, no. 6. Nov/Dec 2002

