



**Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico
Nacional**

Departamento de Computación

**Gestión del conocimiento para entornos de
enseñanza – aprendizaje con enfoque
constructivista basado en el Método Científico**

Tesis que presenta el

M. en C. Héctor Diez Rodríguez

para obtener el Grado de

Doctor en Ciencias

en la Especialidad de Ingeniería Eléctrica

Director de la Tesis: Dr. José Oscar Olmedo Aguirre

México - D.F., Septiembre de 2008

Este proyecto de investigación fue realizado con financiamiento de la Secretaría de Educación Pública (SEP) del gobierno de México, a través de una beca de estudios de posgrado del “Programa de Becas para Estudiantes Extranjeros en México”, otorgado por la Dirección General de Relaciones Internacionales de la SEP.

El pensamiento científico
no se distingue tanto por proporcionar las respuestas correctas
como por formular las preguntas correctas

Claude Lévi-Strauss

Agradecimientos

- Llevadera es la labor cuando muchos comparten la fatiga -
Homero

Mis más sinceros agradecimientos:

A mi asesor de tesis, Dr. José Oscar Olmedo Aguirre, quien aceptó la dirección de esta investigación en un momento crítico para mi, y me brindó su confianza y apoyo para comenzar nuevamente, por su acertada guía para llevarla adelante, por las enseñanzas en cada ríspida situación: las comprendidas y las incomprendidas, porque en todas tuvo razón aunque me cueste entenderlo y sobre todo, por la calidad humana con la que siempre se condujo y que presagia una larga amistad,

A Sofía, Flor, Felipa y Maribel, por auxiliarme con paciencia infinita en los trámites administrativos y por darme el cariño reconfortante durante todo este tiempo,

A la familia Vauhlosky-García, por el cariño brindado desde el primer día,

A los profesores: Dra. María Lizbeth Gallardo López, Dra. Sonia Guadalupe Mendoza Chapa, Dra. Beatriz Adriana González Beltrán y Dr. Pedro Mejía Álvarez, por el tiempo y atención que brindaron a la revisión del documento, así como por sus acertados comentarios y sugerencias que han contribuido a mejorar este trabajo,

Al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, por brindarme el apoyo académico, financiero y de equipamiento para llevar a término la investigación, muy especialmente a los profesores del actual Departamento de Computación,

A mis compañeros del programa de estudio y a todos los que me brindaron su apoyo y su amistad en cada momento,

Con sinceridad, gracias.

Héctor Diez Rodríguez

Dedicatoria

A mis dos hijos y a mi esposa:
Cristina de las Mercedes, Héctor Ramón e Isabel Cristina Rodríguez Rodríguez,

A mi madre, la Sra. Julia Rodríguez,

A mis hermanos: Jacqueline y Ángel Silvio,

A la memoria de mi padre,

A Miriam, Ramón, Amada, Mirita, Lory, Adette y Karla,

A Ana, Aracelys, Milagros, Frede, Mario, Gilberto, Daniel, Mabel, Orlando, Mariela, Susy,
Mercy, Gilbertico y Gina.

A ustedes, con todo mi amor, con la esperanza de un futuro mejor y una deuda eterna de gratitud. Espero poder retribuirles en alguna medida su esfuerzo, su apoyo, su comprensión y sobre todo el amor que he recibido.

Héctor Diez Rodríguez

Isabel Cristina, Cristina de las Mercedes y Héctor Ramón:

Someday, somewhere
We'll find a new way of living
Will find a way of forgiving
Somewhere...
There's a place for us
Somewhere a place for us
Peace and quiet and open air
Wait for us
Somewhere
There's a time for us
Someday there'll time for us
Time together and time to spare
Time to learn, time to care
Someday, somewhere
We'll find a new way of living
Will find there's a way of forgiving
Somewhere...
There's a place for us
A time and a place for us
Hold my hand and were half way there
Just hold my hand and I'll take you there
Somehow...
Someday, somewhere...

A mis amigos:

Omar Gaspar, Alejandro Palancar, Guillermo Fornaris, Carlos Israel Armas, Marlen Santos, Alberto Montero, Juan de la Cruz, Luis Armando Gurrís, Gerardo Arturo Peláez, Luis Vázquez, José Orlando Cuza, Miguel Ángel Torres, José Federico Vizcaíno, Rafael Pérez, Julio de la Puente, Manuel Cutie, Néida Alicia Casas, Rafael Sereno, Santiago Domínguez, José Luis Flores, Leticia Dávila, Lorena Chavarría, Jair Cervantes, Domingo Cortes, Arnoldo Diaz, Zadys Rodríguez y tantos que sería imposible nombrarlos a todos.

A ustedes, donde quiera que estén. Este resultado también les pertenece.

**La amistad es una semilla que brota en cualquier lugar,
y cuando sientas frío, cúbrete con las ramas de mi destino.
Donde te lleven los pasos, encontrarás mi te quiero y mi abrazo.
Hay amor en todas partes y en cada rincón del mundo,
y todos buscando un sueño, cambiamos así de rumbo.
Si profunda es la distancia, profunda es la lejanía,
en un alma peregrina, no existe ciudadanía.
La bandera es un dilema, la patria y la geografía,
donde quiera que me encuentre, yo siento que es tierra mía,
tuya y mía.**

**En Madrid o en Nueva York, La Habana está en todas partes,
porque la llevas contigo, sin miedo a desarraigarte.
Yo sé que existen fronteras en todos los continentes,
un sólo sol y una luna te cuidan y alumbran siempre.
Quisiera ser la mañana y entonar la melodía,
esa que te hace crecer cada día.**

**Yo quiero ser tu abrigo si te hace falta el consuelo mío.
Yo quiero ser tu nido si necesitas el cariño mío.
En todas partes yo estoy contigo.
Yo quiero ser tu amigo.**

Resumen

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje han permitido recrear escenarios ricos en colaboración para compartir conocimiento y desarrollar estrategias educativas. La manipulación de contenidos conducidos por ontologías proporciona los medios para integrar capacidades de razonamiento automatizados, no sólo para compartir conocimiento sino también para administrar el contenido y la entrega de instrucción (para construir, evaluar, divulgar, descubrir y usar conocimiento).

En esta tesis se propone una metodología, denominada Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC), que toma conceptos del Método Científico usado en la investigación para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje. La contribución de esta tesis consiste en: 1) representar la descripción del dominio de los problemas mediante ontologías organizadas en subclases, 2) desarrollar un algoritmo de búsqueda basado en dicha organización que responda a las consultas de los estudiantes y les ayude en el descubrimiento de las soluciones más apropiadas para la resolución del problema y 3) representar el conocimiento mediante Objetos de Aprendizaje para que puedan ser utilizados independientemente de la plataforma de creación.

Para conceptualizar el dominio de los problemas se utiliza una ontología, que es construida por la contribución de expertos y que permite gestionar el conocimiento representado como Objetos de Aprendizaje. Se ha implementado parcialmente EnEMoCi, un Entorno Virtual de Aprendizaje que permite implantar el ABMC y gestionar el conocimiento almacenado en un Repositorio de Objetos de Aprendizaje centralizado.

Abstract

Virtual Learning Environments have been developed to recreate rich collaboration scenarios for sharing knowledge as well as developing educational strategies. Ontology-based content-handling provides the means for integrating automated reasoning capabilities, not only for knowledge sharing but also for content management and instruction delivery (for knowledge building, evaluation, dissemination, discovery, and consumption).

In this thesis a methodology known as Scientific Method Based Learning (ABMC acronym in Spanish) is described, built upon concepts from the Scientific Method used in research, to implement Problem-Based Learning in Virtual Learning Environments. One of the results of this thesis is the representation of the problem domain description via ontologies organized in sub-classes. Another result is the development of search algorithms based on the above representation, allowing students to query and discover the most appropriate solutions to the problem at hand, as well as knowledge representation as Learning Objects which could be used independently of the implementation platform.

A partially-implemented Virtual Learning Environment called EnEMoCi is also presented. The environment allows the implementation of ABMC, manipulating knowledge stored in a centralized Learning Objects Repository.

Índice General

| Contenido | Página |
|--|-----------|
| Índice de figuras | |
| Índice de tablas | |
| Lista de acrónimos | |
| Capítulo 1: Introducción | 1 |
| 1.1 Motivación | 1 |
| 1.2 Trabajo desarrollado | 5 |
| 1.3 Objetivos y Contribuciones | 7 |
| 1.3.1 Objetivos | 7 |
| 1.3.2 Contribuciones | 8 |
| 1.4 Estructura del documento | 10 |
| Capítulo 2: Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 13 |
| 2.1 Definición de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 14 |
| 2.1.1 Relación entre las áreas Educativa y Psicológica | 16 |
| 2.1.2 Relación entre las áreas Educativa e Informática | 17 |
| 2.2 CSCL y CSCW | 18 |
| 2.3 Software y aplicaciones para el Aprendizaje Colaborativo | 19 |
| 2.4 Teorías del aprendizaje aplicadas en el Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 23 |
| 2.4.1 Enfoque conductista | 24 |
| 2.4.2 Enfoques cognitivos | 25 |
| 2.4.3 Comparación de las teorías revisadas | 29 |
| 2.5 Beneficios y limitaciones del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 31 |
| 2.6 Resumen del capítulo | 32 |
| Capítulo 3: Teoría Constructivista | 35 |
| 3.1 Fundamentos de la Teoría Constructivista | 36 |
| 3.2 Estrategias de aprendizaje mediante la solución de problemas | 38 |
| 3.2.1 Aprendizaje Basado en Problemas | 38 |
| 3.2.2 Aprendizaje por Descubrimiento | 41 |
| 3.2.3 Aprendizaje por Indagación | 43 |
| 3.3 Diseño de entornos de aprendizaje constructivistas | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4 Aplicaciones que implementan el constructivismo | 44 |
| 3.4.1 Aplicaciones de propósito específico que implementan el constructivismo | 44 |
| 3.4.2 Comparación de las aplicaciones presentadas | 48 |
| 3.4.3 Estado actual de los sistemas de gestión del aprendizaje | 50 |
| 3.4.4 Herramientas para el aprendizaje implementadas en los sistemas de gestión del aprendizaje | 52 |
| 3.5 Resumen del capítulo | 53 |
| Capítulo 4: Método Científico | 55 |
| 4.1 Método Científico | 56 |
| 4.2 Características del Método Científico | 58 |
| 4.3 Etapas del Método Científico | 59 |
| 4.4 Ventajas del Método Científico | 62 |
| 4.5 Resumen del capítulo | 62 |
| Capítulo 5: Representación y gestión del conocimiento | 65 |
| 5.1 Conocimiento y gestión del conocimiento | 66 |
| 5.2 Ontologías como modelo conceptual en la gestión del conocimiento | 68 |
| 5.2.1 Definición de ontología | 68 |
| 5.2.2 Componentes de una ontología | 70 |
| 5.2.3 Tipos de ontología | 71 |
| 5.2.4 Metodologías para la construcción de ontologías | 72 |
| 5.3 Objetos de Aprendizaje para la representación del conocimiento en los Entornos Virtuales de Aprendizaje | 74 |
| 5.3.1 Definición de Objetos de Aprendizaje | 75 |
| 5.3.2 Estándares y especificaciones para los Objetos de Aprendizaje | 78 |
| 5.3.3 Repositorio de Objetos de Aprendizaje | 82 |
| 5.4 Uso de ontologías en el diseño de Entornos Virtuales de Aprendizaje | 84 |
| 5.5 Ontologías vs. Metadatos de Objetos de Aprendizaje | 86 |
| 5.6 Resumen del capítulo | 86 |
| Capítulo 6: Aprendizaje Basado en el Método Científico | 89 |
| 6.1 Descripción del Aprendizaje Basado en el Método Científico | 90 |
| 6.2 Etapas del Aprendizaje Basado en el Método Científico | 92 |
| 6.3 Características del Aprendizaje Basado en el Método Científico | 97 |
| 6.4 Análisis del Aprendizaje Basado en el Método Científico | 100 |
| 6.4.1 Aprendizaje Basado en el Método Científico vs. Aprendizaje por Descubrimiento | 100 |
| 6.4.2 Aprendizaje Basado en el Método Científico vs. Método Científico | 101 |
| 6.5 Resumen del capítulo | 102 |

| | |
|--|-----|
| Capítulo 7: Implementación del Aprendizaje Basado en el Método Científico en Entornos Virtuales de Aprendizaje | 105 |
| 7.1 Representación del conocimiento para el Aprendizaje Basado en el Método Científico | 107 |
| 7.1.1 ONTOAbMC: Una ontología de problemas y soluciones para el Aprendizaje Basado en el Método Científico | 108 |
| 7.1.2 Diseño de ONTOAbMC | 111 |
| 7.2 Formalización de los conceptos de la ontología | 114 |
| 7.2.1 Sintaxis y semántica | 114 |
| 7.2.2 Traducción a la lógica de primer orden | 116 |
| 7.2.3 Terminologías | 116 |
| 7.3 El razonamiento en la ontología: Búsqueda de soluciones | 117 |
| 7.3.1 Formalización para la búsqueda de soluciones | 121 |
| 7.3.2 Un algoritmo para el razonamiento en la ontología: Algoritmo Búsqueda de Mejores Soluciones Conocidas Relacionadas | 124 |
| 7.4 Publicación de conocimiento | 127 |
| 7.4.1 Creación del Objeto de Aprendizaje Suplementario | 127 |
| 7.5 RibONTOMiddleware: Capa de gestión para implementar el Aprendizaje Basado en el Método Científico | 129 |
| 7.5.1 Diseño de RibONTOMiddleware | 130 |
| 7.5.2 Servicios de RibONTOMiddleware | 131 |
| 7.6 Entorno de enseñanza – aprendizaje EnEMoCi | 134 |
| 7.6.1 Arquitectura del entorno EnEMoCi | 134 |
| 7.6.1.1 Módulo de gestión de cursos | 135 |
| 7.6.1.2 Módulo de gestión de conocimiento | 138 |
| 7.6.2 Usuarios del entorno EnEMoCi | 139 |
| 7.6.2.1 Perspectiva del profesor | 142 |
| 7.6.2.2 Perspectiva del estudiante | 142 |
| 7.7 Resumen del capítulo | 144 |
| Capítulo 8: Casos de estudio | 147 |
| 8.1 Descripción del dominio de los problemas mediante ONTOAbMC | 148 |
| 8.1.1 Ontología para la descripción de la Teoría de Grafo | 148 |
| 8.1.2 Ontología para la descripción de la Teoría de Ordenamiento | 150 |
| 8.1.3 Ontología para la descripción de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 154 |
| 8.1.4 Análisis de la representación del dominio mediante ONTOAbMC | 156 |
| 8.2 Estudio del servicio de búsqueda de RibONTOMiddleware | 157 |
| 8.2.1 Búsqueda para problemas de la Teoría de Grafo | 158 |
| 8.2.2 Búsqueda para problemas de la Teoría de Ordenamiento | 159 |

| | |
|--|------------|
| 8.2.3 Búsqueda para problemas del área de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 160 |
| 8.2.4 Análisis del mecanismo de búsqueda de RibONTOMiddleware | 161 |
| 8.3 Uso del entorno EnEMoCi: sesión para resolver un problema sencillo | 163 |
| 8.3.1 Etapa 1: Análisis del problema | 164 |
| 8.3.2 Etapa 2: Formular hipótesis | 165 |
| 8.3.3 Etapa 3: Búsqueda de soluciones conocidas | 168 |
| 8.3.4 Etapa 4: Experimentar nuevas soluciones | 170 |
| 8.3.5 Etapa 5: Revisar hipótesis | 171 |
| 8.3.6 Etapa 6: Publicar soluciones | 172 |
| 8.4 Valoración del uso del entorno EnEMoCi | 172 |
| 8.5 Resumen del capítulo | 174 |
| Capítulo 9: Conclusiones | 175 |
| 9.1 Resultados de la investigación | 176 |
| 9.2 Impacto social esperado | 179 |
| 9.3 Alcances y limitaciones de la investigación | 181 |
| 9.4 Trabajo futuro | 182 |
| 9.5 Resumen de resultados obtenidos | 183 |
| Referencias | 185 |
| Anexo A: Artículos Publicados | 203 |
| Anexo B: Descripción de servicios de RibONTOMiddleware | 205 |
| Anexo C: RELOAD EDITOR | 227 |

Índice de figuras

| Figura | Página |
|---|---------------|
| Figura 1.1: Esquema de las áreas que conforman la investigación | 9 |
| Figura 1.2: Estructura del documento | 10 |
| Figura 2.1: Áreas que contribuyen al CSCL | 15 |
| Figura 2.2: Relación entre las área Educativa y Psicológica | 16 |
| Figura 2.3: Relación entre las áreas Educativa e Informática | 17 |
| Figura 2.4: Clasificación de las Teorías del Aprendizaje | 23 |
| Figura 3.1: Pasos del proceso de aprendizaje en el modelo ABP | 39 |
| Figura 5.1: Conocimiento desde la perspectiva de la ciencias de la información | 66 |
| Figura 6.1: Diagrama en bloques del ABMC | 93 |
| Figura 7.1: Una ontología para algunos problemas computacionales con sus soluciones conocidas | 109 |
| Figura 7.2: Diagrama de clases de ONTOAbMC | 112 |
| Figura 7.3: Algoritmos de ordenamiento con complejidad constante | 118 |
| Figura 7.4: Algoritmos de ordenamiento logarítmicos-lineales en el caso promedio | 119 |
| Figura 7.5: Algoritmos de ordenamiento logarítmicos-lineales en el peor caso | 119 |
| Figura 7.6: Algoritmo de ordenamiento HeapSort | 120 |
| Figura 7.7: Algoritmo Búsqueda Mejores Soluciones Relacionadas | 125 |
| Figura 7.8: Componentes de RlbONTOMiddleware | 131 |
| Figura 7.9: Arquitectura del entorno EnEMoCi | 135 |
| Figura 7.10: Interfaz de usuario del entorno EnEMoCi | 141 |
| Figura 7.11: Interfaz de selección de cursos | 143 |
| Figura 7.12: Interfaz del entorno para el estudiante dentro del curso | 144 |
| Figura 8.1: Diagrama de conceptos del dominio Teoría de Grafo | 149 |
| Figura 8.2: Descripción de clases de la Teoría de Grafo | 150 |
| Figura 8.3: Diagrama de conceptos del dominio Ordenamiento | 152 |

| | |
|---|-----|
| Figura 8.4: Descripción de clases de Ordenamiento | 153 |
| Figura 8.5: Diagrama de conceptos del dominio CSCL | 154 |
| Figura 8.6: Descripción de clases del CSCL | 155 |
| Figura 8.7: Extracto de la descripción de clases | 157 |
| Figura 8.8: Interfaz para argumentar etapa 1 del ABMC | 165 |
| Figura 8.9: Interfaz de usuario para la plantilla de la etapa 2 del ABMC | 167 |
| Figura 8.10: Interfaz de resultados de la consulta mediante RibONTOMiddleware | 169 |
| Figura 8.11: Objeto de Aprendizaje que describe el Algoritmo Bellman- Ford | 169 |
| Figura 8.12: Interfaz de usuario de la plantilla de la etapa 3 del ABMC | 170 |
| Figura 8.13: Interfaz de usuario de la plantilla correspondiente a la etapa 4 del ABMC | 171 |
| Figura 8.14: Interfaz de usuario de la plantilla de la etapa 5 del ABMC | 172 |
| Figura B.1: Diagrama de secuencia del servicio Listar Conceptos | 206 |
| Figura B.2: Interfaz de resultados de Listar Conceptos | 206 |
| Figura B.3: Diagrama de secuencia del servicio Consulta | 208 |
| Figura B.4: Interfaz de resultados de una consulta mediante RibONTOMiddleware | 209 |
| Figura B.5: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 1 | 211 |
| Figura B.6: Formulario correspondiente a la plantilla 1 | 211 |
| Figura B.7: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 2 | 213 |
| Figura B.8: Formulario correspondiente a la plantilla 2 | 213 |
| Figura B.9: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 3 | 215 |
| Figura B.10: Formulario correspondiente a la plantilla 3 | 215 |
| Figura B.11: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 4 | 216 |
| Figura B.12: Formulario correspondiente a la plantilla 4 | 217 |
| Figura B.13: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 5 | 218 |
| Figura B.14: Formulario correspondiente a la plantilla 5 | 219 |

| | |
|---|-----|
| Figura B.15: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla | 220 |
| Integrar | |
| Figura B.16: Diagrama de secuencia del servicio Listar Soluciones | 221 |
| Figura B.17: Interfaz de resultados de Listar Soluciones | 222 |
| Figura B.18: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Nuevo Concepto | 223 |
| Figura B.19: Formulario correspondiente al servicio Añadir Nuevo | 223 |
| Concepto | |
| Figura B.20: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Nueva Solución | 224 |
| Figura B.21: Formulario correspondiente al servicio Añadir Nueva Solución | 224 |
| Figura B.22: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Relación | 225 |
| Figura B.23: Diagrama de secuencia del servicio Publicar Solución | 226 |
| Figura B.24: Formulario correspondiente al servicio Publicar Solución | 226 |

- Gestión del conocimiento para entornos de enseñanza – aprendizaje con
enfoque constructivista basado en el Método Científico -

Índice de tablas

| Tabla | Página |
|--|---------------|
| Tabla 2.1: Principales diferencias entre CSCW y CSCL | 19 |
| Tabla 2.2: Evolución del software educativo | 22 |
| Tabla 2.3: Resumen de las teorías educativas | 30 |
| Tabla 3.1: Resumen comparativo de los trabajos previos | 49 |
| Tabla 3.2: Resumen comparativo de los LMS | 51 |
| Tabla 5.1: Metadatos de un OA de acuerdo a IEEE LOM | 79 |
| Tabla 5.2: Herramientas para producir OA | 81 |
| Tabla 6.1: Diferencias entre ABMC y aprendizaje por descubrimiento | 100 |
| Tabla 6.2: Etapas del MC incluidas en el ABMC | 101 |
| Tabla 7.1: Metadatos del documento integrador | 128 |
| Tabla 7.2: Servicios de RibONTOMiddleware | 132 |
| Tabla 7.3: Servicios requeridos en cada etapa del ABMC | 139 |
| Tabla 7.4: Actividades de profesores y estudiantes | 140 |
| Tabla 8.1: Resultados de la consulta para problemas de grafo con <i>Google</i> | 158 |
| Tabla 8.2: Resultados de la consulta de problemas de la Teoría de Grafo utilizando RibONTOMiddleware | 159 |
| Tabla 8.3: Resultados del refinamiento a la consulta de problemas de Teoría de Grafo | 159 |
| Tabla 8.4: Resultados de la consulta para problemas de ordenamiento mediante <i>Google</i> | 160 |
| Tabla 8.5: Resultados de la consulta a problemas de ordenamiento utilizando RibONTOMiddleware | 160 |
| Tabla 8.6: Resultados de la consulta sobre EVA mediante <i>Google</i> | 161 |
| Tabla 8.7: Resultados de la consulta sobre EVA utilizando RibONTOMiddleware | 161 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 8.8: Comparación de información útil obtenidas en las consultas | 161 |
| Tabla 8.9: Comparación de características de los materiales recuperados | 163 |

Lista de acrónimos

| Sigla | Significado |
|-------|---|
| ABMC | Aprendizaje Basado en el Método Científico |
| ABP | Aprendizaje Basado en Problemas |
| ADL | Aprendizaje Distribuido Avanzado (<i>Advanced Distributed Learning</i>) |
| CAL | Aprendizaje Asistido por Computadoras (<i>Computer Assisted Learning</i>) |
| CSCL | Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora (<i>Computer Supported Collaborative Learning</i>) |
| CSCW | Trabajo Colaborativo Asistido por Computadoras (<i>Computer Supported Collaborative Work</i>) |
| DCMI | Iniciativa de Metadatos Esenciales de Dublin (<i>Dublin Core Metadata Initiative</i>) |
| EVA | Entornos Virtuales de Aprendizaje (<i>Virtual Learning Environment</i>) |
| IEEE | Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (<i>Institute of Electric and Electronic Engineers</i>) |
| IMS | Sistema de Administración Instruccional (<i>Instructional Management System</i>) |
| ISO | Organización Internacional para la Estandarización (<i>International Organization for Standardization</i>) |
| LCMS | Sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje (<i>Learning Content Management Systems</i>) |
| LMS | Sistemas de Gestión de Aprendizaje (<i>Learning Management System</i>) |
| LOM | Metadatos de Objetos de Aprendizaje (<i>Learning Object Metadata</i>) |
| LTSC | Comité para la Estandarización de Tecnologías de Aprendizaje (<i>Learning Technology Standards Committee</i>) |
| MC | Método Científico |
| OA | Objetos de Aprendizaje (<i>Learning Objects, LO</i>) |
| OWL | Lenguaje de Ontología Web (<i>Web Ontology Language</i>) |

- Gestión del conocimiento para entornos de enseñanza – aprendizaje con enfoque constructivista basado en el Método Científico -

| | |
|--------|--|
| PHP | Lenguaje de Programación Interpretado |
| RELOAD | <i>Reusable eLearning Object Authoring & Delivery</i> |
| ROA | Repositorios de Objetos de Aprendizaje |
| SCORM | Modelo Referencial para Compartir Contenido de Objetos (<i>Shareable Content Object Reference Model</i>) |
| STI | Sistema Tutor Inteligente |
| TIC | Tecnologías de la Información y las Comunicaciones |
| Web | <i>World Wide Web</i> (WWW) |
| XML | Lenguaje de Marcado Extendido (<i>Extended Markup Language</i>) |

Capítulo 1

Introducción

1.1 Motivación

La enseñanza, desde una perspectiva muy general, es una actividad realizada mediante la interacción de tres elementos: un profesor (o docente), uno o varios alumnos (o aprendices) y el objeto de conocimiento [1, 2]. Esta interacción tiene el objetivo de instruir, adoctrinar y/o brindar una orientación (por parte del profesor) para propiciar la actividad mental del sujeto que aprende y encaminada a la construcción del conocimiento, al desarrollo de habilidades y a la formación de actitudes, mediante el empleo de un conjunto de técnicas y modelos.

La enseñanza puede impartirse en diversas formas o modalidades. Entre las más comunes están la educación presencial, la educación a distancia o la educación combinada. En estas modalidades de enseñanza se pueden aplicar dos modelos predominantes [3, 4]: el conductista y el constructivista. Estos modelos sirven de base a las prácticas de los profesores y cada modelo dispone de sus teorías del aprendizaje.

En el modelo conductista o de transmisión, también conocido como perspectiva tradicional de la enseñanza, se percibe al alumno como un individuo pasivo, en el cual el aprendizaje se da mediante la comunicación entre emisor (profesor-maestro) y receptor (alumno) [5]. El modelo de enseñanza tradicional como perspectiva de transmisión de conocimiento ha recibido críticas [6, 7], debido a que se centraliza en la maestría del experto (profesor-maestro) y se basa sólo en la transmisión de contenidos.

Por otro lado, las concepciones más actuales de la enseñanza [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] proponen: 1) emplear modelos fundamentados en involucrar a los estudiantes en el aprendizaje como individuo activo y 2) cambiar el rol del docente de “transmisor” a “facilitador”, “guía” y nexo entre el conocimiento y los alumnos. De tal manera que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea un proceso de interacción basado en la iniciativa y el afán de saber de los alumnos, así como la introducción de nuevas estrategias para fomentar el aprendizaje. En estos preceptos se basa el modelo constructivista.

El modelo constructivista establece que el conocimiento es elaborado individual y socialmente por los aprendices, fomentando sus propias experiencias y representaciones del mundo y sobre la base de los conocimientos declarativos ya conocidos [15, 16, 17]. Este modelo tiene como fin comprometer a los alumnos en la elaboración de su propio conocimiento y su concepción parte de diferentes técnicas, tales como: una pregunta, un problema o un proyecto como núcleo del entorno. En este modelo, el alumno ha de finalizar el proyecto o hallar la respuesta a las preguntas formuladas o resolver el problema para llegar al aprendizaje. Una de las técnicas para implantar el modelo constructivista es mediante el Aprendizaje Basado en Problemas.

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) [18, 19] es uno de los métodos de enseñanza – aprendizaje que ha tomado más arraigo en las instituciones de educación en los últimos años [20]. El camino que toma el proceso de aprendizaje convencional se invierte al trabajar en el ABP. Mientras tradicionalmente primero se expone la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de un problema, en el caso del ABP primero se presenta el problema, posterior se identifican las necesidades de aprendizaje,

luego se busca la información necesaria y finalmente, se regresa al problema. De esta forma, durante el proceso de aprendizaje que viven los alumnos en el ABP: desde el planteamiento original del problema hasta su solución, trabajan de manera colaborativa en grupos, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje, la posibilidad de practicar y desarrollar habilidades tales como: observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional difícilmente podrían ponerse en acción. Una de las características distintivas del ABP es la experiencia de trabajo en grupo, el cual es orientado a la solución de problemas [21, 22]. En estas actividades grupales y colaborativas los alumnos toman responsabilidades y acciones que son básicas en su proceso formativo.

Las teorías que sustentan los modelos conductistas y constructivista han sido tomadas como fuentes teóricas de la enseñanza en el Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora (*Computer Supported Collaborative Learning* - CSCL, por sus siglas en inglés) [23, 24, 25, 26]. Ambos modelos se ha implantado en el CSCL mediante diferentes entornos: hipertextos [27] o sistemas de experimentación y simulación [28]. Sin embargo las implementaciones del enfoque constructivista sólo se han enfocado en la parte de experimentación para la generación del conocimiento de los estudiantes [29, 30, 31, 32, 33].

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) [34, 35, 36, 37] son espacios diseñados pedagógica y tecnológicamente para satisfacer necesidades de programas académicos concretos. Los EVA permiten implantar un proceso educativo centrado en el aprendizaje mediante el uso de las tecnologías informáticas. La educación mediante un EVA se caracteriza porque los procesos educativos se realizan en escenarios dotados con tecnología, a través de las cuales los alumnos y docentes interactúan, para realizar actividades de aprendizaje y de construcción del conocimiento.

Los EVA tienen gran repercusión en nuestra sociedad [38, 39, 40, 41] ya que permite que la educación se extienda a todos los sectores de la sociedad. No se trata de sustituir la educación presencial por la educación a distancia, sino de usar los entornos virtuales de aprendizaje como un complemento adicional para el enriquecimiento del proceso de

enseñanza – aprendizaje, y fomentar formas prácticas de diseñar actividades educativas, así como organizar la información.

Las experiencias del uso de los EVA han reflejado que pueden fomentar el interés del alumno en el aprendizaje y el trabajo en grupo para adquirir nuevos conocimientos. Sin embargo, su efectividad en el proceso de enseñanza - aprendizaje presenta ciertas limitaciones vinculadas con la reutilización del conocimiento:

- falta de motivación, por parte de los estudiantes y profesores, en la búsqueda de soluciones ya conocidas y bien estudiadas,
- poco interés, por parte de los estudiantes y profesores, en la divulgación de nuevos conocimientos obtenidos en el proceso de aprendizaje (sub-utilización del conocimiento generado),
- los EVA carecen de mecanismos automatizados de ayuda en la búsqueda y publicación de soluciones.

Un modelo, conocido en el ámbito de la investigación científica, que contempla la reutilización e integración del conocimiento es el Método Científico (MC) [42, 43, 44, 45]. El Método Científico puede reconocerse como una forma de ABP porque se caracteriza por adquirir y organizar el conocimiento generado durante la solución de problemas. El MC es un proceso intelectual, en el cual los participantes intentan colectivamente reconstruir una parte del universo, que es el objeto de estudio, de manera que se pueda usar para adquirir y organizar nuevo conocimiento o para revisar y corregir el conocimiento previo.

El MC ha contribuido a establecer áreas del conocimiento fundamentadas en evidencias experimentales, las cuales son enunciadas en forma de teorías lógicamente consistentes. El aprendizaje que se obtiene al aplicar el MC tiene como base la documentación y disseminación del conocimiento, de manera que se pueda revisar, o verificar las predicciones que emanan de sus teorías, o analizar con el fin de ser reutilizado. El aprendizaje por descubrimiento toma elementos del MC para aplicarlo en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, a pesar de que algunos autores han basado sus propuestas en el MC para desarrollar aprendizaje por descubrimiento [46, 47], no llegan a establecer una

metodología para su desarrollo que promueva la indagación, el pensamiento crítico y la innovación tal como ocurre en el ABP.

Para la implantación del ABP en los Entornos Virtuales de Aprendizaje constructivista guiado por el descubrimiento es necesario incluir espacios de búsquedas de materiales educativos que satisfagan las necesidades de los estudiantes. Estos espacios de búsqueda son implementados tradicionalmente mediante accesos a las herramientas de búsqueda y publicación en red (por ejemplo Google, Lycos y CiteSeer). Sin embargo, la proliferación de información superflua obtenida y/o generada bajo estas condiciones en la *Web* no garantiza cierta calidad o validez total. Además, la sobreabundancia de los resultados de la búsqueda conduce al problema conocido como *sobrecarga cognoscitiva* [48, 49, 50]. En general, la mayoría de las herramientas de búsqueda y publicación en la *Web* empleados en el aprendizaje presentan varias limitaciones: los motores de búsqueda obtienen información utilizando únicamente métodos clásicos de recuperación de información textual (léxica), el contenido de los documentos no está indexado de acuerdo a alguna colección de conceptos organizados, y además, no se puede atribuir un significado a las entidades lexicográficas de un documento.

1.2 Trabajo desarrollado

Las anteriores limitantes: falta de motivación en la búsqueda de soluciones ya conocidas, poco interés en la publicación de nuevas soluciones, así como la carencia de mecanismos automatizados de ayuda en la búsqueda y publicación, relacionadas todos con la reutilización del conocimiento en el proceso de enseñanza, pueden eliminarse introduciendo la interpretación de palabras de acuerdo a los conceptos organizados en ontologías. Una ontología puede definirse como la clasificación, interrelación y formalización de una conceptualización aceptada por acuerdo [51, 52]. El propósito de representar el conocimiento de cualquier área en ontologías es dar uniformidad, así como mejorar los métodos de búsqueda y descubrimiento de conceptos.

Para resolver el problema de reutilización del conocimiento en los EVA, en nuestra propuesta hemos adoptado al Método Científico como el fundamento de una estrategia para implementar el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el proceso de enseñanza – aprendizaje. A esta forma de implementar el ABP le llamamos *Aprendizaje Basado en el Método Científico* (ABMC). El ABMC se caracteriza por: 1) guiar en la solución de problemas, 2) ser colaborativo, 3) ser constructivista, 4) estar estructurado en teorías lógicas y 5) publicar soluciones evaluadas por expertos.

El ABMC está enmarcado dentro de la concepción constructivista del aprendizaje, no sólo porque parte de un problema, sino porque permite construir el conocimiento paulatinamente, en el transcurso de cada etapa, y propicia escenarios de discusión, reflexión, experimentación y validación para cada problema planteado. El estudiante, con el uso de la herramienta de edición apropiada para la resolución del problema, puede alcanzar su propia solución y una vez validada por el profesor, puede publicar ese conocimiento adquirido, para que pueda ser consultado por otros estudiantes.

El ABMC brinda la posibilidad de sistematizar tareas educativas. Dichas tareas permiten promover cualidades y actitudes indispensables para una formación encaminada a afrontar problemas reales, a establecer colaboración para el trabajo en grupo y a someter los resultados a un proceso de revisión crítica, para asegurar que las soluciones posean un nivel de calidad aceptable.

La aplicación del ABMC como metodología educativa en los EVA para la solución de problemas favorece la construcción de nuevos conocimientos a partir del estudio de las experiencias previas y de la publicación de resultados validados por expertos en las diferentes áreas.

El ABMC enfatiza el ABP como núcleo para la construcción del conocimiento e incorpora dos diferencias con respecto a los modelos anteriores: 1) representación del conocimiento como Objetos de Aprendizaje, de forma que puedan ser usados independiente de la

plataforma de creación, y 2) búsqueda integrada del conocimiento previo y la publicación del conocimiento adquirido.

La definición de Objetos de Aprendizaje es muy amplia [53, 54, 55, 56]. Puede considerarse como una nueva forma de pensar sobre los materiales educativos digitales [57], cuya principal característica es que pueden ser reutilizados [58], además de ser adecuados para representar las diferentes formas en que el conocimiento puede ser mostrado, *e.g.*: una simulación, un texto o una figura.

1.3 Objetivos y Contribuciones

Los estudios en CSCL sobre experiencias, condiciones de uso, tipo de interacciones, no sólo se han incrementado en términos cuantitativos, sino que apuntan e inciden en aspectos muy fundamentales del proceso educacional. Tras unos años en que los esfuerzos principales se han dirigido al desarrollo de software educativo, en el CSCL han emergido nuevas prioridades [59]: (1) el diseño de modelos para ambientes de aprendizajes constructivistas que integren mecanismos para la reutilización del conocimiento generado, y (2) el desarrollo de mecanismos para la evaluación de estos sistemas y del aprendizaje que se promueve con los mismos. De ahí podemos plantear que la presente tesis está enmarcada dentro del ámbito de investigación y desarrollo del dominio de CSCL en la prioridad (1), basado en el enfoque constructivista de la teoría del aprendizaje y tiene los objetivos y contribuciones que se presentan a continuación.

1.3.1 Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es proponer y desarrollar una metodología para la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas con base en el Método Científico e implementar un sistema *Web* que de soporte a esta metodología en los Entornos Virtuales de Aprendizaje y que fomente la reutilización del conocimiento generado en la resolución de los problemas.

Los objetivos específicos son:

- a) Desarrollar y utilizar una representación del conocimiento para definir el contexto y las características de los problemas.
- b) Desarrollar un algoritmo para la búsqueda de soluciones conocidas, que determine cuáles son las que mejor puedan resolver el problema.
- c) Representar el conocimiento de manera que pueda ser reutilizado en los Entornos Virtuales de Aprendizaje.
- d) Diseñar, implementar e incorporar mecanismos automatizados para la búsqueda, el descubrimiento y la publicación de conocimiento, que permitan mejorar la concepción de aprendizaje constructivista basada en el Método Científico para la implantación del Aprendizaje Basado en Problemas como elementos embebidos dentro del Entorno Virtual de Aprendizaje.

1.3.2 Contribuciones

Las contribuciones de esta investigación son:

1. Desarrollo de una metodología para la implementación de una estrategia educativa para el Aprendizaje Basado en Problemas fundamentado en el Método Científico.
2. Gestión del conocimiento para la solución guiada de problemas basada en ontologías.
3. Integración de módulos para el descubrimiento, la búsqueda y la publicación automática de conocimiento en los Entornos Virtuales de Aprendizaje.
4. Diseño e implementación de una herramienta de validación que permita el diseño de cursos, siguiendo la metodología propuesta.

Para validar el ABMC hemos desarrollado un EVA colaborativo, constructivista y guiado por el descubrimiento para la enseñanza – aprendizaje, que llamamos EnEMOCi (**Entorno de Enseñanza Basado el Método Científico**). La Figura 1.1 muestra un diagrama que enmarca nuestro desarrollo.

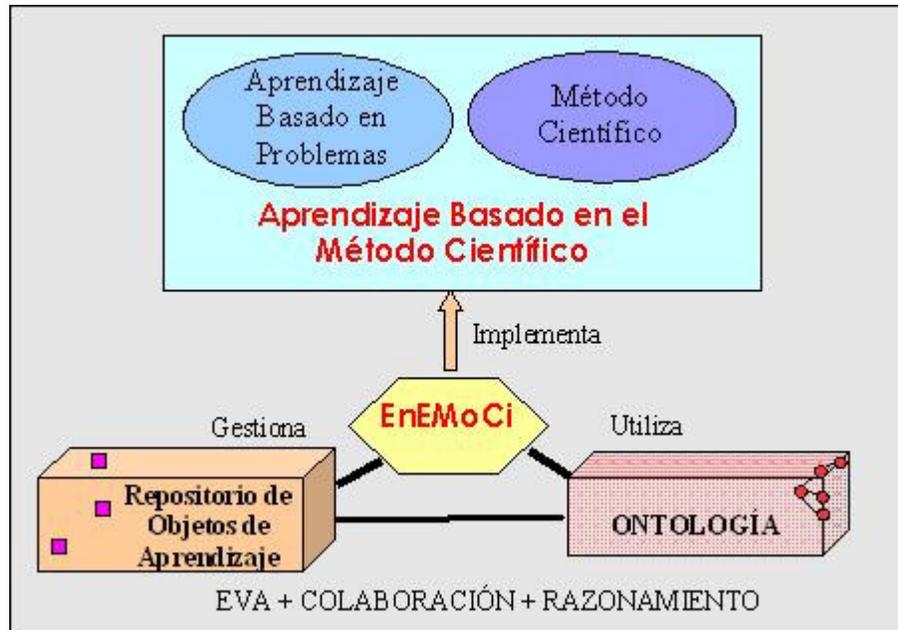


Figura 1.1: Esquema de las áreas que conforman la investigación

EnEMoCi posibilita el desarrollo de cursos basados en la metodología del ABMC y está conformado por dos módulos: 1) el módulo de gestión de cursos, implementado mediante el Sistema de Gestión de Curso Moodle y 2) el módulo de gestión de conocimiento, implementado mediante la capa de software RibONTOMiddleware, la cual integra las herramientas para la búsqueda de conocimiento previo y la divulgación del nuevo conocimiento.

RibONTOMiddleware ofrece los servicios para implantar el ABMC y se caracteriza por:

- a) representar el conocimiento mediante ontologías para implantar el motor de búsqueda que proporciona métodos de ayuda a los estudiantes en la solución de problemas,
- b) recuperar información útil para el estudiante en forma de Objetos de Aprendizaje y
- c) reducir significativamente la cantidad de información recuperada con respecto a los buscadores tradicionales.

Como caso de estudio se implantó parte de un curso de Algoritmos y Estructuras de Datos Abstractas [60] en el entorno EnEMoCi. Sin embargo, el entorno EnEMoCi es todavía un diseño experimental que no ha sido probado masivamente con estudiantes.

1.4 Estructura del documento

El resto del documento (ver Figura 1.2) se organiza en 4 secciones que agrupan 8 capítulos y 3 anexos. La sección de antecedentes teóricos y tecnológicos (capítulos 2, 3, 4 y 5), la sección de desarrollo (capítulos 6, 7, y 8), la sección de conclusiones (capítulo 9) y la sección de apéndices (anexos A, B y C).

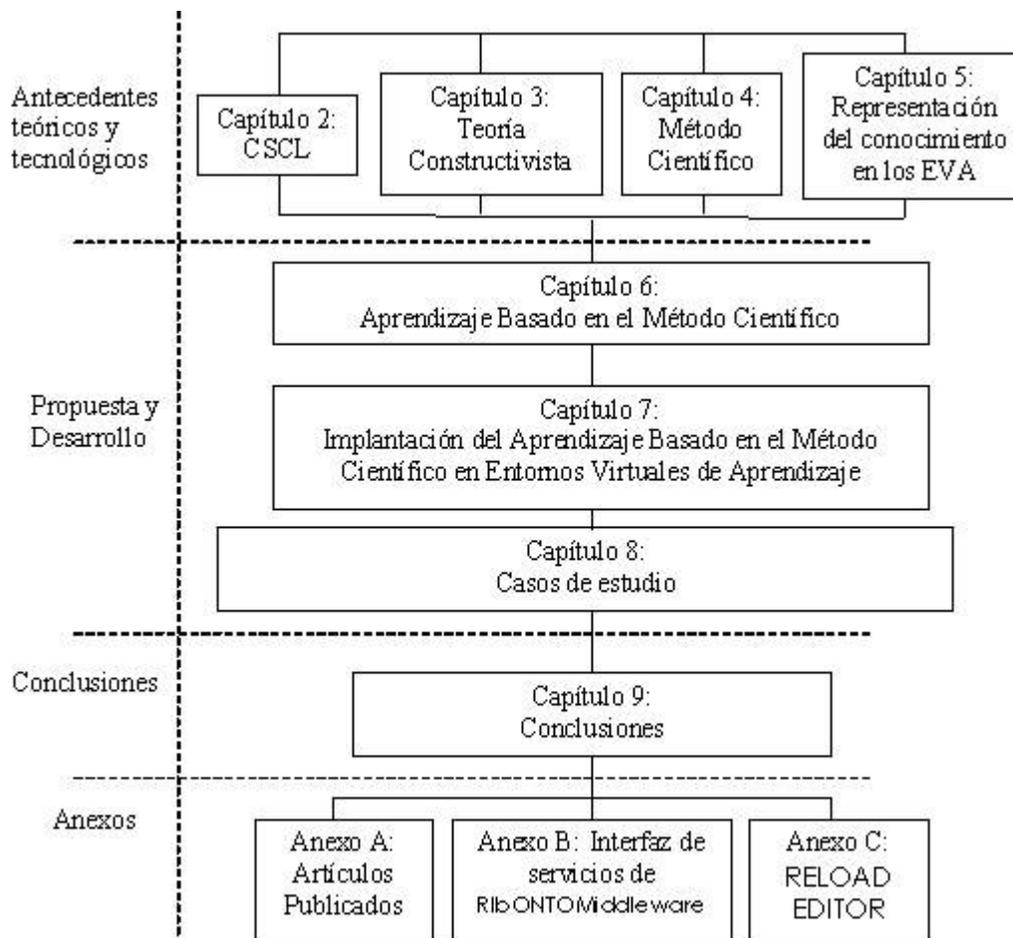


Figura 1.2: Estructura del documento

El capítulo 2: “**Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras**” presenta los elementos esenciales del área de investigación. Inicialmente se realiza una caracterización de la definición de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras. Después, se brinda una descripción de las teorías del aprendizaje más importantes y utilizadas en el dominio. Finalmente se destacan las ventajas del uso de herramientas CSCL.

El capítulo 3: "**Teoría Constructivista**" presenta los elementos más importantes de la Teoría Constructivista y cómo ha sido utilizada dentro del dominio del CSCL. Inicialmente, se describen los fundamentos de la Teoría Constructivista y sus enfoques, así como los diferentes modelos que se han implementado en el proceso educacional. Luego, se describen los principios del diseño de ambientes constructivistas de aprendizaje. Finalmente, se muestran las aplicaciones y trabajos previos desarrollados en esta área.

El capítulo 4: "**Método Científico**" describe las características del Método Científico, las etapas que lo conforman y las ventajas de su uso que sirven de base a una estrategia educativa para resolver problemas.

El capítulo 5: "**Representación del conocimiento en los EVA**" profundiza en los conceptos vinculados directamente con el conocimiento y su gestión en los EVA. Primero, se explican los conceptos relacionados con los Objetos de Aprendizaje; un Objeto de Aprendizaje es una forma de representar el conocimiento. Segundo, se explican los conceptos relacionados con las ontologías y su uso como artefactos que facilitan la identificación, la recuperación, la preservación, la diseminación y el uso de los Objetos de Aprendizaje dentro de los EVA.

El capítulo 6: "**Aprendizaje Basado en el Método Científico**" presenta nuestra propuesta de metodología para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas. Primero, se detallan las características del Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) y las etapas que lo conforman. Segundo, se compara el ABMC con el Método Científico y con las técnicas de aprendizaje por descubrimiento.

El capítulo 7: "**Implantación del Aprendizaje Basado en el Método Científico en Entornos Virtuales de Aprendizaje**" presenta nuestra implantación del ABMC en un EVA. Inicialmente, se detalla el diseño de ONTOAbMC, la ontología para modelar el conocimiento. ONTOAbMC es la base del motor de búsqueda de conocimiento. Después, se explican los procesos de búsqueda y publicación de conocimiento para el ABMC. Luego, se presenta RibONTOMiddleware, un *middleware* diseñado para proporcionar

las funcionalidades de búsqueda y publicación. Finalmente, se describe la arquitectura de EnEMoCi, un EVA que permite implementar cursos que siguen el ABMC utilizando los servicios de RibONTOMiddleware y apoyado en la representación del conocimiento de ONTOAbMC.

El capítulo 8: “**Casos de estudio**” muestra los casos de estudio que se desarrollaron. Primero, se ejemplifica el diseño de la ontología de dominio ONTOAbMC. Segundo, se analizan los resultados de consultas basados en esa ontología que ofrece RibONTOMiddleware. Tercero, se muestra la implementación de una sesión completa para un problema que ejemplifica el funcionamiento del entorno EnEMoCi.

El capítulo 9: “**Conclusiones**” presenta los resultados y las contribuciones de la investigación realizada, así como el impacto social esperado y las sugerencias para el trabajo futuro derivadas de la misma.

El anexo A: “**Artículos publicados**”, tiene un listado de las publicaciones (realizadas y en proceso de revisión) derivadas de la investigación.

El anexo B: “**Descripción de servicios de RibONTOMiddleware**” detalla los servicios de la capa de gestión de conocimiento, brindando el nombre, la descripción, los parámetros de entrada y los parámetros de salida de cada servicio.

El anexo C: “**RELOAD EDITOR**” detalla las características de la herramienta RELOAD (*Reusable eLearning Object Authoring & Delivery*) y el procedimiento para crear Objetos de Aprendizaje mediante dicha herramienta.

Capítulo 2

Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

El uso de las computadoras en el aprendizaje colaborativo no es una idea nueva si tenemos en cuenta la práctica habitual en el ámbito escolar de trabajar en parejas o en grupos más grandes frente a la computadora. Sin embargo, el **Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras** (CSCL - *Computer Supported Collaborative Learning*) como área de investigación específica tiene un origen más reciente, que se sitúa en 1989, coincidiendo con el primer seminario sobre Aprendizaje Colaborativo celebrado en Italia [61]. Desde ese momento, el área y la comunidad de investigadores han ido creciendo y madurando hasta nuestros días.

En este capítulo se presentan los elementos esenciales del CSCL y se estructura de la siguiente manera: primeramente se realiza una caracterización de la definición de CSCL, se presentan las diferencias con el CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*) y se brinda una descripción de las teorías del aprendizaje más importantes utilizadas. Finalmente se destacan las ventajas y limitaciones del uso de herramientas CSCL.

2.1 Definición de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

CSCL es un área de investigación intrínsecamente interdisciplinaria, en la que concurren aspectos relacionados con la psicología, la pedagogía, las tecnologías de la información y las comunicaciones, así como otras disciplinas asociadas.

El término de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras se empezó a utilizar a partir de una publicación de T. Koschmann [23], quien definió esta área como un: **“paradigma emergente que se centra en el uso de información y de las tecnologías de las comunicaciones como herramientas que permiten implementar métodos de aprendizaje colaborativo”**.

En esta definición se plantean dos ideas importantes: 1) aprender en forma colaborativa (con otros, en grupos), en este sentido no se contempla al aprendiz como persona aislada, sino en interacción con otros; se parte de la importancia de compartir objetivos y distribuir responsabilidades como componentes deseable del aprendizaje, y 2) enfatizar el papel de la computadora como herramienta que apoya el proceso de aprendizaje. El software tiene que favorecer los procesos de interacción y solución cognitiva de los problemas.

No es fácil dar una definición única del término CSCL, entre otras razones por la dificultad misma de definir el concepto de “aprendizaje colaborativo” (*collaborative learning*). De acuerdo con P. Dillenbourg, el aprendizaje colaborativo es: **“una situación en la que dos o más personas aprenden o intentan aprender algo juntos”** [62], y puede entenderse como el compromiso mutuo establecido entre personas, que se agrupan en un esfuerzo coordinado para dar respuesta a una tarea. Esa es la caracterización más amplia, pero insuficiente, del término aprendizaje colaborativo.

El concepto de aprendizaje colaborativo ha evolucionado a: **“una situación en la que se espera que ocurran ciertas formas de interacción entre personas, susceptibles de promover mecanismos de aprendizaje, sin ninguna garantía de que las interacciones esperadas vayan a ocurrir”** [63].

Los términos colaboración y cooperación a veces se usan indistintamente. Sin embargo, hay un consenso amplio en considerar que la colaboración implica un compromiso mutuo por parte de los participantes en un esfuerzo coordinado para resolver un problema, i.e., establece una meta común. La cooperación entiende una división de tareas según la cual, cada participante es responsable de su porción de trabajo.

Diferentes autores [64, 65, 66] han redefinido el área de investigación del CSCL, enfocándolo en cómo el aprendizaje colaborativo asistido por las nuevas tecnologías puede manejar la interacción entre grupos y cómo la colaboración y la tecnología facilitan compartir y distribuir conocimiento, así como las experiencias entre los miembros de una comunidad.

De la definición de CSCL y de su área de investigación se desprende la importancia del estudio de la interacción de tres áreas fundamentales que contribuyen al dominio del mismo: educación, psicología e informática (ver Figura 2.1):

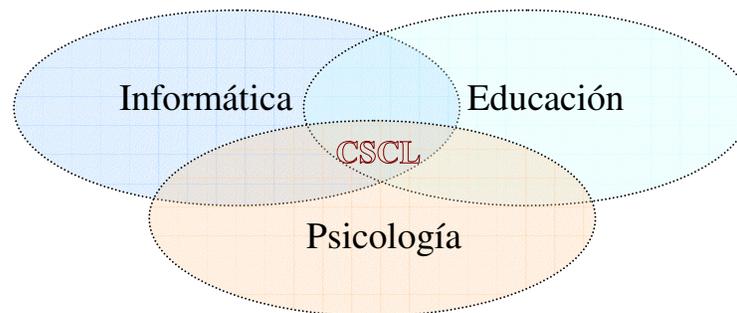


Figura 2.1: Áreas que contribuyen al CSCL

- 1) Área Educativa: aporta los aspectos de la práctica educativa y los métodos pedagógicos de la enseñanza;
- 2) Área Psicológica: aporta las cuestiones psicológicas referidas a la naturaleza y la teoría del aprendizaje, e.g., las formas de estructurar y presentar el material de aprendizaje o la formación de los grupos;

3) Área Informática: aporta el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), así como los modelos de razonamiento y representación del conocimiento.

2.1.1 Relación entre las áreas Educativa y Psicológica

Es importante resaltar la importancia que aporta el área de la psicología al CSCL, ya que acentúa la dimensión social del aprendizaje. La Figura 2.2 muestra la interacción entre la dimensión social y la dimensión educativa dentro del CSCL.

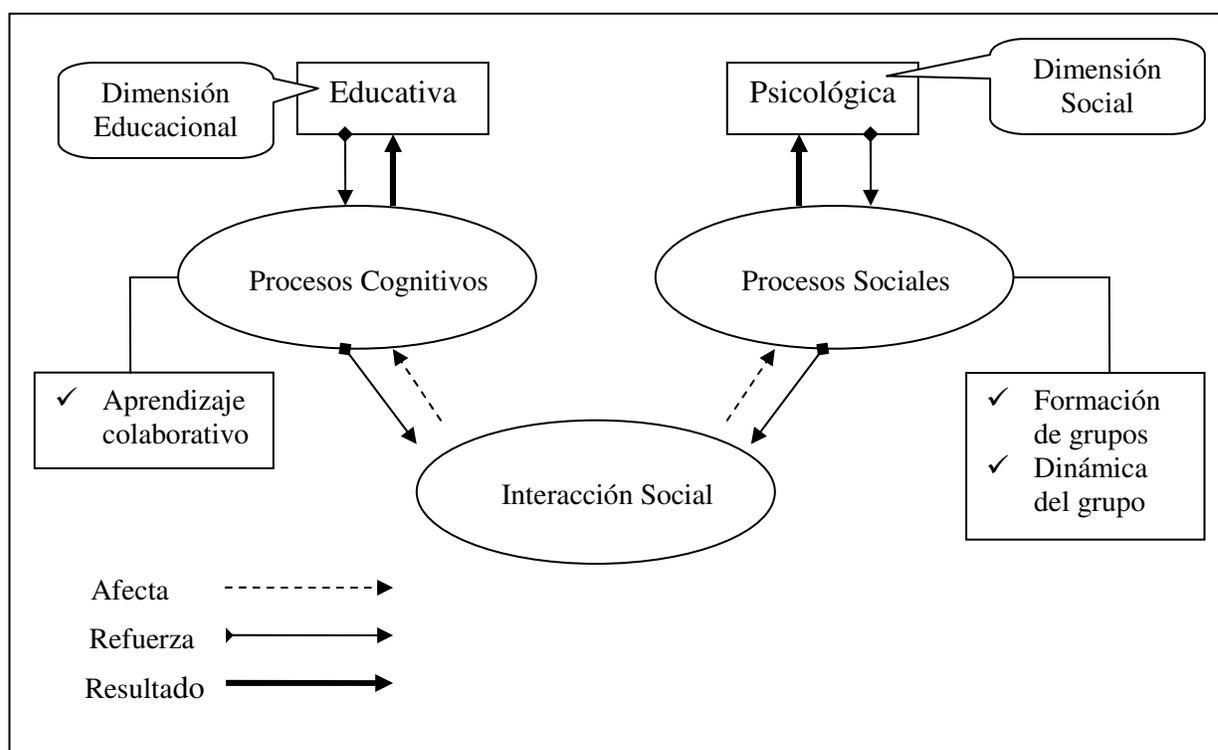


Figura 2.2: Relación entre el área Educativa y Psicológica

Los procesos sociales – emocionales son responsables del grupo que se forma y de las dinámicas del grupo que conducen a una comunidad de aprendizaje. Estos procesos y dinámicas no son triviales que ocurran en las variantes educativas de grupos de aprendices distribuidos. El área psicológica acentúa la dimensión educativa al permitir implementar estrategias en la formación del grupo, que favorezcan el aumento de colaboración entre los miembros del grupo.

2.1.2 Relación entre las áreas Educativa e Informática

El área educativa también ha tenido un impacto al usar las TIC. Por un lado, la teoría educativa busca los fundamentos teóricos que permiten diseñar e implantar aplicaciones CSCL, mientras que la tecnología se considera cada vez más como habilitador del aprendizaje (ver Figura 2.3).

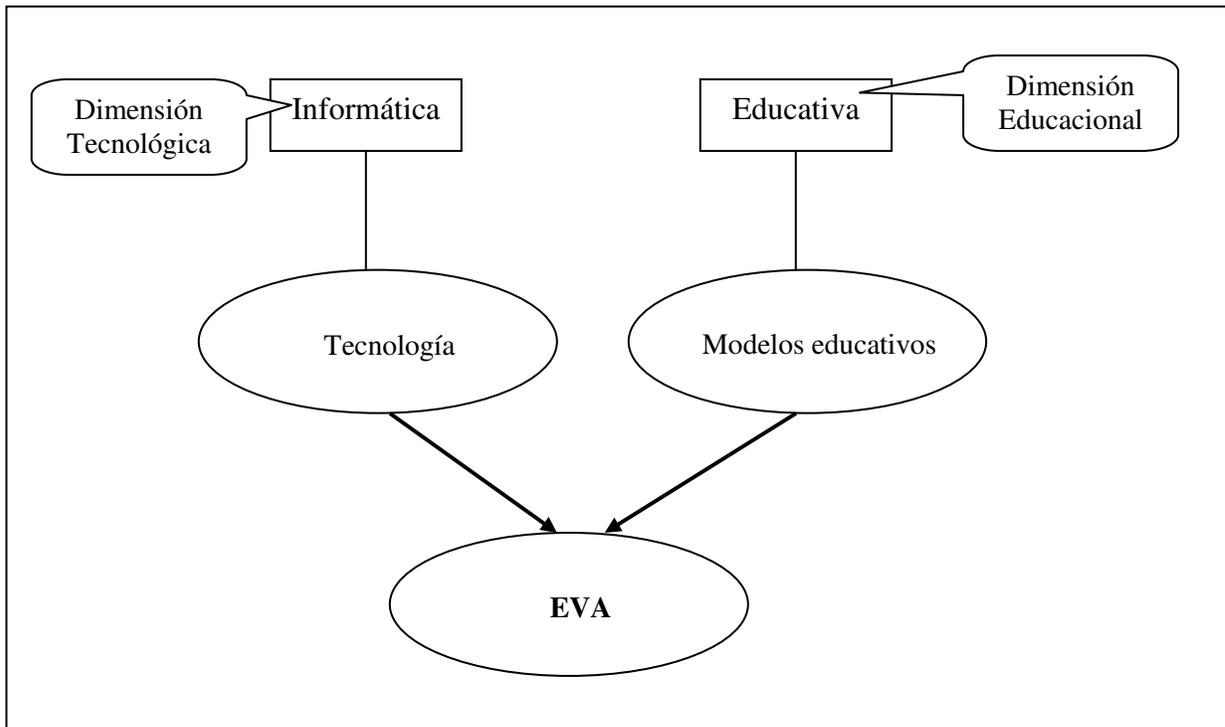


Figura 2.3: Relación entre las áreas Educativa e Informática

La informática aporta la dimensión tecnológica a la práctica educativa y a los modelos de razonamiento y de representación del conocimiento, así como el uso de las TIC. La incorporación de las TIC en la enseñanza afecta más a la forma de enseñanza que a la enseñanza misma. Se puede utilizar a las TIC para transmitir información, para discutir un tema o para propiciar el aprendizaje a partir de la resolución de problemas. La dimensión educacional aporta los aspectos de la práctica educativa y los modelos pedagógicos de la enseñanza.

La relación entre las áreas informática y educativa ha permitido una redefinición de los límites del aprendizaje ampliando su alcance [67]. Nuevas actividades para el aprendizaje, que antes no era posible percibir las, pueden ahora ser practicadas, e.g., por ejemplo: la interacción de expertos de varias partes del mundo con novatos (en la revisión de propuestas de solución, en asesorías), el acceso instantáneo a recursos globales (repositorios de materiales educativos, de problemas y soluciones), la oportunidad de publicar información, la oportunidad de navegar en campos virtuales y la capacidad de compartir información, así como negociar y construir el conocimiento.

Tales actividades acentúan el aprendizaje en función de interacciones con otros y con las herramientas compartidas por la comunidad. De igual manera, en el momento de evaluar cómo la tecnología modifica y transforma las capacidades humanas hay que tener en cuenta los efectos obtenidos con la misma, referida a los resultados que pueden alcanzarse a partir del trabajo colaborativo y/o cooperativo que se instrumenta mediante la relación hombre – máquina [68].

2.2 CSCL y CSCW

CSCL ha usado las herramientas creadas para el **Trabajo Colaborativo Asistido por Computadoras (CSCW - Computer Supported Collaborative Work)**. Sin embargo, su dominio de investigación ha crecido con personalidad propia, fuera del CSCW. CSCW es un campo universal de investigación científica [69], el cual se interesa en el diseño y desarrollo de ambientes colaborativos que permitan asistir el trabajo en grupo, con el fin de realizar una actividad común y ofrecer una interfaz a un ambiente compartido.

Gracias a estos sistemas los miembros un grupo de personas puede colaborar, interactuar, negociar y compartir información con el fin de producir de manera coordinada y coherente aquello que antes producía de manera separada y unía manualmente con esfuerzos importantes de comunicación y concertación. *Groupware* ofrece soluciones prácticas de implementación de sistemas para el trabajo colaborativo [70, 71].

Las diferencias entre CSCW y CSCL se pueden analizar en los siguientes aspectos:

- a) CSCW tiende a estar enfocado en las técnicas de comunicación, en la producción y en la coordinación. CSCL se centra en lo que es comunicado. Ambas están basadas en que los sistemas apoyados por computadoras pueden facilitar el trabajo y la comunicación, pero en esencia estos sistemas no están diseñados para sustituir la comunicación cara a cara (*face-to-face*);
- b) CSCW se suelen usar para facilitar la comunicación y la productividad. CSCL se usa en entornos educativos para facilitar el diseño de ambientes que faciliten a los estudiantes el aprendizaje colaborativo de forma efectiva.

Las investigaciones en CSCL y CSCW no sólo convergen en las técnicas para el manejo de la información que se pierde cuando los colaboradores interactúan a distancia (*awareness information*), sino también en los aspectos sociales, de organización y psicológicos.

Las principales diferencias entre CSCW y CSCL se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Principales diferencias entre CSCW y CSCL

| CSCW | CSCL |
|--|---|
| Tiende a focalizar su atención en las técnicas de comunicación | Tiende a concentrar su atención en lo que será comunicado |
| Se utiliza principalmente en el dominio empresarial | Es explotada en ambientes educativos |
| Su finalidad es la de facilitar la comunicación y la productividad del grupo | Su finalidad es sustentar un eficaz aprendizaje en grupo |

2.3 Software y aplicaciones para el Aprendizaje Colaborativo

La evolución del software educativo, como sistemas de experimentación, gestión y administración de contenidos educativos, tiene una larga historia. Esta evolución ocurrió en una forma amplia y sigue siendo muy importante como línea de investigación dentro del CSCL [72].

En la década de los setentas predominaron como principales sistemas educativos los programas de propósito general y específicos, utilizados para apoyar los procesos educativos cuyo objetivo de aprendizaje fue buscar que los estudiantes operaran los programas. La década de los ochenta se caracterizó por la utilización de sistemas con hipertextos y multimedia. Desde el punto de vista informático, el hipertexto permite la interacción entre nodos de información de diversa índole: textuales, gráficos, videos y sonidos. Este tipo de sistema permite reforzar, complementar o servir como apoyo a la labor pedagógica, presentando información mediante hipervínculos con el fin de desarrollar ciertos procesos de pensamiento.

En el aspecto tecnológico el primer gran cambio tuvo lugar con el uso de la computadora personal y el segundo con el uso de las redes, las cuales hicieron su aparición en el campo educativo en la década de los noventa [73].

Las aplicaciones CSCL han evolucionado con *Internet* al Aprendizaje Basado en la *Web* (*Web Based Training*) [74]. *Internet* facilita el acercamiento de la actividad escolar a otros contextos, permitiendo la comunicación, el intercambio de experiencias e información en el desarrollo de proyectos e investigación, facilita la creación de un contexto de colaboración entre el profesor y los estudiantes para realizar tareas relacionadas con el proceso que los involucra en un marco de interacción dinámica, así como también favorece la consulta con expertos ubicados en diferentes partes del mundo.

La utilización de este tipo de software en red, junto con un mayor número de tecnologías que permiten no sólo la comunicación en red, sino también al trabajo colaborativo permiten la generación de comunidades virtuales de aprendizaje [75, 76, 77, 78].

Actualmente, el software educativo está caracterizado por reforzar el trabajo colaborativo con alta interacción social y apoyado mediante Entornos Virtuales de Aprendizaje.

Un **Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA)** (ó *Virtual Learning Environment –VLE-* en inglés) es un conjunto amplio de aplicaciones computacionales, los cuales usan los medios

electrónicos disponibles para el entrenamiento de habilidades y la ayuda a la educación. En los EVA se lleva a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje con base en un programa curricular [35, 36, 79].

La enseñanza mediante un EVA no solamente consiste en tomar un curso y colocarlo en una computadora [80]. Se trata de una combinación de recursos, interactividad, soporte y actividades de aprendizaje estructuradas que utiliza las tecnologías informáticas y facilitadas por Internet, junto a metodologías pedagógicas para desarrollar y mejorar nuevas estrategias para el aprendizaje, y facilita el aprendizaje y construir el conocimiento a través de interacciones significativas [81].

Los EVA pueden considerarse como la parte esencial de todo proceso de aprendizaje virtual [82] o como la estrategia clave para poder distribuir cursos y programas [83]. El EVA es una infraestructura que permite manejar prácticamente todos los aspectos del proceso de aprendizaje [84]. A través de un EVA se distribuyen y administran contenidos instruccionales, se identifican personas y se evalúa su avance en cuanto a los objetivos de aprendizaje, tanto individual como organizacional, se registra el progreso de aprendizaje y se recopilan datos para mejorar el proceso de aprendizaje [85].

Un EVA facilita a los profesores la gestión de cursos virtuales, especialmente ayudándolos en la administración y el desarrollo del curso [86]. Los componentes de estos sistemas incluyen generalmente las plantillas para la elaboración de contenidos, foros, charlas, cuestionarios y ejercicios tipo múltiple-opción, verdadero/falso y respuestas de una palabra. Los profesores completan estas plantillas y después las publican para ser utilizados por los estudiantes. Los servicios proporcionados generalmente incluyen control de acceso, elaboración de contenido educativo y herramientas de comunicación.

En la Tabla 2.2 se muestra la evolución que ha tenido el software educativo en la que se ilustra el cambio conceptual, el uso pedagógico y el papel de los actores involucrados en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

Tabla 2.2: Evolución del software educativo

| Periodo de tiempo | Etapas | Concepto | Uso pedagógico | Papel de los actores |
|-------------------|-------------------|--|---|--|
| 2005 - actualidad | Software social | Entornos virtuales de aprendizaje | Desarrollo de programas colaborativos, comunidades y redes virtuales de aprendizaje | Docente: Diseña, es un par académico. Estudiante: Construye socialmente conocimiento |
| 2000 – 2004 | <i>e-learning</i> | Cursos en aulas, laboratorios virtuales y simuladores | Diseño y desarrollo de cursos completos en red | Docente: Diseña y realiza el rol de tutor. Estudiante: Procesa información y se comunica. |
| 1990 – 2000 | <i>Internet</i> | Programas que utilizan la red y herramientas de comunicación | Búsqueda de información y uso de herramientas de comunicación | Docente: Orienta en el uso de la red. Estudiante: Procesa información. |
| 1980 - 1990 | Multimedia | Programas que buscan reforzar, complementar o servir de material pedagógico | Presentación de información hipertextual para desarrollar procesos | Docente: Realiza o utiliza el material didáctico existente. Estudiante: Explora |
| 1975 – 1980 | Programas | Programas de propósito general y específicos, utilizados para apoyar los procesos educativos | Utilización de programas generales | Docente: Enseña el programa Estudiante: Realiza tareas |

Los EVA encuentran su aplicación en las enseñanzas no presenciales o a distancia, en las que cada alumno desarrolla su aprendizaje desde lugares y momentos adaptados a sus necesidades. Los cursos implantados en los EVA siguen alguna de las teorías del aprendizaje que se han aplicado al CSCL.

2.4 Teorías del aprendizaje aplicadas en el Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

Las teorías del aprendizaje son descripciones acerca de cómo las personas adquieren habilidades o conocimientos, describen una variedad de modelos de instrucción (diferentes maneras de facilitar el aprendizaje y desarrollo humano) y ofrecen guías de cuándo usar (o no) dichos métodos [5, 17, 87, 88, 89]. Los modelos tienen el objetivo de proveer un enlace entre la teoría del aprendizaje (cómo los humanos aprenden) y la práctica para la construcción del sistema de instrucción (cómo arreglar los recursos y procedimientos para promover el aprendizaje).

Se han descrito diversas teorías sobre el aprendizaje y la instrucción [3, 90, 91]. Sin embargo, la mayoría de los autores toman como los enfoques principales el conductivismo y el cognitismo (ver Figura 2.4).

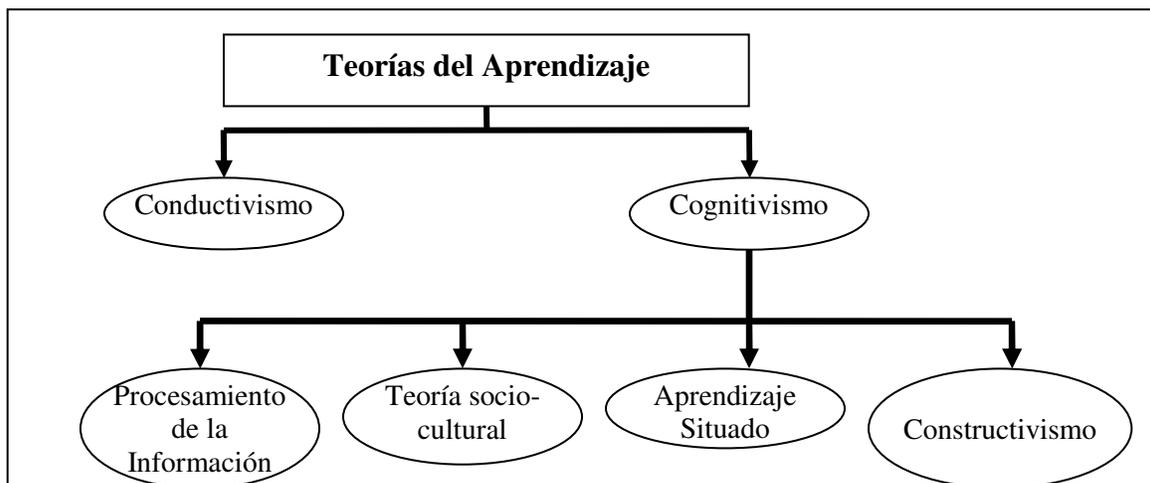


Figura 2.4: Clasificación de las Teorías del Aprendizaje

El CSCL se sustenta de éstas dos fuentes teóricas: conductista y cognitiva. En la actualidad las teorías del enfoque cognitivo como son el constructivismo social, la teoría socio-cultural, el enfoque situado y otras teorías derivadas o relacionadas [23, 65] son las que predominan. Estas teorías se basan en diferentes concepciones sobre qué es el aprendizaje, sobre qué aspectos del mismo es importante estudiar y sobre cómo llevar a cabo su estudio. A continuación se dan elementos de cada una de ellas.

2.4.1 Enfoque conductista

La teoría conductivista está relacionada con el estudio de los estímulos y las respuestas correspondientes. Esta teoría considera al aprendiz como una caja negra, evitando explícitamente estudiar los procesos cognitivos internos del individuo. Los conductivistas describen el aprendizaje en función de los cambios observables en la conducta del individuo. El proceso fundamental es la imitación, i.e., la repetición de un proceso observado.

El enfoque conductista tuvo sus orígenes en las primeras décadas del siglo XX. Fue J.B. Watson¹, su fundador, quien expuso su programa y concepción a partir del texto “La psicología desde el punto de vista del conductismo”, en 1913 [92]. Watson postuló que la psicología debía ocuparse únicamente del comportamiento externo del individuo, evitando inferencias sobre la cognición y otros conceptos difíciles de medir objetivamente. Aprender es igual a adquirir nuevos conocimientos, y enseñar consiste en indicar al alumno la serie de pasos que debe seguir para llegar a ese nuevo comportamiento por medio de esfuerzos y castigos.

En este modelo, el aprendizaje consiste en asimilar la realidad, replicando su contenido y estructura en la mente de quien aprende. De ahí que se considere el aprendizaje como resultado del método expositivo del profesor y de la actitud receptiva del estudiante. Se proponen recetas (procedimientos) acerca de la correlación entre las condiciones del aprendizaje y el resultado del aprendizaje. Considera que el conocimiento está fuera del individuo y sólo hay que entrenarlo, i.e., hacer una réplica del mismo.

De acuerdo con este enfoque, la participación del alumno en los procesos de enseñanza – aprendizaje está condicionado por las características prefijadas del programa por donde tiene que transitar para aprender. El alumno es un sujeto cuyo desempeño y aprendizaje escolar pueden ser arreglados desde el exterior (la situación instruccional, los métodos, los

1 John Broadus Watson, (Greenville, 9 de enero de 1878, New York, 25 de septiembre de 1958), Psicólogo estadounidense que inauguró la escuela psicológica del conductismo.

contenidos). En esta perspectiva el trabajo de los maestros consiste en diseñar una adecuada serie de arreglos de reforzamiento para enseñar.

Las teorías conductivistas están reflejadas en un subconjunto de aplicaciones informáticas, que se conocen como sistemas CAL (*Computer Assisted Learning*) [23], como los programas de ejercicios repetitivos, en algunos cursos a distancia y en línea distribuidos a través de la *Web*.

Actualmente, esta teoría no goza de buena crítica porque considera que el alumno es pasivo, utiliza con rigidez excesiva la secuencia de contenidos que impiden el tratamiento de respuestas no previstas, entre otros aspectos y que se le asocia al mantenimiento de los métodos tradicionales de enseñanza, entendida como un aprendizaje basado en la transmisión del conocimiento y centrado en el profesor [93].

La principal limitación del conductivismo es la consideración de la mente como caja negra, con la que es imposible explicar los procesos internos que llevan al aprendizaje. Por ello, no es capaz de explicar ciertos tipos de comportamientos, como la adquisición del lenguaje o las motivaciones intrínsecas del aprendizaje. Precisamente el enfoque cognitivo surge como respuesta a estas limitaciones.

2.4.2 Enfoques cognitivos

La corriente cognoscitiva pone énfasis en explicar el comportamiento humano, en términos de sus variables cognitivas internas, en el estudio de los procesos internos que conducen al aprendizaje. Se interesa en los fenómenos y procesos que ocurren en el individuo cuando aprende: cómo ingresa la información al aprender, cómo se transforma en el individuo y cómo la información se encuentra lista para hacerse manifiesta. Asimismo, considera al aprendizaje como un proceso en el cual cambian las estructuras cognoscitivas (organización de esquemas, conocimientos y experiencias que posee el individuo).

El enfoque cognitivo es una corriente general, dentro de la que se han propuesto distintas teorías: Teoría del procesamiento de la información, Constructivismo, Teoría sociocultural

y Teoría del conocimiento situado, las cuales se destacan por ser las más importantes, de acuerdo con las clasificaciones propuestas por M. Driscoll [90], T. Koschmann [23] y P. Dillenbourg [62].

- **Teoría del procesamiento de la información**

Este paradigma se basa en la suposición de que la cognición se asemeja a un proceso computacional que puede ser estudiado a través de la construcción de sistemas “inteligentes”. Estos sistemas sirven como modelos funcionales de procesos de la mente humana. Es la base de lo que T. Koschmann [23] denomina paradigma del Sistema Tutor Inteligente (STI). Desde este enfoque, el aprendizaje es un proceso parecido a una computadora: la información es la entrada del proceso, procesada y guardada en la memoria, y la salida adquiere la forma de alguna capacidad aprendida.

El trabajo sobre STI ha ido evolucionando con la aparición de otras ideas sobre el aprendizaje y la enseñanza, de forma que algunos de sus objetivos iniciales (como el de emular la cognición humana y conseguir máquinas capaces de controlar paso a paso el aprendizaje del alumno) se han abandonado. Por otro lado, algunos de sus principales rasgos, como es el de la personalización de la enseñanza, siguen siendo valorados en la investigación referente a la tecnología educativa.

- **La teoría sociocultural** (*Sociocultural Theory*)

Esta teoría surge a partir de los trabajos de L. Vygotsky² [94], quien fue el primero en señalar la importancia de estudiar la interacción en sí misma. En esta teoría, la cognición individual es el resultado de hacer propias las interacciones sociales producidas fundamentalmente a través del discurso. El proceso social en el aprendizaje puede verse en dos fases: en la fase inicial de solución del problema, los estudiantes se animan, se apoyan y se guían mutuamente con observaciones. En la segunda fase, el estudiante obtiene sus propias conclusiones en base a la evidencia experimental.

2 Leo Semiónovich Vygotsky (12 de noviembre de 1896 – 11 de junio de 1934), psicólogo bielorruso, uno de lo más destacados teóricos de la psicología del desarrollo.

Esta teoría basa su fundamento en que la inteligencia humana tiene su origen en la sociedad o cultura, y parte del hecho que el aprendizaje es por naturaleza un fenómeno social. Esta teoría establece que la adquisición de nuevos conocimientos es el resultado de la interacción entre los individuos que participan en un diálogo y que el aprendizaje es un proceso dialéctico en el que un individuo contrasta y confronta su punto de vista personal con el del otro individuo hasta llegar a un acuerdo. En el transcurso de este proceso y como resultado de ella se produce la incorporación del nuevo material cognitivo. Los individuos adquieren conocimiento primero a través de relaciones interpersonales (interacción con el entorno social) y después lo interiorizan.

- **Aprendizaje situado** (*'Situating Cognition'*)

Se denominan así a una serie de enfoques de investigaciones de diversos orígenes, entre los que se incluyen el "aprendizaje situado" o "cognición situada", cuyo denominador común es la consideración del contexto (social y material) de la actividad humana como una parte integrante e inseparable de la misma [95].

Esta teoría basa su fundamento en que el conocimiento está situado. De acuerdo con esta teoría, el conocimiento es producto de la relación activa entre la actividad desarrollada, así como del contexto y cultura donde se usa. El aprendizaje sólo se desarrollará si está embebido en el entorno físico y social donde se utiliza.

El término aprendizaje situado se ha aplicado y procede de la evolución de varias disciplinas. Esta variedad de procedencias ha dado lugar a dos visiones del aprendizaje situado: la primera, procedente de la psicología cognitiva y la inteligencia artificial, que estudia cómo las situaciones de aprendizaje se relacionan con la cognición individual [96]. La segunda, tiene sus raíces en la antropología y la etnografía, se orienta al estudio de la construcción de la cultura y la participación social. Para esta segunda corriente, no sólo el aprendizaje es situado, sino que la propia identidad de las personas participantes se construye a partir de sus interacciones con el entorno. El aprendizaje desde esta perspectiva se concibe como procesos de introducción en una comunidad de práctica.

- **Constructivismo** (*‘Constructivism Theory’*)

Esta teoría plantea que el conocimiento no es un objeto fijo, sino que es un proceso activo, que es construido por el individuo a través de la interacción con el objeto y que está evolucionando constantemente. El conocimiento lo construyen los individuos a partir de sus experiencias sobre los objetos. La teoría constructivista sustenta que el estudiante debe asumir la responsabilidad de su aprendizaje: selecciona y transforma información, construye hipótesis y toma decisiones.

Estos conceptos surgen a partir de las teorías de J. Piaget³ [97] y están en la raíz de toda una familia de teorías que se suelen incluir dentro del enfoque del constructivismo. El conocimiento consiste en una construcción individual que emana de la interacción del sujeto con el medio físico [98]. El mecanismo que da lugar al aprendizaje es el conflicto cognitivo, que se produce al poner al aprendiz en situaciones donde dicho conflicto tiene lugar.

El concepto de conflicto socio-cognitivo es introducido por algunos seguidores de Piaget, conocidos como “neo-piagetianos” (p.e. Mugny, Doise y Perret-Clermont). Su enfoque es conocido como socio-constructivismo. Estos autores observan cómo el desarrollo cognitivo se ve influido también por las interrelaciones sociales con otros individuos. Estudiaron los efectos del trabajo en grupo y vieron que no siempre los resultados eran los mismos, lo que les condujo a buscar los mecanismos de interacción que sí producían progreso.

El constructivismo ha buscado en la computadora una herramienta para promover la construcción de conocimiento [99]. Son muy típicos de este enfoque los entornos abiertos de aprendizaje, con diversas posibilidades de acceso a la información, realización de simulaciones y comunicación con otras personas.

3 Jean William Fritz Piaget, (Neuchâtel, Suiza, 9 de agosto de 1896 – Ginebra, 16 de septiembre de 1980), psicólogo experimental, filósofo, biólogo, creador de la epistemología genética y famoso por sus aportes en el campo de la psicología evolutiva, sus estudios sobre la infancia y su teoría del desarrollo cognitivo.

2.4.3 Comparación de las teorías revisadas

Los enfoques: constructivista, la teoría socio-cultural y el aprendizaje situado han propugnado de una u otra manera el aprendizaje colaborativo como estrategia pedagógica. La Tabla 2.3 muestra un resumen de las teorías que se han analizado atendiendo a cuatro dimensiones: visión sobre el aprendizaje, escenario de investigación, metáfora y variable estudiada [100].

Visión sobre el aprendizaje: en esta dimensión, se distingue entre el enfoque conductista y el constructivista. El primero se basa en la concepción racionalista del conocimiento, al cual ve como algo objetivo y por tanto, independiente del contexto, que se puede transmitir de unas personas a otras. Por su parte, el constructivismo concibe al conocimiento como algo que el aprendiz construye de forma activa, partiendo de su conocimiento previo y como fruto de su interacción con el entorno.

Escenarios de investigación: esta dimensión corresponde al tipo de escenario utilizado para la investigación. Hasta la década de 1970, los métodos experimentales, basados en la medición de resultados cuantitativos dominaron la investigación. Fue a partir del desarrollo de las teorías socioculturales cuando el estudio del aprendizaje ha ido evolucionando para comprender la actividad de los sujetos en su contexto histórico y social real. La consecuencia de esta influencia es que los resultados obtenidos en escenarios experimentales serán diferentes a los que se obtengan en escenarios reales, pues se desarrollan en distintas condiciones y por tanto es recomendable trasladar la investigación del laboratorio a la clase real para que las conclusiones obtenidas sean significativas.

Variable estudiada: esta característica resume el objetivo o variable de investigación de cada enfoque. Se observa que el enfoque conductivista se centra en el estudio de la conducta humana, reflejado en la respuesta a determinados estímulos. Como reflejo del interés por las variables internas, los enfoques cognitivos giran hacia el estudio de la influencia de la mente humana. Así, la teoría del procesamiento de información busca el

estudio de los mecanismos internos de la cognición humana, aislada del entorno. Los entornos cognitivos de orientación constructivista siguen orientados al aprendizaje individual, pero van abriendo su foco de estudio hacia las relaciones de éste con su entorno físico y/o social. Este objetivo es compartido por los investigadores que proponen el aprendizaje situado con un enfoque cognitivo. Finalmente, el enfoque situado con una perspectiva social se orienta al estudio de la acción humana reflejada en su participación en determinado contexto.

Tabla 2.3: Resumen de las teorías educativas

| Teoría | Visión del aprendizaje | Escenario | Variable estudiada |
|---|------------------------|---------------------|--|
| Conductivismo | Instructivo | Experimental | Respuesta a estímulos |
| Procesamiento de la información | Instructivo | Experimental | Cognición humana |
| Constructivismo | Constructivismo | Experimental | Influencia de la interacción en aprendizaje individual |
| Sociocultural | Constructivismo | Experimental / Real | Influencia de la interacción en aprendizaje individual |
| Aprendizaje situado (enfoque psicológico) | Constructivismo | Real | Influencia de la interacción en aprendizaje individual |
| Aprendizaje situado (enfoque antropológico) | Constructivismo | Real | Participación en comunidad |

En la práctica actual, la mayoría de los psicólogos, educadores y diseñadores de materiales educativos prefieren combinar principios de diversas teorías. El empleo de cada una de las teorías en la enseñanza conlleva diferentes implicaciones [ogalde2008], las cuales se exponen a continuación:

Cuando se usa el enfoque conductivista, los objetivos del aprendizaje se deben mostrar de manera clara y explícita al inicio de la actividad educativa. Los objetivos del aprendizaje deben ser conductas observables y estar expresados mediante verbos, al final de la sección es conveniente indicar “ahora usted sabe...” o “ahora usted es capaz de...”, los cambios de sección sólo deben permitirse si se cumplieron los objetivos.

Por el contrario, cuando se utiliza el enfoque constructivista se deben incluir actividades que favorezcan el aprendizaje por descubrimiento y que sean relevantes para el alumno, debe permitir autonomía, reflexión y toma de decisiones del estudiante, debe incrementar el uso de simuladores, entornos virtuales de aprendizaje y favorecer la exploración libre.

2.5 Beneficios y limitaciones del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

En el modelo tradicional de enseñanza, el presencial, el profesor juega el papel central, mientras el estudiante es el receptor, la mayoría de las veces pasivo. Por otra parte, en la educación basada en la *Web*, predomina el modelo constructivista. En este caso, el profesor actúa como moderador, principalmente responsable para facilitar el aprendizaje. Las TIC disponibles actualmente permiten la integración del conjunto de sistemas y medios disponibles. Esta integración incrementa sustancialmente las posibilidades de los EVA desde el punto de vista educativo.

El Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora (CSCL) [102, 103, 104, 105] ofrece la infraestructura computacional y de colaboración para facilitar el aprendizaje en grupo. Los sistemas CSCL procuran la comunicación, brindan nuevas formas de compartir conocimiento o desarrollarlos. La versatilidad, la flexibilidad y la comodidad que pueden ofrecer las TIC como plataformas de formación resultan muy atractivas y son fuente de investigación para el desarrollo de herramientas de enseñanza – aprendizaje en la actualidad.

La implementación de herramientas CSCL trae consigo varios beneficios [106, 107, 108], entre ellos se pueden citar:

- a) Promover la cooperación;
- b) Promover la interacción y familiaridad entre profesores y estudiantes;
- c) Facilitar el desarrollo de capacidades para:
 - ✓ Razonar
 - ✓ Explicar y comunicar ideas
 - ✓ Argumentar y justificar
 - ✓ Interactuar con otros para llegar a una solución común

La dificultad en el desarrollo de sistemas CSCL es la gran variedad de configuraciones posibles y las muchas variables involucradas: número de participantes esperado en la colaboración (una pareja, grupo pequeño de tres a cinco personas, clase de veinte a cuarenta personas, comunidades grandes de número indeterminado), el tipo de tarea colaborativa a realizar (resolución de problema, discusión de problemas, formación de grupos), tipos de comunicación, entre otros aspectos.

2.6 Resumen del capítulo

En este capítulo se han presentado los elementos básicos que sustentan el área del CSCL.

Los elementos más importantes presentados son:

- ⇒ La evolución de las teorías sobre el aprendizaje muestra una tendencia clara hacia la adopción del enfoque cognitivo, caracterizado por la necesidad de considerar el estudio de procesos de aprendizaje en entornos reales y el contexto social y cultural en que dichos procesos se producen.
- ⇒ Los EVA son aplicaciones CSCL que facilitan el proceso de enseñanza – aprendizaje, y es una prioridad en la actualidad el diseño de modelos de aprendizaje que integren los aspectos colaborativos y constructivistas en los EVA.
- ⇒ El paradigma constructivista ha conducido a entender cómo el aprendizaje se puede facilitar a través de actividades constructivistas. Este enfoque del aprendizaje enfatiza en el significado y la producción dentro de una activa participación del

individuo. Además hace hincapié en proyectos desafiantes que puedan incluir estudiantes, profesores y expertos en la comunidad de aprendizaje. Su meta es crear comunidades de aprendizaje que se relacionan más de cerca con la práctica colaborativa del mundo real.

⇒ Desde la mirada constructivista, el CSCL ve al estudiante como agente activo, constructor de su propio proceso de aprendizaje, que posee y genera conocimiento.

Por la relevancia en el trabajo, en el capítulo 3 son abordados los temas referentes a la Teoría Constructivista y a las estrategias de aprendizaje por descubrimiento e indagación.

Capítulo 3

Teoría Constructivista

El constructivismo es un amplio marco conceptual sobre la naturaleza del aprendizaje humano que afirma que el conocimiento es un proceso mental del individuo que se desarrolla de manera interna conforme el individuo obtiene información e interactúa con su entorno. Los principios básicos de la Teoría Constructivista hacen énfasis en que el aprendizaje mejora cuando se realiza como una actividad constructiva y social. El aprendiz es considerado como un participante activo en el proceso de aprendizaje. El aprendizaje es un cambio del estado del conocimiento y está enfocado en cómo el estudiante recuerda, recupera y ordena la información.

A lo largo de la historia del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras (CSCL) se han desarrollado varios ambientes de aprendizaje que implementan la Teoría Constructivista como paradigma de enseñanza. Son múltiples las aplicaciones que siguen este enfoque y que implementan diversos modelos constructivistas en el proceso educacional, e.g., CSILE, EDUCO y eSTEP entre otros.

En este capítulo se presentan los elementos más importantes de la Teoría Constructivista y cómo ha sido utilizada dentro del dominio del CSCL. Inicialmente se describen los fundamentos de la Teoría Constructivista, sus enfoques y los diferentes modelos que se han implementado en el proceso educacional. Además se describen los principios del diseño de ambientes constructivistas de aprendizaje, y finalmente se analizan las aplicaciones desarrolladas en esta área.

3.1 Fundamentos de la Teoría Constructivista

El constructivismo es la teoría que sostiene que el individuo no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino de una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado entre los aspectos cognitivos, sociales y afectivos del comportamiento. En consecuencia, de acuerdo a la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano. Esta construcción se realiza con los esquemas que la persona ya posee (conocimiento previo), i.e., con lo que ya construyó en su relación con el mundo que lo rodea.

La formalización de la teoría constructivista se atribuye a Jean Piaget, quien articuló los mecanismos por los cuales el conocimiento es interiorizado por los aprendices [97, 109]. Piaget sugirió que a través de procesos de acomodación y de asimilación, los individuos construyen nuevo conocimiento de sus experiencias. La asimilación ocurre cuando las experiencias de los individuos se alinean con su representación interna del mundo. Asimilan la nueva experiencia en un marco ya existente. La acomodación es el proceso de reestructurar su representación mental del mundo externo para equiparse de las nuevas experiencias.

Según Piaget, el conocimiento consiste en una construcción individual que emana de la interacción del sujeto con su medio físico. El mecanismo que da lugar al aprendizaje es el conflicto cognitivo, que se produce al poner al aprendiz en situaciones donde dicho conflicto tiene lugar.

Otro exponente de la Teoría Constructivista fue J. Bruner⁴. Un aspecto importante en el marco teórico de Bruner [98] es que el aprendizaje es un proceso activo en el cual los aprendices construyen nuevas ideas o conceptos basados en su conocimiento actual y pasado. El estudiante selecciona y transforma la información, construye hipótesis y toma decisiones para construir el conocimiento. El aprendizaje se forma construyendo nuestros propios conocimientos desde nuestras propias experiencias.

El constructivismo social en educación y teoría del aprendizaje es una teoría de la forma en que el ser humano aprende a la luz de la situación social de la comunidad de quien aprende. El constructivismo social, propuesto por Vygotsky [94], expone que el ambiente de aprendizaje más óptimo es aquel donde existe una interacción dinámica entre los instructores (profesores), los alumnos y las actividades que proveen oportunidades para los alumnos de crear su propia verdad, gracias a la interacción con otros. Por tanto, esta teoría enfatiza la importancia de la cultura y del contexto para el entendimiento de lo que está sucediendo en la sociedad y para la construcción de conocimientos basados en este entendimiento.

El constructivismo considera al conocimiento como una interpretación personal, construida activa e individualmente en base a su experiencia, más que transferido desde una tercera parte. El enfoque constructivista es de contexto específico. En otras palabras, el aprendiz necesita desarrollar competencias individuales, pero en un contexto de participación con grupos y comunidades [17].

Los beneficios de este proceso social de construcción del conocimiento son:

- los estudiantes pueden trabajar para clarificar, ordenar sus ideas y también pueden contar sus conclusiones a otros estudiantes.
- los estudiantes pueden colaborar para construir el conocimiento.

4 Jerome Seymour Bruner (New York, 1 de octubre de 1915) Psicólogo estadounidense. Fundó el Centro de Estudios Cognitivos de la Universidad de Harvard y aunque no es el inventor, fue quien impulsó la psicología cognitiva. Premio Balzan en 1987 por sus contribuciones al entendimiento de la mente humana.

La teoría constructivista se puede implantar mediante diferentes estrategias, las cuales se detallan a continuación.

3.2 Estrategias de aprendizaje mediante la solución de problemas

La resolución de problemas permite que los estudiantes aprendan a: formular buenas preguntas, identificar y reunir evidencias apropiadas, presentar resultados sistemáticamente, analizar e interpretar resultados y formular conclusiones [110]. Esta afirmación puede ser hecha para el Aprendizaje Basado en Problemas, el Aprendizaje por Descubrimiento y el Aprendizaje por Indagación. A continuación se describen las características de estos métodos de aprendizaje.

3.2.1 Aprendizaje Basado en Problemas

El Aprendizaje Basado en Problema (ABP - *Problem-Based Learning*) es un modelo de aprendizaje contextualizado y centrado en el estudiante [18, 20, 21, 111, 112]. El aprendizaje comienza con un problema que se debe resolver, en vez de contenidos que deben dominarse. El ABP es consecuente con el modelo de enseñanza – aprendizaje que sugiere que el énfasis de la instrucción necesita cambiar de la enseñanza como transmisión de conocimiento a un aprendizaje menos dependiente del profesor.

El ABP, en su nivel fundamental, es un método educacional caracterizado por el uso de los problemas del "mundo real" como contexto para que los estudiantes aprendan habilidades al solucionar el problema, y adquiere el conocimiento de los conceptos esenciales del curso. El modelo ABP enfatiza la importancia de crear un foco de interés que permita al estudiante identificar y definir problemas, así como poner atención en su propia percepción y comprensión de ese problema.

El ABP fue desarrollado originalmente para ayudar a estudiantes de medicina [113] en el aprendizaje de las ciencias biomédicas básicas e incluye entre sus metas: (1) desarrollo de una comprensión científica a través de casos del mundo real, (2) desarrollo de estrategias de razonamiento, y (3) desarrollo de estrategias dirigidas al auto-aprendizaje.

El camino que toma el proceso de aprendizaje convencional se invierte al trabajar en el modelo de ABP (ver Figura 3.1). Mientras que tradicionalmente primero se expone la información y posteriormente se busca su aplicación en la resolución de un problema, en el caso del ABP primero se presenta el problema, se identifican las necesidades de aprendizaje, se busca la información necesaria y finalmente se resuelve el problema o se presentan nuevos problemas a resolver.

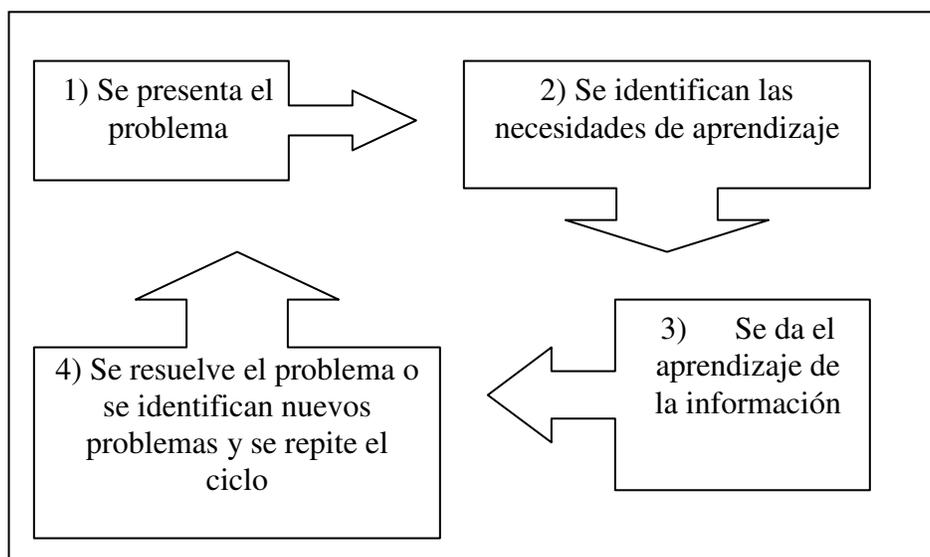


Figura 3.1: Pasos del proceso de aprendizaje en el modelo ABP

Uno de los precursores de la enseñanza basada en situaciones problémicas fue George Polya⁵ [114], quien sintetiza su visión acerca de cómo actuar al resolver problemas en cuatro etapas fundamentales que orientan el itinerario de la búsqueda y exploración de las alternativas, las cuales son:

1. Comprender el problema: el alumno tiene que entender el problema. Es típico de esta etapa plantearse los siguientes cuestionamientos: ¿Cuál es la pregunta o problema?, ¿Cuáles son sus datos?, ¿Cuáles son las condiciones?, ¿Es posible satisfacer las condiciones?, ¿Hay contradicciones?

5 George Polya (Budapest, Hungría, 13 de diciembre de 1887 – Palo Alto, EUA, 7 de septiembre de 1985), invirtió un esfuerzo considerable en intentar caracterizar los métodos generales que usan las personas para resolver problemas y para describir cómo debería enseñarse y aprender la manera de resolver problemas.

2. Crear un plan: el estudiante debe encontrar las conexiones entre los datos y la incógnita o lo desconocido. Debe encontrar un plan para determinar la solución.
3. Ponerlo en práctica: consiste en ejecutar lo planificado. Implementar la(s) estrategias hasta solucionar completamente el problema o hasta que la misma acción le sugiera tomar un nuevo rumbo.
4. Examinar la solución obtenida: en esta etapa se debe comprobar la respuesta obtenida.

El ABP se sustenta en diferentes corrientes teóricas sobre el aprendizaje humano, tiene particular presencia la teoría constructivista. De acuerdo con esta postura, en el ABP se siguen tres principios básicos [115]:

- El entendimiento con respecto a una situación de la realidad surge de las interacciones con el medio ambiente.
- El conflicto cognitivo al enfrentar cada nueva situación o problema estimula el aprendizaje.
- El conocimiento se desarrolla mediante el reconocimiento y la aceptación de los procesos sociales y de la evaluación de las diferentes interpretaciones individuales del mismo fenómeno.

El ABP incluye el desarrollo del pensamiento crítico en el mismo proceso de enseñanza – aprendizaje, no lo incorpora como algo adicional sino que es parte del mismo proceso de interacción para aprender. El ABP busca que el alumno comprenda y profundice adecuadamente como respuesta a los problemas que se usan para aprender. La estructura y el proceso de solución al problema están siempre abiertos, lo cual motiva a un aprendizaje consciente y al trabajo de grupo sistemático en una experiencia colaborativa de aprendizaje.

Dentro de la experiencia del ABP, los alumnos van integrando una metodología propia para la adquisición de conocimientos y aprenden sobre su propio proceso de aprendizaje. Los

conocimientos son introducidos en directa relación con el problema y no de manera aislada o fragmentada. En el ABP los alumnos pueden observar su avance en el desarrollo de conocimientos y habilidades, tomando conciencia de su propio desarrollo.

Las características del ABP son:

- Es un método de trabajo activo, donde los alumnos participan constantemente en la adquisición de su conocimiento.
- El método se orienta a la solución de problemas que son seleccionados o diseñados para lograr el aprendizaje de ciertos objetivos de conocimiento.
- El aprendizaje se centra en el alumno, no en el profesor, ni en los contenidos.
- Es un método que estimula el trabajo colaborativo en diferentes disciplinas.
- El maestro se convierte en un tutor del aprendizaje. Al trabajar con el ABP la actividad gira en torno a la discusión de un problema y el aprendizaje surge de la experiencia de trabajar sobre ese problema.
- Es un método que estimula el auto-aprendizaje y permite la práctica del estudiante al enfrentarlo a situaciones reales y a identificar sus deficiencias de conocimiento.

A pesar de que el ABP es un enfoque eficiente para el aprendizaje, se ha sugerido que el ABP es menos efectivo que las estrategias basadas en el análisis de casos de estudio para estudiantes menos experimentados o con un nivel de educación menor [116], ya que se requiere de experiencia para encontrar las soluciones análogas y enfrentar la solución del problema. Además, los enunciados de los problemas frecuentemente proporcionan información incompleta, ambigua o contradictoria [21, 117, 118], lo cual dificulta el proceso de solución.

3.2.2 Aprendizaje por Descubrimiento

El aprendizaje por descubrimiento encuentra sus raíces en la psicología de Gestal y en el trabajo de Bruner [119] cuyo campo de estudio se ha movido al aprendizaje científico por descubrimiento [120].

Las teorías del aprendizaje por descubrimiento están basadas en las teorías del descubrimiento científico. Hay dos grupos de teorías, el primer grupo de teorías en el aprendizaje por descubrimiento se sustenta en los trabajos de R.H. Rivers y E. Vockell [121]. Rivers y Vockell describen el aprendizaje como un ciclo conformado por las siguientes etapas: 1) planificar, en la cual se hace el diseño del experimento; 2) ejecutar, en la cual se lleva a cabo el experimento y la colección de datos; y 3) Evaluar, donde se procede al análisis de los datos.

Y. Friedler *et al.* [122] plantean que el razonamiento científico comprende la habilidad para: a) definir un problema científico, b) establecer la hipótesis, c) diseñar experimentos, d) observar, coleccionar, analizar e interpretar datos, e) aplicar los resultados, y f) hacer predicciones.

T. de Jong y M. Njoo [123] precisaron la distinción entre los procesos transformativos y regulativos dentro del aprendizaje. Los procesos transformativos son aquellos mediante los cuales se obtiene directamente conocimiento, y los procesos regulativos son aquellos necesarios para gestionar el descubrimiento.

Un segundo grupo de teorías en el aprendizaje por descubrimiento encuentran su inspiración en los trabajos de H.A. Simon y G. Lea [124], D. Kulkarni y H.A. Simon [125], así como en los de Y. Qin y H.A. Simon [126]. La contribución más significativa en este campo es la teoría de D. Klahr y K. Dunbar [127] (SDDS – *Scientific Discovery and Dual Search*), la cual se basa en asignar dos espacios: 1) el espacio de hipótesis, donde se realiza la búsqueda de todas las posibles reglas que describen el fenómeno y pueden ser observados en el dominio, y 2) el espacio de experimentación, consistente en los experimentos que deben realizarse y los resultados de éstos experimentos.

El foco de la teoría SDDS es el desarrollo del espacio de hipótesis, para la cual los autores [127] proponen dos alternativas:

- selección dentro de una lista de opciones, y
- menú con variables, verbos y conectores.

El aprendizaje por descubrimiento incluye: la generación de hipótesis, el diseño del experimento y la interpretación de resultados.

3.2.3 Aprendizaje por Indagación

La indagación es un estado caracterizado por la investigación y la curiosidad. Indagar se define como la búsqueda de la verdad, de la información o del conocimiento. El postulado: “*dímelo y se me olvidará, muéstrame y lo recordaré, involúcrame y lo entenderé*” es la esencia del aprendizaje por indagación [128]. El aprendizaje por indagación (*Inquiry Learning*) comienza cuando se presentan a los estudiantes cuestiones a ser respondidas, problemas a ser resueltos, o un conjunto de observaciones a ser explicadas [129, 130], con el objeto de proveer contexto para el aprendizaje [131].

POGIL⁶ es una metodología utilizada para la enseñanza de la química. Mediante esta metodología, los estudiantes trabajan en pequeños grupos en una clase o laboratorio sobre módulos instruccionales, presentados con información o datos, seguidos por preguntas orientadoras y diseñadas para guiar a los estudiantes en la formulación de sus propias conclusiones. El profesor o docente sirve como “facilitador”, trabajando con los grupos de estudiantes cuando necesitan ayuda.

3.3 Diseño de entornos de aprendizaje constructivistas

El constructivismo ha buscado en la computadora una herramienta para promover la construcción de conocimiento [132, 133]. Son muy típicos de este enfoque los entornos abiertos de aprendizaje, con diversas posibilidades de acceso a la información, realización de simulaciones y comunicación con otros compañeros.

Un ambiente de aprendizaje constructivista es un lugar en donde los participantes manejan recursos de información, materiales impresos y visuales, así como diversas herramientas de comunicación que permiten la construcción de soluciones significativas a diversos problemas [134].

⁶ POGIL: *Process-Oriented-Guided-Inquiry-Learning*. Consultado en <http://www.pogil.org/>

Actualmente los ambientes de aprendizaje tienden a incorporar tecnologías que realmente favorezcan a la formación, con el objetivo de mejorar su calidad, hacer más accesible la información, ampliar la cobertura y permitir espacios atemporales.

Los ambientes de aprendizaje deben utilizar la tecnología para mantener a los estudiantes en un proceso de aprendizaje activo, constructivo, colaborativo, intencional, contextual, conversacional y reflexivo. El desarrollo de ambientes de aprendizaje ha sido amplio, un análisis de los trabajos que han implantando estas características se presenta a continuación.

3.4 Aplicaciones que implementan el constructivismo

Los esfuerzos principales en el área de CSCL desde su surgimiento se han dirigido al desarrollo de entornos de enseñanza – aprendizaje. Sin embargo, actualmente se reportan dos tipos de sistemas donde se utiliza el enfoque constructivista como base de las aplicaciones CSCL, estos son: (1) aplicaciones autónomas o aplicaciones *Web*, que basan su funcionamiento en el uso de *Internet* y la *WWW* y (2) sistemas de gestión de aprendizaje (LMS⁷) que posibilitan el desarrollo de cursos y registran, gestionan el desempeño de estudiantes a través de diferentes actividades de aprendizaje.

3.4.1 Aplicaciones de propósito específico que implementan el constructivismo

Las aplicaciones de propósito específico son aquellas que enfatizan o refuerzan una determinada competencia o habilidad y en general están enfocados en un determinado dominio. Estas aplicaciones pueden ser de dos tipos: aplicaciones autónomas o aplicaciones *Web* que basan su funcionamiento en el uso de *Internet* y la *WWW*. La cantidad de aplicaciones desarrolladas es vasta, pero entre las más significativas se pueden destacar las siguientes:

⁷ *Learning Management System* (LMS - por sus siglas en inglés)

- **CSILE**

CSILE (*Computer-Supported Intentional Learning Environment*) es una aplicación paradigmática dentro del área CSCL. CSILE promueve el enfoque constructivista mediante el aprendizaje intencional [135]. Esta aplicación funciona como un ambiente de aprendizaje colaborativo y una base de datos única, que permite el almacenamiento y la recuperación de la información en varias formas, e.g., texto y gráfico. CSILE permite apoyar a los estudiantes en aprender de manera útil, intencional y en forma colaborativa usando una red local [136].

CSILE permite a grupos de estudiantes construir una base de datos colectiva (base de conocimiento) de sus pensamientos, en forma de cuadros (creados por los estudiantes usando un editor de gráficos a color) y de notas. Los estudiantes pueden seleccionar diversos modos de comunicación (texto, vídeo, audio, animación) para generar "nodos". Estos nodos contienen las ideas o la información relevante del asunto bajo estudio. Los nodos están disponibles a otros estudiantes para comentar sobre el tema, conduciendo diálogos, lo que conlleva a una acumulación del conocimiento. Los estudiantes tienen que etiquetar sus nodos para poder almacenarlos y recuperarlos. El sistema notifica a los autores cuando se han hecho los comentarios o cuando han ocurrido los cambios en la base de datos.

- **Statestic**

Statestic (Sistema Telemático de Aprendizaje Tutorial de las Estadísticas) es una herramienta propuesta por M. A. Redondo *et al.* [137] y utiliza las teorías instructivistas y constructivistas. Este sistema de aprendizaje a distancia está basado en la simulación, pero guiado por el propio plan del alumno y con la intervención no intrusiva del sistema para proponer soluciones.

- **Plataformas para cursos en línea**

En este grupo incluiremos algunos de los trabajos desarrollados para implantar cursos en línea y plataformas educativas utilizando *Internet*.

M. Moallem [138] ofrece una visión general del diseño y desarrollo de cursos basado en la *Web*. Lo ejemplifica con el diseño del curso “Diseño instruccional y evaluación de clase”. El constructivismo es usado como un marco de desarrollo de aprendizaje en línea, permitiendo así, más oportunidades para el aprendizaje. De acuerdo a Moallem, cada lección provee a los estudiantes de un problema del mundo real en la forma de un caso. Los estudiantes también construyen sus imágenes del mundo y son animados a visualizar la actividad más allá de los alcances de la clase tradicional.

M. A. Martínez *et al.* [139] proponen una plataforma colaborativa para el aprendizaje de Física. Su trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un entorno educacional que permita la colaboración de los usuarios en el momento de resolver y simular una serie de problemas en el ámbito de la física. Con esta plataforma se permite reorganizar de una manera más formal las observaciones y los trabajos realizados por los alumnos. Se facilita el uso de los experimentos pudiendo planificarlos con diferentes configuraciones para distintos grupos o para establecer diferentes niveles. Hay colaboración como elemento fundamental en la construcción del conocimiento.

H. Zhuge y Y. Li [140] reportan la implementación de herramientas y el prototipo de cursos para el soporte del aprendizaje constructivista. Para este autor, el aprendizaje constructivista es una variante educacional centrada en el estudiante, que lo motiva mediante la habilitación de procesos de aprendizaje interactivo, investigativo y activo.

El sistema propone la incorporación de agentes inteligentes y de una hipermedia interactiva. El curso está centrado en la organización dinámica de los materiales de aprendizaje mediante enlaces.

Descripción semántica es adicionada a los documentos para lograr que el curso sea adaptado a cada estudiante. La aplicación proporciona soporte para el modelado de cursos estructurados sobre *Internet* para compartir y gestionar recursos heterogéneos de forma uniforme. Los materiales de aprendizaje son especificados de forma semi-automática basados en la ontología del curso.

Los autores definen una ontología específica del dominio (ver concepto de ontología en sección 5.2) del curso, que incluye conceptos (identificador de objeto único) y roles (subtipo, secuencial, causa-efecto, referencia, parte de, requisito y restricción) que describen las relaciones entre los objetos. El constructivismo es visto como interacción y diferenciación de los estudiantes. No hay divulgación ni publicación de nuevos conocimientos.

H.P. Yuch y W.J. Lin proponen un ambiente de aprendizaje en línea para asistir el trabajo en grupo [141]. El constructivismo es visto como el trabajo en grupo y la implantación del ABP.

- **EDUCOSM y EDUCO**

J. Kurhila [142] propone alternativas para soportar comunidades de aprendizajes en línea. Los sistemas EDUCOSM y EDUCO han sido utilizados como plataformas para varios cursos y ofrecen herramientas para la construcción del conocimiento mediante anotaciones y comentarios visibles para todos los otros usuarios. Además, incorporan mejoras en la conciencia del grupo (*awareness*) entre los participantes de la comunidad mediante un historial de las actividades realizadas.

El constructivismo es visto aquí como la "construcción del conocimiento". El método utilizado incluye experiencias del modelo intencional, dando la responsabilidad al estudiante de evaluar materiales que no han sido presentados en clases, la proposición de problemas abiertos que requieren un pensamiento crítico y creativo, así como del intercambio de información de forma cooperativa.

- **SOsim**

L. P. Maia *et al.* [143] proponen una herramienta para la enseñanza de Sistemas Operativos (SO), basado en ideas constructivistas, de manera que el aprendizaje de SO se haga más eficiente e interesante. Este sistema utiliza el simulador gráfico SOsim como herramienta soporte del aprendizaje, en la cual son introducidos y explicados tópicos de SO. Además pueden ser realizadas simulaciones de experimentos prácticos.

El constructivismo está presente en la implementación de modelos pedagógicos para mejorar la enseñanza de la materia y está basado en las siguientes directrices: 1) la enseñanza debe ser conducida de forma individualizada y el profesor debe prestar atención a la capacidad de aprendizaje de cada estudiante, 2) la interacción estudiante - profesor debe hacer fuerte énfasis en la búsqueda de preguntas prácticas e interesantes, 3) el grupo debe facilitar el aprendizaje colaborativo, 4) el profesor debe utilizar el simulador del SO conjuntamente con lecturas teóricas y 5) el estudiante debe utilizar el simulador durante la clase y en sus tareas.

- **WebReport**

Y. Mor *et al.* [144] describen el diseño del sistema **WebReport**, el cual soporta el trabajo colaborativo, orientado a encontrar nuevas maneras de representar y expresar conocimientos matemáticos y científicos en comunidades de aprendizaje. Su trabajo está enfocado en dominios tales como las secuencias numéricas, cardinalidad y sistemas ecológicos. **WebLabs** utiliza dos módulos para soportar las actividades de los aprendices: 1) un ambiente de programación (**ToonTalk**) y 2) un sistema de colaboración basado en la *Web* (**WebReport**).

El constructivismo es visto como la construcción de actividades y la utilización de un ambiente de colaboración, que permite facilitar la comunicación independientemente de donde estén los estudiantes.

- **eSTEP**

El sistema **eSTEP** es un ambiente de aprendizaje en línea basado en la resolución de problemas [145], el cual proporciona herramientas para el aprendizaje individual y en grupo. El constructivismo es visto aquí como la aplicación del ABP en el aprendizaje.

3.4.2 Comparación de las aplicaciones presentadas

La Tabla 3.1 muestra una comparación entre las aplicaciones presentadas, precisando cómo se interpreta el constructivismo en estos sistemas y qué elementos relacionados con el

proceso de generación del conocimiento: Descubrimiento (búsqueda de información previa), Desarrollo (generación del conocimiento) y Divulgación (publicación del nuevo conocimiento) incorporan en sus desarrollo.

Tabla 3.1: Resumen comparativo de los trabajos previos

| Aplicación | Constructivismo | Elementos del proceso de generación del conocimiento | | |
|-----------------|--|--|------------|------------------|
| | | Descubri- miento | Desarrollo | Divulga- ción |
| CSILE | Aprendizaje intencional | NO | SI | NO |
| Statestic | Sistema de aprendizaje a distancia que implementa la individualización del estudiante. | NO | SI | NO |
| EDUCOSM y EDUCO | <ul style="list-style-type: none"> - Modelo de enseñanza - Responsabilidad del estudiante - Comunidades de aprendizaje - Anotaciones | NO | SI | NO |
| Curso en red | <ul style="list-style-type: none"> - Interactividad entre el sistema y el estudiante - Enlaces individualizados - Ontología específica | NO | SI | NO |
| SOsim | Trabajo en grupo | NO | SI | NO |
| WebReport | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de actividades - Trabajo en grupo - Trabajo colaborativo | NO | SI | NO |
| eSTEP | Aplicación del modelo ABP en el aprendizaje | NO | SI | NO |

Como puede observarse, ninguno de los sistemas anteriores plantea el problema de la búsqueda y el descubrimiento de conocimiento como elemento integrante del sistema. El sistema más cercano, a nuestra propuesta, sólo incluye anotaciones. Además, son sistemas a la medida en los que hay una forma muy diversa de representar el constructivismo, además hay limitadas interoperabilidad y utilización del contenido generado.

3.4.3 Estado actual de los sistemas de gestión del aprendizaje

La cantidad de sistemas de gestión de aprendizaje (LMS) disponibles [79, 84], tanto los que tienen un costo en cuanto a su licencia, como los que provienen del ámbito de código abierto, continúa incrementándose. Una de las grandes virtudes del LMS es que distribuyen el trabajo y facilitan la implantación de EVA. Aún cuando se requiere de un administrador central del sistema, cada profesor o instructor puede hacerse cargo de sus cursos de manera individual, colocando materiales y actividades, calificando, etcétera. Esta forma de trabajo es óptima porque reproduce las características de la forma en que cada profesor trabaja con su grupo, en un entorno digital.

Las ofertas comerciales de LMS se han caracterizado por la carencia de interoperabilidad entre estos sistemas, ya que por lo general las características deseables de un sistema no siempre son necesarias o utilizadas por los profesores y los estudiantes. Los sistemas LMS de código abierto y distribución gratuita permiten, además de proporcionar las funciones habituales de este tipo de sistemas, ofrecer cierta funcionalidad que permite fácilmente adaptar características deseables en la administración de los cursos a nuestras necesidades.

WebCT⁸ y Blackboard⁹ son los sistemas comerciales LMS más utilizados. Entre los sistemas de libre distribución hay una clara competencia entre varios de ellos: ATutor¹⁰, Claroline¹¹, Dokeos¹² y Moodle¹³. Además, existen una gran cantidad de otros sistemas comerciales y de sistemas desarrollados por instituciones educativas o de investigación (por ejemplo: LRN¹⁴, KEWL¹⁵, COLLIDE¹⁶) que se han caracterizado por la poca flexibilidad para intercambiar materiales entre estos sistemas.

⁸ WebCT: Recuperado de: <http://www.webct.com/>

⁹ Blackboard: Recuperado de: <http://www.blackboard.com/us/index.aspx>

¹⁰ ATutor: *Learning Content Management System*, Recuperado de: <http://www.atutor.ca/>

¹¹ Claroline: *Open Source e-Learning*, Recuperado de: <http://www.claroline.net/>

¹² Dokeos: Recuperado de: <http://www.dokeos.com/>

¹³ Moodle: Recuperado de: <http://moodle.org/>

¹⁴ LRN: *Learn, Research, Network* – MIT, Recuperado de: <http://dotlrn.org/>

¹⁵ KEWL: *Knowledge Environment for Web-based learning*, Recuperado de: <http://kewl.uwc.ac.za/index.php?module=splashscreen>

¹⁶ COLLIDE: *Collaborative Learning in Intelligent Distributed Environments*, Recuperado de: <http://www.collide.info/>

En la Tabla 3.2 se presenta un resumen comparativo de los cuatro LMS de más uso en la actualidad: uno comercial (Blackboard) y tres de distribución gratuita (ATutor, Claroline, Moodle), resaltando si utilizan los Objetos de Aprendizaje como forma de representar el conocimiento y si incluyen mecanismos de búsqueda y publicación de conocimiento. Es aconsejable consultar los cuadros comparativos de este tipo de sistemas que se presentan en el sitio de *Edu Tools*¹⁷.

Tabla 3.2: Resumen comparativo de los LMS

| LMS | Características fundamentales | Incluye mecanismos de publicación de conocimiento | Incluye mecanismos de búsqueda de conocimiento | Maneja Objetos de Aprendizaje |
|------------|--|---|--|-------------------------------|
| Blackboard | Es un sistema de aprendizaje propietario, que incorpora a la <i>Web</i> materiales de cursos, discusiones en grupo, ejercicios y evaluaciones. | SI (*) | NO | NO |
| ATutor | LCMS de código abierto, versión actual 1.5.4. | SI (*) | NO | NO |
| Claroline | Plataforma libre de <i>eLearning</i> y <i>eWorking</i> , versión actual 1.8.6 | SI (*) | NO | SI |
| Moodle | Proyecto en desarrollo, diseñado para dar soporte a un marco de educación social constructivista | SI (*) | NO | SI |

(*) La publicación es limitada, si consideramos que los LMS pueden incorporar materiales de los cursos que hospedan.

De ellos, el LMS de más difusión es Moodle [146]. Éste es un sistema de gestión de cursos basado en *Internet*, diseñado usando principios pedagógicos, que ayuda a educadores a crear eficaces comunidades de aprendizajes en línea. Moodle se distribuye gratuitamente

¹⁷ Edu Tools. Consultado en <http://www.edutools.info/index.jsp>

como software libre bajo la licencia pública GNU, y puede funcionar en cualquier computadora que pueda ejecutar PHP, además soporta varios tipos de bases de datos (en especial MySQL). Entre las características más significativas de Moodle podemos señalar las siguientes:

- Promueve un modelo pedagógico constructivista social (colaboración, actividades, reflexión crítica).
- Apropiado para implementar clases en línea, así como también para complementar el aprendizaje presencial.
- Tiene una interfaz de navegador de tecnología sencilla, ligera, eficiente y compatible.
- Es fácil de instalar en casi cualquier plataforma que soporte PHP. Sólo requiere que exista una base de datos.
- La lista de cursos muestra descripciones de cada uno de los cursos que hay en el servidor, incluyendo la posibilidad de acceder como invitado.
- Los cursos pueden clasificarse por categorías y también pueden ser buscados. Un sitio Moodle puede albergar varios cursos.

3.4.4 Herramientas para el aprendizaje implementadas en los sistemas de gestión del aprendizaje

El sistema COFALE (*Authoring System for Supporting Cognitive Flexibility*) permite el uso adaptable de la presentación de materiales educativos [147]. Implementa el modelo de aprendizaje basado en la resolución de problemas y está implantado sobre ATutor. Sin embargo, no incluye mecanismos para el descubrimiento y diseminación del conocimiento generado.

Sin duda, el mayor problema que aborda la industria del CSCL en la actualidad es la ausencia de metodologías, técnicas, documentadas y psicopedagógicas, comunes y aceptadas. Estas metodologías deben garantizar los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad y reutilización de los materiales educativos soportados [148].

En las actuales propuestas, lo predominante es que los materiales preparados para un sistema no pueden ser transferidos a otros conservando sus características y propiedades.

3.5 Resumen del capítulo

En este capítulo se han presentado los fundamentos de la teoría constructivista y se han descrito los trabajos previos que han implantado dicha teoría en las herramientas informáticas para favorecer el proceso de enseñanza – aprendizaje.

El aprendizaje constructivista subraya el papel esencialmente activo de quien aprende y se caracteriza por:

- ⇒ Considerar a los estudiantes como entes activos, los cuales aprenden dirigiendo sus capacidades a ciertos contenidos y construyendo ellos mismos el significado de esos contenidos que han de procesar. El estudiante asume con mayor responsabilidad su aprendizaje: selecciona y transforma información, construye hipótesis y toma decisiones.

- ⇒ Fomentar el trabajo colaborativo: en el proceso de enseñanza – aprendizaje participan estudiantes activamente. Hay diversas visiones de un problema, además se adquieren y construyen conocimientos.

El ABP es una forma de implementar la teoría constructivista, ya que el aprendizaje es menos dependiente del profesor. En el recorrido que viven los alumnos desde el planeamiento original hasta su solución, trabajan de manera colaborativa en pequeños grupos, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de practicar, desarrollar habilidades, y observar y reflexionar sobre actitudes y valores que en el método convencional expositivo difícilmente pueden ponerse en acción. EL ABP es intrínsecamente colaborativo, los estudiantes pueden trabajar en pequeños grupos bajo la supervisión de un guía a través de la solución de problemas y del reflejo de sus propias experiencias. La instrucción basada en la resolución de problemas puede conducir a mejores logros y

actitudes por parte de los estudiantes que en los casos en los que se presentan estrategias tradicionales. Su implementación debe incluir mecanismos para desarrollar el siguiente proceso: 1) presentación del problema, 2) planificar soluciones, 3) recolectar la información necesaria, 4) llevar a cabo los experimentos y 5) evaluar los resultados.

Los sistemas desarrollados hasta el momento que implantan el constructivismo tienen las siguientes características:

- limitada utilización del conocimiento generado,
- heterogeneidad en la forma de implantar el constructivismo,
- no hay homogeneidad en las formas de representar el conocimiento, lo cual no favorece la interoperabilidad,
- falta de mecanismos automatizados para realizar búsquedas de conocimiento integrado en las aplicaciones y para recuperar los materiales en la forma en que estos sistemas representen el conocimiento,
- limitada utilización de nuevos conocimientos,
- limitada interacción con expertos,
- limitado trabajo en grupo.

A pesar de existir aplicaciones que implementan el constructivismo y el aprendizaje mediante la solución de problemas, estos sistemas no integran las capacidades de búsqueda, publicación y reutilización del conocimiento. El Método Científico aplicado a las investigaciones es un procedimiento que integra esas características y puede verse como una alternativa para la solución de problemas. En el capítulo siguiente se detalla el Método Científico aplicado a las investigaciones.

Capítulo 4

Método Científico

El Método Científico (MC) comprende aquellas prácticas utilizadas y ratificadas por la comunidad científica como válidas a la hora de exponer y confirmar sus teorías [40, 149, 150]. El MC es empleado como un instrumento para explicar y transformar al mundo. El MC es un conjunto de técnicas para investigar un fenómeno y adquirir nuevos conocimientos, así como para corregir e integrar conocimientos previos. Se basa en coleccionar evidencia observable, empírica y sujeta a los principios de razonamiento.

El MC puede considerarse también como un procedimiento para resolver problemas. En este capítulo se detallan las características, las etapas y las ventajas del MC como base de una estrategia educativa para resolver problemas.

4.1 Método Científico

La ciencia es un proceso de adquisición y refinamiento del conocimiento adquirido, así como de la organización de dicho conocimiento. La Ciencia es un sistema de conocimientos racionales y ciertos (o probables) sobre la naturaleza, la sociedad y el pensamiento obtenidos como resultados de la investigación empleando el método científico y que encierra todo el desarrollo de la humanidad en un momento histórico determinado [45].

Bunge [151] en su texto sobre la ciencia, cataloga una serie de características que distinguen al conocimiento científico. En lo esencial, este tipo de conocimiento se destaca por su carácter *fáctico*, *racional*, *verificable*, *objetivo*, *sistemático* y *explicativo*. El conocimiento científico es *fáctico* ya que trata sobre los fenómenos y hechos de la realidad empírica; es *racional* por estar fundado en la razón, i.e., en un conjunto de ideas y razonamientos y en vez de en sensaciones, opiniones, pareceres o dogmas; *verificable* en el sentido de que es comprobable empíricamente por que sus afirmaciones deben someterse al tribunal de la experiencia; *objetivo* debido a que sus afirmaciones pretenden ser concordantes con los objetos de la realidad; *sistemático* en el sentido de constituir un cuerpo de ideas lógicamente entrelazadas más que un cúmulo de proposiciones inconexas. Por último aunque no menos importante, el conocimiento científico es *explicativo* en el sentido de que no se conforma con describir cómo es el mundo, sino que intenta dar cuenta de las razones por las cuales el mundo es como es. Dicho de otra manera, el proceso de investigación científico busca encontrar las razones por las cuales los fenómenos se comportan del modo en que lo hacen.

El proceso de investigación no es una simple colección de métodos científicos: empírico-analítico, experimental, hipotético-deductivo, inducción, didáctico o histórico. Los científicos no proceden de una forma casual o fortuita. Cientos de pruebas y errores, investigaciones, discusiones y debates han conducido a la realización de un modelo general de método científico. En consecuencia, lo que esencialmente caracteriza a la ciencia en tanto que saber racional y críticamente fundado sobre la realidad (empírica y no-empírica), es el método a través del cual se construye ese saber o conocimiento.

Las interpretaciones del proceso de incremento del conocimiento son diferentes. Para K. K. Popper [152], por ejemplo, dicho fenómeno se realiza mediante un proceso de competición de teorías, lo que significa una proyección sobre el tema de su propia teoría lógico-formal de la ciencia. Para M. T. Kuhn [153] sólo podría entenderse y explicarse el problema en la medida en que se recurra a la inclusión de toda una serie de factores socio-históricos que están vinculados.

El modelo presenta las principales etapas para obtener, refinar y poner en práctica el conocimiento en todos los campos. Este modelo, en la investigación científica ha sido llamado de diferentes formas pero con mayor frecuencia se le conoce como Método Científico.

A pesar del uso relativamente reciente del Método Científico, su efectividad para adquirir conocimiento ha constituido un notable campo de estudio. Desde sus precursores Abu Ali al'Hasan ibn al'Haitam¹⁸ y Francis Bacon¹⁹, muchos otros notables científicos han utilizado el método científico como modelo en sus investigaciones.

El Método Científico es el proceso mediante el cual una teoría científica es validada o bien descartada. Es un procedimiento adecuado para obtener la expresión de las cosas, gracias al cual es posible manipular, combinar y utilizar esas mismas cosas.

El Método Científico (del griego: *-meta* = hacia, a lo largo- *-odos* = camino-; camino hacia el conocimiento) presenta diversas definiciones debido a la complejidad de una exactitud en su conceptualización: "*Conjunto de pasos fijados de antemano por una disciplina con el fin de alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos confiables*", "*secuencia estándar para formular y responder a una pregunta*", "*proceso de conocimiento caracterizado por el uso constante e irrestricto de la capacidad crítica de la razón, que busca establecer la explicación de un fenómeno ateniéndose a lo previamente conocido, resultando una explicación plenamente congruente con los datos de la observación*". Así, el método

¹⁸ Abu Ali al'Hasan ibn al'Haitam (Persia, 965-1039).

¹⁹ Francis Bacon (1561-1626). Conocido también por *barón de Verulam*, *vizconde de San Albano*, *canciller de Inglaterra* y célebre filósofo.

científico es un conjunto de pasos que trata de protegernos de la subjetividad en el conocimiento.

El Método Científico se apega a los siguientes principios para su aplicación:

1. Enunciar preguntas bien formuladas y verosímelmente fecundas.
2. Arbitrar conjeturas fundadas y contrastables con la experiencia para contestar a las preguntas.
3. Derivar consecuencias lógicas de las conjeturas.
4. Arbitrar técnicas para someter las conjeturas a contrastación.
5. Someter a su vez esas técnicas a contrastación para comprobar la relevancia que merecen.
6. Llevar a cabo la contrastación e interpretar sus resultados.
7. Estimar la pretensión de la verdad de las conjeturas y la fidelidad de las técnicas.
8. Determinar los dominios en los cuales valen las conjeturas y las técnicas, y formular los nuevos problemas originados por la investigación.

4.2 Características del Método Científico

El Método Científico puede caracterizarse como: racional, analítico, verificable y explicativo. Estas características se detallan a continuación:

- EL MÉTODO CIENTÍFICO ES RACIONAL

El Método Científico es racional porque se funda en la razón, i.e., en la lógica, lo cual significa que parte de conceptos, juicios y razonamientos y vuelve a ellos. Por lo tanto, el método científico no puede tener su origen en las apariencias producidas por las sensaciones, creencias o preferencias personales. También es racional porque las ideas producidas se combinan de acuerdo a ciertas reglas lógicas con el propósito de producir nuevas ideas.

- EL MÉTODO CIENTÍFICO ES ANALÍTICO

El Método Científico descompone trata de entender la situación total en términos de sus componentes; intenta descubrir los elementos que componen cada totalidad y las

interrelaciones que explican su integración. Por tal razón, los problemas de la ciencia son parciales y así con sus soluciones, más aún: los problemas son estrechos al comienzo, pero van ampliándose a medida que la investigación avanza.

- **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES VERIFICABLE**

Todo conocimiento debe aprobar el examen de la experiencia, i.e., debe ser observable y experimental. Por tal razón, la ciencia fáctica es empírica en el sentido de que la comprobación de sus hipótesis involucra la experiencia; pero no es necesariamente experimental.

- **EL MÉTODO CIENTÍFICO ES EXPLICATIVO**

El Método Científico intenta explicar los hechos en términos de leyes, y éstas en términos de principios. Además de responder al cómo son las cosas, responde también a los porqué (e.g., porque suceden los hechos como suceden y no de otra manera). La explicación científica se realiza siempre en términos de leyes.

El Método Científico es un procedimiento que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones internas y externas, para generalizar y profundizar el conocimiento así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación.

A continuación se explican las etapas del Método Científico.

4.3 Etapas del Método Científico

De acuerdo a Francis Bacon, los elementos esenciales del método científico son iteraciones, repeticiones, interpolaciones y ordenaciones, conformado por las siguientes etapas principales:

1. Observación (cuantificaciones, caracterización y medidas): La observación consiste en aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como

se presentan en realidad. Consiste en un examen crítico y cuidadoso de los fenómenos, notando y analizando los diferentes factores y circunstancias. Esta etapa incluye los siguientes pasos:

- Observación curiosa
- Definición de un problema
- Definición de objetivos y su planificación
- Realización de la búsqueda, la exploración y la recopilación de evidencias

2. Inducción: la acción y el efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio particular de cada una de ellas. Se realiza la predicción de resultados a partir de nuevas observaciones. Esta etapa incluye los siguientes pasos:

- Generación creativa y alternativas lógicas
- Evaluación de las evidencias

3. Hipótesis (explicaciones teóricas, observaciones y medidas): consiste en proponer explicaciones tentativas (hipótesis) que deben ser probadas. Las hipótesis dicen al investigador qué es lo que necesita exactamente descubrir en su estudio. El investigador que no supone una relación por anticipado, no da a los hechos la oportunidad de demostrar o de negar algo. Si la experimentación repetida no la contradice, la hipótesis se vuelve teoría. Las teorías mismas sirven como guías para nuevos experimentos y constantemente están siendo sometidas a pruebas. Esta etapa incluye:

- Realización de hipótesis, conjeturas y suposiciones

4. Prueba de hipótesis por experimentación (comprobar todos los anteriores): consiste en la observación del fenómeno bajo condiciones preparadas de antemano y cuidadosamente controladas. Este proceso requiere de experimentos, que tienen que ser capaces de replicar los resultados para confirmarlos. Todas las hipótesis y teorías están sujetas a desaprobación. Esta etapa incluye los siguientes pasos:

- Experimentación, prueba y cuestionamiento de las hipótesis
- Realización de conclusiones

- Prórroga o dilación de afirmaciones o juicios de valor

5. Tesis o teoría científica (conclusiones): esta etapa incluye los siguientes pasos:

- Desarrollo de la teoría
- Explicar la metodología

La descripción anterior del Método Científico representa la visión social que actualmente se tiene del mismo y corresponde a la visión de la ciencia denominada positivismo. El Positivismo es una corriente filosófica que afirma que el único conocimiento auténtico es el conocimiento científico, y que tal conocimiento solamente puede surgir de la afirmación positiva de las teorías a través del Método Científico [154].

El positivismo deriva de la epistemología que surge a inicios del siglo XIX de la mano de Auguste Comte. El positivismo plantea que todas las actividades filosóficas y científicas deben efectuarse únicamente en el marco del análisis de los hechos reales verificados por la experiencia.

Sin embargo, es evidente que la experimentación es imposible de aplicar a áreas de conocimiento como la vulcanología, la astronomía, la física teórica, etcétera. En tales casos, es suficiente la observación de los fenómenos producidos naturalmente, en los que el método científico se utiliza en los estudios (directos o indirectos) a partir de modelos más pequeños, o partes de éste. Por otra parte, existen ciencias no incluidas en las ciencias naturales, especialmente en el caso de las ciencias humanas y sociales, e.g., la historia, donde los fenómenos no sólo no se pueden repetir controlada y artificialmente (que es en lo que consiste un experimento), sino que son, por esencia, irrepetibles.

El Método Científico se inicia con la fase de Observación, donde el sujeto entra en contacto con el fenómeno, y sabe algo de él, que lo induce a continuar buscando. En una segunda fase (fase de planteamiento de la hipótesis), se supone de ése fenómeno cierto nivel de verdad, que fundamentada en conocimientos previos y los datos por recoger, podría ser demostrada. Por último, tenemos la fase de comprobación, la cual refiere al análisis de los

resultados cualitativos y cuantitativos obtenidos, compararlos entre ellos y con los resultados de observaciones anteriores. A partir de la comprobación se proponen las leyes del fenómeno, las cuales se expresan mediante fórmulas o en palabras y depende del grado de generalidad y sistematicidad de la hipótesis. Las evidencias que se comprueban o desaprueban son igualmente estimables.

4.4 Ventajas del Método Científico

El Método Científico es de vital importancia para la ciencia en general, porque ha sido la responsable directa de los avances que se han producido en los campos científicos y que por ende han influido sobre nuestra sociedad.

El Método Científico tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Útil para la solución de problemas
- ✓ Fomenta el descubrimiento del conocimiento previo
- ✓ Promueve la experimentación y creación de nuevo conocimiento
- ✓ Impulsa la diseminación del nuevo conocimiento
- ✓ Anima la colaboración

Dadas estas ventajas, el Método Científico se puede tomar como base para implementar una metodología que desarrolle el Aprendizaje Basado en Problemas en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

4.5 Resumen del capítulo

En este capítulo se ha presentado el Método Científico (MC). El MC es un procedimiento que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones internas y externas, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación.

El Método Científico puede verse como un procedimiento que favorece la reutilización del conocimiento y se puede tomar como inspiración para desarrollar una metodología para

implantar el Aprendizaje Basado en Problemas y que propicie la reutilización del conocimiento.

Actualmente, en la práctica educativa se están imponiendo los Objetos de Aprendizaje (OA) como elementos facilitadores del aprendizaje y herramientas importantes para la reutilización del conocimiento. En el capítulo 5 se introducen los elementos característicos para la representación y la gestión del conocimiento mediante Objetos de Aprendizaje en los Entornos Virtuales de Aprendizaje.

Capítulo 5

Representación y gestión del conocimiento

La gestión del conocimiento es el proceso sistemático de detectar, seleccionar, organizar, filtrar, presentar y usar la información por parte de los participantes de una organización, con el objetivo de explotar cooperativamente los recursos de conocimiento basados en el capital intelectual propio de las organizaciones. La gestión del conocimiento está orientada a potenciar las competencias organizacionales y permite dar el conocimiento pertinente, a la persona que lo necesita, en el momento preciso.

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) pueden verse como una organización donde participan estudiantes y profesores. Se organizan cursos, se distribuyen y organizan materiales educativos necesarios para los estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje. La representación de los materiales educativos en forma de Objetos de Aprendizaje (OA) juega un papel importante en la construcción y la distribución personalizada de contenidos, facilitado la gestión del conocimiento en los EVA.

En este capítulo se exponen los conceptos vinculados directamente con la gestión del conocimiento en los EVA. Se explican los conceptos esenciales relacionados con los OA como forma de representar el conocimiento y el uso de ontologías como artefactos que

facilitan su identificación, recuperación, preservación, disseminación y uso dentro de los EVA.

5.1 Conocimiento y gestión del conocimiento

El conocimiento, en su sentido más amplio, es una apreciación de la posesión de múltiples datos interrelacionados, que por sí solos poseen menor valor cualitativo. En ciencias de la información, se define al conocimiento como el conjunto organizado de datos e información destinados a resolver un determinado problema.

En la Figura 5.1 se muestra un esquema sobre el conocimiento desde el punto de vista de las ciencias de la información. En ella se ilustra como se genera el conocimiento. El conocimiento está conformado por datos (que son procesados) e información (que es considerada en la toma de decisiones) los cuales son relacionados para generar el conocimiento. Para alcanzar el conocimiento se aplica algún método, existiendo así múltiples vías de obtener el conocimiento: método empírico, método histórico, método lógico, analogía, etc.

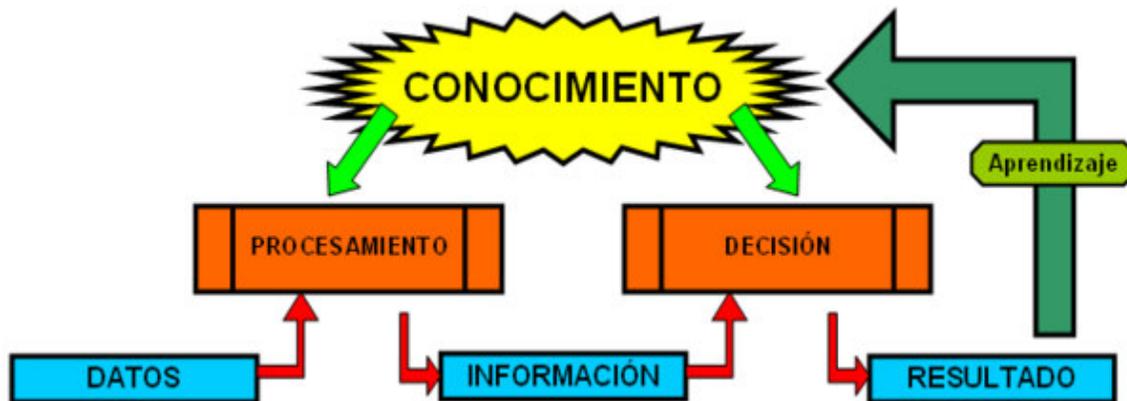


Figura 5.1: Conocimiento desde la perspectiva de la ciencias de la información

Un dato es una representación hecha de manera formalizada de hechos objetivos sobre eventos o conceptos, apta para su representación, interpretación o elaboración, bien por seres humanos o bien por medios automáticos [155]. La información es el significado que un ser inteligente atribuye a los datos a partir de las reglas convencionales utilizadas para su

representación. El conocimiento se puede definir como el resultado de un proceso de síntesis en el cual la información se compara con otra y se combinan en enlaces relevantes; puede considerarse información estructurada y almacenada que se utiliza para interpretar, predecir y responder adecuadamente al mundo exterior [156].

La gestión del conocimiento tiene como finalidad proporcionar al usuario el conocimiento que necesita, cuándo, dónde y cómo los requiere. Los pilares de la gestión del conocimiento son: explorar el conocimiento y su adecuación. Las materias primas con la que trata la gestión de conocimiento son: datos e información. La gestión del conocimiento es un proceso que permite:

- a) integrar la información (accediéndola, organizándola, almacenándola, buscándola, recuperándola, navegando por ella, codificándola, referenciándola y catalogándola) y
- b) extraer sentido de la información incompleta.

La gestión del conocimiento involucra, de algún modo, la organización de la información almacenada procurando un resultado.

Para desarrollar la gestión del conocimiento es necesario conceptualizar el entendimiento del dominio del problema y la terminología usada. Conceptualizar consiste en hacer explícitos los conceptos claves y las relaciones relevantes. Una conceptualización es un conjunto de reglas informales que limitan o refuerzan la estructura de una parte de la realidad, la cual se usa con la meta de aislar y organizar los objetos relevantes, así como las relaciones relevantes [157]. Formalmente, la conceptualización es una terna de conceptos, relaciones y funciones.

Los conceptos se pueden obtener por abstracción. La abstracción consiste en manipular el conocimiento, sustituyendo la descripción de lo esencial de un concepto por el propio concepto. La generalización es el paso de la consideración de un concepto a la consideración de un conjunto contenido en ese concepto [156].

Una relación es un tipo de interrelación entre conceptos en un universo de discurso o del discurso del problema. Una función es un caso especial de relación.

Aunque hay muchos formalismos relacionados como las redes semánticas [158], los sistemas de cuadro (o marco) [159], y las gráficas conceptuales [160] entre otros, en nuestro trabajo hemos elegido a las lógicas de la descripción (DL) como el cimiento para la representación del conocimiento.

5.2 Ontologías como modelo conceptual en la gestión del conocimiento

Un modelo conceptual es una abstracción, una vista simplificada del mundo que se desea representar para algún propósito. Cada sistema basado en conocimiento se asocia con alguna conceptualización explícita o implícitamente.

Una ontología es una herramienta conceptual que define un vocabulario común para quien necesita compartir información dentro de un determinado dominio, sólo es una especificación de lo que existe en un dominio [161]. Una ontología incluye definiciones de los conceptos básicos del dominio, así como sus relaciones y se materializa en un documento que define formalmente las relaciones entre términos.

5.2.1 Definición de ontología

Existen varias definiciones del concepto de ontología [162, 163, 164, 165]. Una de las definiciones más extendidas y aceptadas (especialmente en el campo de la Inteligencia Artificial) del concepto de ontología dentro del contexto de la reutilización del conocimiento es la de T. R. Gruber [51, 166] donde se define como una *especificación explícita de una conceptualización*. Una definición muy próxima a la de Gruber es la propuesta por W. N. Borst [167] que define ontología *como una especificación formal de una conceptualización compartida*, donde *conceptualización* significa modelo abstracto de un fenómeno, que puede ser visto como un conjunto de reglas informales que restringen su estructura, que por lo general se expresa como un conjunto de conceptos (entidades, atributos, procesos), sus definiciones e interrelaciones; *formal* implica una organización

teórica de términos y relaciones usados como herramienta para el análisis de los conceptos de un dominio; *compartida* significa que captura un conocimiento consensual que es aceptado por una comunidad; y por último, *explícita* se refiere a la especificación de los conceptos y a las restricciones sobre éstos. Así, una ontología es una descripción de conceptos y relaciones que pueden existir.

M. Uschold y M. Grüninger [168] definen ontología como *una comprensión compartida de algún dominio de interés, como un vocabulario de términos y alguna especificación de su significado*. Esto contempla definiciones e indicaciones de cómo los conceptos están interrelacionados, lo que impone una estructura en el dominio y restringe las posibles interpretaciones de condiciones.

La mayor diferencia entre el enfoque de Gruber y el enfoque de Uschold es la formalidad requerida y la naturaleza consensual del conocimiento representado en una ontología. Es importante que el conocimiento representado sea consensuado, al menos por un determinado grupo representativo, para que de esta forma pueda ser reutilizado en diferentes sistemas basados en conocimiento, ya que ésta es la principal razón para construir ontologías. Sin embargo, el requisito de la formalidad no es consensual.

Siguiendo con la idea de reutilización del conocimiento, A. Gómez [169] define una ontología como *una biblioteca de definiciones que pueden ser utilizadas para diferentes propósitos en diferentes aplicaciones, que permiten compartir y reutilizar conocimientos y métodos de razonamientos entre agentes*.

N. Guarino define ontología como *una teoría lógica que considera el significado intencional de un vocabulario formal, para una conceptualización particular del mundo* [52].

De lo analizado aquí, podemos utilizar el concepto de ontología como **una descripción formal, explícita y compartida de los conceptos de un dominio de discurso (clases, también denominados conceptos) y propiedades de cada concepto**. Una

ontología junto con un conjunto de instancias individuales de las clases constituye una base de conocimiento. La creación de una ontología ofrece la ventaja de que hace de forma explícita la categorización de los elementos y las relaciones que intervienen en el modelo de conocimiento, de forma que, por un lado, el modelo de conocimiento puede ser editado y gestionado y, por otro, es posible transmitirlo de manera que un sistema entienda la conceptualización que se ha utilizado en otro.

5.2.2 Componentes de una ontología

Los componentes de una ontología son una jerarquía de clases con atributos y relaciones, una red semántica (como un conjunto de instancias interrelacionadas), una lógica, un conjunto de axiomas (e.g., reglas) sobre las clases y/o instancias, y una serie de mecanismos de inferencia.

Al revisar la bibliografía especializada se puede apreciar que los componentes de una ontología varían según el dominio de interés y las necesidades de los desarrolladores. Se presentan a continuación los componentes de las ontologías descritos por varios autores [51, 164, 170]:

- **Clases:** son las ideas a formalizar y representan los conceptos en el sentido más amplio. Las clases son la base de la descripción del conocimiento en las ontologías ya que describen los conceptos del dominio. Las clases en una ontología se suelen organizar en taxonomías a las que se les puede aplicar los mecanismos de herencia.
- **Relaciones:** van a representar las interrelaciones entre clases, i.e., entre conceptos. Se definen, por lo general, como el producto cartesiano de n conjuntos: $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$. Algunas de las relaciones más utilizadas son: Instancia de (asocian objetos a clases), Relaciones temporales (indican precedencia en el tiempo) y Relaciones topológicas (establecen conexiones espaciales entre conceptos).
- **Instancias:** se usan para representar elementos o individuos en una ontología.
- **Propiedades:** las clases se describen por medio de un conjunto de características o atributos. Las especificaciones, rangos y restricciones sobre estos valores se

denominan características o facetas. Para una clase dada, las propiedades y las restricciones sobre ellos son heredados por las subclases y las instancias de la clase.

- **Axioma:** los axiomas sirven para modelar sentencias que siempre son ciertas. Normalmente se usan para representar el conocimiento que no puede ser definido por los componentes descritos anteriormente.

5.2.3 Tipos de ontología

Hay diversas formas de clasificar las ontologías dependiendo de la perspectiva que se aplique. Se pueden presentar clasificaciones de ontologías desde perspectivas tan diversas como pueden ser su orientación filosófica, su uso o su relación con una tarea específica, entre otras. En la literatura se pueden encontrar varias posibilidades [157, 171]. Veamos a continuación dos de ellas:

- a) El alcance de su aplicabilidad, diferencia los siguientes tipos de ontologías:
 - ❖ **Ontologías de Alto Nivel o Genéricas:** describen conceptos muy generales como espacio, tiempo y acción, que son independientes de un problema o dominio particular. Parece razonable tener ontologías de alto nivel unificadas para una gran cantidad de comunidades de usuarios. En relación con los sistemas de información, estas ontologías describirían conceptos básicos.
 - ❖ **Ontologías de Dominio:** describen un vocabulario relacionado con un dominio genérico especializando los conceptos introducidos en la ontología de nivel superior. Proporcionan el vocabulario para describir un dominio dado.
 - ❖ **Ontologías de Aplicación:** son las ontologías más específicas. Describen conceptos que dependen de las ontologías de dominio y de tarea, siendo con frecuencia especializaciones de ambas ontologías. Los conceptos en estas ontologías a menudo se corresponden con los roles propios de las entidades del dominio.

- b) La granularidad de la conceptualización (cantidad y tipo), distingue:
- ❖ **Ontologías terminológicas:** especifican los términos que son usados para representar el conocimiento en el universo del discurso. Suelen ser usadas para unificar vocabulario en un campo determinado (contenido léxico, no semántico).
 - ❖ **Ontologías de información:** especifican la estructura de almacenamiento de bases de datos. Ofrecen un marco para el almacenamiento estandarizado de información.
 - ❖ **Ontologías de modelado de conocimiento:** especifican conceptualizaciones del conocimiento. Contienen una rica estructura interna y suelen estar ajustadas al uso particular del conocimiento que describen.

5.2.4 Metodologías para la construcción de ontologías

La construcción de ontologías no responde a una única aproximación lógica sino que depende, en gran medida, del contexto en el que se construyen, de forma que ha sido norma común que las diferentes comunidades que desarrollaban ontologías siguiesen sus propios principios, criterios, reglas o métodos, dependiendo del tipo de ontología a desarrollar o de una situación particular. Ante esta diversidad, han proliferado una serie de métodos de diseño y construcción de ontologías, que tienen por finalidad proporcionar a la comunidad de desarrolladores un procedimiento comúnmente aceptado, ampliamente validado y verificado, que garantice la consecución de un producto exitoso.

Existen varias propuestas metodológicas para el diseño y la construcción de ontologías [172, 173, 174], entre las más relevantes se encuentran: TOVE (*TO*ronto *Virtual Enterprise*) [175], la cual se utilizó para construir la ontología sobre los procesos de modelado de empresas, SENSUS [176], METHONTOLOGY [177], que se utilizó, entre otras, para construir la ontología *Chemicals*, la cual describe los elementos de la tabla periódica, así como la guía para crear ontologías de la Universidad de Stanford [170].

De acuerdo a estas metodologías, una guía para el diseño de una ontología debe incluir los siguientes 4 pasos:

- 1 **Identificación del dominio y del alcance o ámbito de la ontología.** Se trata de especificar el contexto de aplicación, el cual describe el dominio de interés. Para definir el dominio y el alcance de la ontología se pueden realizar preguntas del tipo: ¿cuál es el dominio que la ontología debe cubrir?, ¿para qué se va a usar la ontología?, ¿a qué preguntas debe dar respuesta la ontología?, ¿quién va a usar y mantener la ontología? Una de las formas de determinar el ámbito de la ontología es preparar una lista de preguntas no exhaustiva que la base de conocimiento basada en la ontología debe ser capaz de responder, lista que recibe el nombre de preguntas de competencia. Estas preguntas deberán servir como base para realizar las pruebas más adelante.

- 2 **Construcción de la ontología:** Se pueden distinguir las siguientes etapas:
 - Captura.
 - Codificación: representación explícita de la conceptualización en un lenguaje formal.
 - Integración de las ontologías existentes. Consiste en determinar si se va a reutilizar y cómo alguna de las ontologías existentes. Comprobar si es posible usar y extender fuentes de conocimientos ya existentes, que puedan ser de utilidad para el dominio del problema. Ejemplos de ontologías reutilizables se pueden encontrar en *Ontolingua*²⁰ o en *DAML ontology library*²¹.

- 3 **Evaluación del diseño de la ontología:** La evaluación de la ontología es identificada por M. Uschold y M. Gruninger [168], quienes incluyen esa etapa en el diseño de la ontología, pero no establecen cómo debe realizarse la misma. A. Gómez [172] propone que la evaluación puede realizarse evaluando los objetivos de la ontología, a través de su utilidad práctica.

- 4 **Documentación:** La documentación debe desarrollarse paralela a la realización de las etapas anteriores. Debe incluirse la justificación de las decisiones tomadas, la

20 Consultada en: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>

21 Consultada en: <http://www.daml.org/ontologies/>

evaluación realizada y el conocimiento adicional para ser utilizada. También ha de ser indexada con las ontologías existentes para su posible reutilización.

Las ontologías, en la actualidad, se expresan a través de lenguajes de marcado basados en XML²², como OWL²³, lo que facilita su reutilización en diferentes plataformas de anotación y búsqueda de recursos. Estos lenguajes definen etiquetas para representar los diferentes elementos de la ontología y puede utilizarse para anotar recursos que posteriormente serán susceptibles de ser localizados por los usuarios que utilicen un buscador semántico que tenga acceso a la ontología.

En el ambiente educacional, el Objeto de Aprendizaje es un recurso que toma cada vez más auge y que puede ser descrito mediante ontologías para su utilización efectiva dentro de los EVA, en la siguiente sección se presentan las características fundamentales del mismo.

5.3 Objetos de Aprendizaje para la representación del conocimiento en los Entornos Virtuales de Aprendizaje

Los Objetos de Aprendizaje (OA) se han convertido en elementos facilitadores del aprendizaje, con adecuación a los estándares actuales, necesarios para garantizar su reusabilidad en diversos contextos de aprendizaje, accesibilidad e interoperabilidad entre diferentes EVA.

Para poder compartir efectivamente los Objetos de Aprendizajes como recursos educativos habrá que saber dónde y cómo buscarlos, i.e., deben agruparse y organizarse en Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA), etiquetados y catalogados de acuerdo a convenciones comunes a la mayor cantidad posible de potenciales usuarios.

La capacidad de re-uso y combinación que contienen los Objetos de Aprendizaje se debe a la estructura informática basada en metadatos [178]. Un metadato describe cual es el

²² XML: *Extended Markup Language*

²³ OWL: *Web Ontology Language*. World Wide Web Consortium. Consultado en: <http://www.w3.org/2004/OWL>

contenido de un objeto educacional e identifica sus características más importantes, por ejemplo: título, autor, fecha de creación, descripción, versión y estado, entre otros.

5.3.1 Definición de Objetos de Aprendizaje

Los Objetos de Aprendizaje son elementos para la instrucción, el aprendizaje o la enseñanza basada en computadora. No son realmente una tecnología, más propiamente dicho son una filosofía, que se fundamenta en la corriente de las ciencias de la computación conocida como orientada a objeto. Hasta el momento, no sólo se carece de una definición universalmente aceptada para el término Objeto de Aprendizaje (OA), sino que además es motivo de polémica [179, 180]. P. Jacobsen [181] realiza una reseña histórica de la evolución de su significado y definición, así como un amplio glosario de términos usados con frecuencia en el contexto de los EVA.

Existen varias interpretaciones, entre ellas, las más significativas definen un Objeto de Aprendizaje como:

- Cualquier recurso digital que pueda ser utilizado para apoyar el aprendizaje [53].
- Una entidad, digital o no digital, que puede ser utilizada para el aprendizaje, educación o entrenamiento [56].
- La estructura independiente más pequeña que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y una valoración [182].
- La unidad con contenido de aprendizaje independiente que está disponible para su reutilización en contextos instruccionales múltiples [183].
- Un archivo digital, diseñado con un solo objetivo específico de aprendizaje (preferentemente explícito para el usuario), independiente y funcional por sí mismo, que puede ser reutilizado por ser interoperable con el EVA y tener una contextualización mínima [36].

El conjunto de interpretaciones anteriores nos permite sugerir para el efecto de nuestro trabajo que una definición aceptable es: **“Los Objetos de Aprendizaje son piezas digitales, individuales, auto-contenidas y re-utilizables, de contenidos que tienen fines educativos”**.

Los atributos que distinguen a un Objeto de Aprendizaje son:

- i **Accesibilidad:** el OA debe ser etiquetado, lo cual permite su almacenamiento y referencia.
- ii **Reusabilidad/Adaptabilidad:** una vez creado, un OA debe ser funcional para varios contextos de aprendizaje. El OA debe ser capaz de ser usado en contextos y propósitos educativos diferentes, para adaptarse y combinarse dentro de nuevas secuencias formativas. El OA debe tener una estructura y los componentes necesarios para ser incluido en diversas aplicaciones.
- iii **Interoperabilidad:** relaciona la capacidad de integración. El OA debe operar entre diferentes plataformas de hardware y software. Con ello se aspira a que los OA sean independientes de las tecnologías utilizadas para su creación y operativos para su uso en cualquier plataforma o sistema de administración de aprendizaje. La interoperabilidad es posible a través de especificaciones de interfaces y protocolos comunes, incluyendo modelos para los mensajes que se intercambian.
- iv **Escalabilidad:** la noción de pequeñas partes reutilizables de medios instructivos del OA, sugiere y permite su integración en nuevos OA (frecuentemente, primero se descomponen los materiales en sus partes constituyentes, entonces se reensamblan estas partes de manera que apoyen las nuevas metas instructivas individuales).
- v **Durabilidad:** con esta característica se aspira a que sean flexibles y fáciles de actualizar. Los OA deben permanecer intactos a las actualizaciones de *software* y *hardware*. Además, deben garantizar la vigencia de la información de los OA, a fin de eliminar obsolescencia, sin necesidad de nuevos diseños.
- vi **Accesibilidad:** facilidad para ser identificados, buscados y encontrados, gracias al correspondiente etiquetado a través de diversos descriptores que facilitan la catalogación y de almacenamiento en el correspondiente repositorio.

vii **Portabilidad:** los OA deben moverse y albergarse en diferentes plataformas de manera transparente, sin cambio alguno en estructura o contenido.

viii **Educatividad:** con capacidad para generar aprendizaje.

La modularidad que debe caracterizar a los OA aumenta la versatilidad y la funcionalidad, obteniéndose más recursos disponibles y distribuidos en distintos sistemas que pueden comunicarse para compartir esfuerzos y resultados. La creación de OA no es sencilla, pero los esfuerzos y costos de producción se equilibran con las veces que el recurso pueda reutilizarse.

Un OA podrá utilizarse y/o reutilizarse en la medida en que su diseño haya sido el adecuado, i.e., que sus objetivos estén claros y que sean fácilmente integrable a diversas aplicaciones, tanto por su contenido como por la descripción que se haga de él.

Dada la modularidad de los OA y su independencia de otros recursos, el uso de éstos en diferentes aplicaciones es una de sus bondades, evitando duplicidad de esfuerzos para el desarrollo de contenidos. La reutilización de un contenido aumenta su valor y produce ahorro, en diferentes sentidos, a nivel institucional o individual. El gran potencial de la reutilización de los OA es poder aprovechar los contenidos que han desarrollado otros para formar nuevos recursos.

Para su real utilidad se requiere que estos objetos sean capaces de migrar de una plataforma a otra y que sean fáciles de localizar, acceder, almacenar y reutilizar. La satisfacción de estos requisitos dará una vida útil más larga a los materiales didácticos electrónicos y su valor será mayor. De ahí la importancia del establecimiento de estándares para el diseño y la descripción de los OA.

5.3.2 Estándares y especificaciones para los Objetos de Aprendizaje

Para un funcionamiento óptimo de los procesos educativos apoyados en los OA se requieren, por lo menos, cuatro tipos de estándares [36]:

- **Estándares de interoperabilidad entre OA y EVA:** Estos estándares son esenciales porque permitirían que se genere una comunicación entre el OA y la base de datos de estudiantes que existe en el EVA. Si bien es sencillo colocar casi cualquier tipo de recurso en un EVA, sólo aquellos que cumplan con los estándares de interoperabilidad, garantizaría que pueda darse el registro, el seguimiento, la calificación y la generación de estadísticas relacionadas con el uso de cada objeto.
- **Estándares de diseño instruccional:** significa lograr acuerdos en cuanto a nomenclatura y formato de las diversas secuencias generadas por una estrategia instruccional. En este ámbito ha sido difícil obtener consensos. A través de estos estándares será posible construir diversas secuencias e itinerarios pedagógicos con los OA, reutilizándolos y recombiniéndolos de la manera más adecuada para cada necesidad.
- **Estándares de formato y uso:** los OA se utilizan en la computadora, y por tanto, es indispensable que cumplan con criterios que los hagan no sólo técnicamente efectivos, sino también fáciles, ergonómicos y agradables de utilizar. En este sentido, un OA contará siempre con una interfaz que debe seguir los principios básicos de uso ya estudiados por Jacob Nielsen y otros autores [184].
- **Estándares de metadatos:** se ha insistido en la importancia de los metadatos para organizar, localizar y recuperar los OA dentro de los repositorios. Para ello, debe acordarse, qué metadatos son los que todo OA debe contener. Adicionalmente, es necesario desarrollar indicaciones acerca del tipo y formato de cada uno de los metadatos, de manera que efectivamente exista un lenguaje común para identificar las características esenciales de cada OA. En este aspecto destacan dos iniciativas, los estándares IEEE LOM y *Dublín Core*.

Los potenciales beneficios de reutilización, interoperatividad, durabilidad, accesibilidad y adaptabilidad de los contenidos, independientemente de la plataforma educativa sólo pueden ser alcanzados con un amplio consenso en torno a estándares apropiados.

La accesibilidad de los OA está en función de sus **metadatos**, en este caso la iniciativa más extendida y que hemos utilizado en nuestra investigación es el IEEE LOM. El IEEE *Learning Technology Standards Committee* diseñó el conjunto más completo, hasta el momento, de metadatos para un OA llamado IEEE LOM (*Learning Object Metadata*) [56]. IEEE LOM define una estructura de datos asociada a cada OA que lo describe y cataloga, así como proporciona información sobre su representación, utilización, contexto cultural, pedagógico y lingüístico. Incluye nueve categorías principales: general, ciclo de vida, meta-metadato, técnica, uso educativo, ciclo de vida, derechos, anotación y clasificación (ver Tabla 5.1).

Tabla 5.1: *Metadatos de un OA de acuerdo a IEEE LOM*

| No. | Categorías | Descripción | Elementos |
|-----|-----------------------|--|---|
| 1 | General | Describe la información general que define al OA como un todo | <ul style="list-style-type: none"> • Identificador • Título • Idioma • Descripción • Palabras Claves • Cobertura • Estructura • Nivel de Agregación |
| 2 | Ciclo de vida | Describe las características relacionadas con la historia y el estado presente del OA durante su evolución | <ul style="list-style-type: none"> • Versión • Estatus • Participantes |
| 3 | Meta-metadatos | Agrupación de información sobre los metadatos, no sobre el OA que está describiendo | <ul style="list-style-type: none"> • Identificador • Participantes • Esquema de Metadatos |
| 4 | Técnicos | Agrupación de los requerimientos y características técnicas del OA | <ul style="list-style-type: none"> • Formato • Tamaño • Localización • Requerimientos • Notas de Instalación • Otras Plataformas • Duración |

| | | | |
|---|----------------------|--|---|
| 5 | Educativos | Describe las condiciones de uso educativo del recurso | <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Interactividad • Tipo de Recurso de Aprendizaje • Nivel de Interacción • Densidad Semántica • Nivel de Usuario Final • Contexto • Rango de Edades • Nivel de Dificultad • Tiempo Típico de Aprendizaje • Descripción • Idioma |
| 6 | Derechos | Describe la propiedad intelectual y las condiciones de uso para la explotación del recurso | <ul style="list-style-type: none"> • Costo • <i>Copyright</i> • Descripción |
| 7 | Relación | Define la relación del recurso descrito con otros OA | <ul style="list-style-type: none"> • Clase • Recurso |
| 8 | Anotación | Describe los comentarios sobre el uso educativo del OA | <ul style="list-style-type: none"> • Entidad • Datos • Descripción |
| 9 | Clasificación | Permite la descripción temática del recurso en algún sistema de clasificación | <ul style="list-style-type: none"> • Propósito • Ruta Taxonómica • Descripción • Palabras Clave |

IEEE²⁴, IMS²⁵ y AICC²⁶, de forma coordinada, produjeron el Modelo Referencial para Compartir Contenido de Objetos (SCORM - *Shareable Content Object Reference Model*). Los OA diseñados bajo SCORM cumplen 4 principios: reusabilidad, accesibilidad, interoperabilidad y durabilidad, descritos anteriormente.

En el modelo SCORM²⁷ se establecen especificaciones para el desarrollo, el empaquetamiento y la distribución de material educativo, que definen cómo hacer para que

²⁴ IEEE: *Institute of Electric and Electronic Engineers*

²⁵ IMS: *Instructional Management System*

²⁶ AICC: *Industria de Aviación de los Estados Unidos de América*

²⁷ *Advance Distributed Learning, SCORM Timeline*. Consultado en <http://www.adlnet.gov/scorm/history/index.cfm>,

el material educativo que se utiliza en un sistema de aprendizaje pueda ser transportado, integrado y reutilizado en diferentes plataformas.

Para finalizar esta sección, se presenta una lista de *software* dirigido a la producción de Objetos de Aprendizaje (ver Tabla 5.2). Cabe señalar que en algunos casos, aún cuando las aplicaciones son de *software* libre, tienen restricciones en cuanto a que los OA resultantes no deben tener fines de lucro y deben distribuirse también libremente. Así, al seleccionar una aplicación se recomienda revisar con todo cuidado los términos de uso. Además, cada software produce OA con distintos niveles de interoperabilidad y estándares de metadatos.

Tabla 5.2: Herramientas para producir OA

| Software | Tipo | Sitio Web |
|------------------------------------|-------------|---|
| Adobe Acrobat Connect Professional | Propietario | http://www.adobe.com/products/acrobatconnectpro/ |
| Adobe Authorware | Propietario | http://www.adobe.com/products/authorware/ |
| Adobe Captivate-3 | Propietario | http://www.adobe.com/products/captivate/ |
| Adobe Flash CS3 | Propietario | http://www.adobe.com/products/flash/ |
| Adobe Presenter | Propietario | http://www.adobe.com/products/presenter/ |
| Camtasia Studio | Propietario | http://www.techsmith.com |
| eXe | Libre | http://www.exelearning.org/ |
| Hot Potatoes | Libre | http://hotpot.uvic.ca/ |
| Jelic | Libre | http://clic.xtec.cat/es/jclic/index.html |
| Knowledge Presenter | Propietario | http://www.knowledgepresenter.com/ |
| Malted | Libre | http://malted.cnice.mecd.es/ |
| Quandary | Libre | http://www.haltbakedsoftware.com/quandary.php |
| Reload Editor | Libre | http://www.reload.ac.uk/ |

Actualmente, aunque no de forma generalizada, algunos EVA ya soportan SCORM como un procedimiento estándar para manipular los OA [185]. En el anexo C se presentan las características de RELOAD Editor y los procedimientos para crear los OA. RELOAD Editor construye OA que siguen el estándar SCORM.

Los Objetos de Aprendizaje deben estar almacenados y organizados de manera tal que los usuarios puedan identificarlos, localizarlos y utilizarlos para propósitos educacionales. Para almacenarlos se utilizan los Repositorios de Objetos de Aprendizaje.

5.3.3 Repositorio de Objetos de Aprendizaje

Los Objetos de Aprendizaje (OA) son agrupados y almacenados en Repositorios de Objetos de Aprendizaje (ROA) [186]. No es posible pensar en OA si no se los concibe almacenados en repositorios. Como objetos aislados no tienen ninguna relevancia ni significado real. Los grandes repositorios son distribuidos y la tendencia actual está orientada a crear grandes redes de repositorios locales [187].

De ahí la necesidad de crear unos repositorios de información, entendidos como sistemas evolucionados de bases de datos que permiten la captura y la utilización del conocimiento, al tiempo que proporcionan un sistema de almacenamiento eficaz de recursos de información diversa. De este modo, los repositorios aportan servicios de búsqueda y clasificación de recursos, de acuerdo con una jerarquía y categorización, estableciendo jerarquías automáticamente.

Los repositorios de conocimiento digital o repositorios de componentes digitales son espacios que contienen los productos relacionados con el conocimiento. De acuerdo a S. Downes [188], los ROA se clasifican en dos tipos:

- a) los que contienen los OA y sus metadatos. En éstos, los OA y sus descripciones se encuentran dentro de un mismo sistema e incluso, dentro de un mismo servidor.
- b) los que contienen sólo los metadatos. En este caso, el repositorio contiene solamente los descriptores y se accede al OA a través de una referencia a su ubicación física

Los ROA operan de forma independiente de los EVA, aunque es común que los EVA o sistemas de gestión de cursos tengan asociados un repositorio, que en la mayoría de los casos es solamente para su uso dentro de la misma plataforma.

Actualmente se pueden encontrar almacenes globales de objetos de aprendizaje disponibles a través de *Internet*: TeleCampus²⁸, CAREO²⁹, MERLOT³⁰. Estos almacenes contienen

²⁸ TeleCampus. Consultado en <http://www.telecampus.utsystem.edu>

²⁹ CAREO, *Campus Alberta Repository of Educational Object*. Consultado en: <http://www.careo.org/>

enlaces a los Objetos de Aprendizaje localizados en diferentes lugares de la red los cuales son actualizados y mantenidos constantemente. Muchos de estos almacenes utilizan esquemas de metadatos como IEEE LOM para clasificar los OA. La proliferación de esquemas de metadatos distintos (DCMI³¹, ARIADNE³²) representa un problema para el descubrimiento de los Objetos de Aprendizaje.

Algunas iniciativas intentan resolver este problema mediante el uso de RDF³³, con lo que los almacenes de objetos de aprendizaje pueden interoperar independientemente del uso de diferentes esquemas de metadatos, proporcionando un control descentralizado de los Objetos de Aprendizaje.

Los OA son de naturaleza diversa y los criterios de búsqueda deben considerar más información que títulos, autores o palabras claves. Los OA almacenados en un repositorio son tan variados como gráficos, imágenes, textos, videos, documentos e integración de ellos como capítulos de un curso o incluso cursos completos.

Sin embargo, existen todavía problemas en cuanto a la diversidad de los OA que cada repositorio ofrece [189], lo cual probablemente se relaciona con la carencia de una definición clara y aceptada de OA, su heterogeneidad tecnológica, aspectos relacionados con la propiedad intelectual y sobre todo, las diferentes maneras de identificar la cobertura, tamaño, áreas de conocimiento y otros datos pedagógicos de los OA [190].

En este sentido son tres los principales problemas de los repositorios [191]:

1. Los recursos no son realmente intercambiables: los objetos son de diferentes tamaños, están escritos en diferentes idiomas y poseen inflexiones culturales propias de su origen,
2. No existe todavía esquemas consistentes de clasificación que permitan una localización sencilla y,

³⁰ MERLOT: *Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching*. Consultado en: <http://www.merlot.org/>

³¹ *Dublin Core Metadata Initiative*. Consultado en: <http://dublincore.org/>

³² *ARIADNE Foundation for the European Knowledge Pool*. Consultado en: <http://www.ariadne-eu.org/>

³³ *RDF: Resource Description Framework*

3. La calidad de los recursos es muy variable, a pesar de la revisión por pares y los arbitrajes, como los que se efectúan en MERLOT, CAREO y *OpenCourseWare*³⁴.

En realidad, estos problemas no son atribuibles a los repositorios, sino más bien a la carencia de una definición consensuada de los OA, de metadatos, de ontologías estándares para el uso de los OA y de políticas claras de control de calidad de los OA.

5.4 Uso de ontologías en el diseño de Entornos Virtuales de Aprendizaje

El uso de ontologías en ambientes educativos permite representar el conocimiento de un modo estandarizado, haciendo posible su tratamiento automático. El uso de ontologías en el diseño de ambientes educacionales no es nuevo. B. S. Bloom [192] define una taxonomía de metas educativas, en la cual la categoría ‘contenido’ especifica los conceptos que se enseñan en el curso. Sin embargo, dicha clasificación no es adecuada para la resolución de problemas ya que no permite recuperar el contexto donde se aplica.

Las investigaciones actuales con ontologías en ambientes educacionales se han enfocado en dos líneas fundamentales:

- a) Interoperabilidad y clasificación de Objetos de Aprendizaje [53] usados en Sistemas de Gestión de Cursos (LMS). La ontología define un vocabulario que es compartido por las aplicaciones. Varios autores citan el uso de este tipo de ontologías [193, 194] en diferentes entornos educacionales.
- b) Generación de Entornos de Aprendizaje adaptativos. La ontología describe roles, contenidos y contextos que permiten personalizar el proceso de Enseñanza – Aprendizaje [195, 196, 197, 198, 199, 200].

Las ontologías también se han utilizado con otros objetivos dentro de los EVA [201, 202, 203, 204]. M. Abel *et al.* [205] proponen una ontología que contiene palabras claves con el

³⁴ *OpenCourseWare*. Consultado en: <http://mit.ocw.universia.net/>

fin de catalogar documentos que han sido generados, que son almacenados y serán compartidos en el entorno de aprendizaje. La ontología sirve como memoria organizativa de los documentos que se comparten en el EVA.

G. Díaz y M. A. Pérez realizan una revisión del concepto de Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS) y proponen una ontología basada en las definiciones del área [233]. Dicha ontología facilita la evaluación, selección e implementación de un LMS, pero no es extensible para describir conceptos de otros dominios. Recientemente, algunos autores han propuesto la utilización de ontologías para facilitar la organización y búsqueda de OA en los ROA [206, 207].

A. Dong y H. Li [208] proponen una ontología para catalogar el tipo de material (texto, imágenes, vídeo) contenido en los recursos multimedia que son compartidos en los EVA y es utilizada para soportar anotaciones en los recursos educacionales compartidos.

S. Wang [209] propone una ontología para compartir OA almacenados en un repositorio. La ontología permite hacer una correspondencia entre los objetivos del proceso de aprendizaje (introducción, aplicación, evaluación) y los OA que deben ser utilizados en cada objetivo.

Un aspecto importante cuando se utilizan ontologías es la localización de ontologías. En este sentido, *SWoogle* (*Semantic Web Search*) es un buscador de ontologías [210], que tiene indizados más de 10 000 documentos y términos escritos tanto en RDF como en OWL. *SKOS-Core* proporciona una especificación para la migración de sistemas de organización de conocimiento al entorno de la *Web* semántica [211]. Dicha especificación es un complemento a OWL, ya que proporciona un marco para la construcción de esquemas de conceptos, pero sin la definición semántica tan estricta que exige la utilización de OWL. Estas herramientas son usadas para la indización, recuperación y divulgación de información en la *Web* [212].

La representación mediante ontologías de la información relativa de los OA dentro los ROA constituye una alternativa para mejorar los servicios de búsqueda, etiquetado y recuperación. Sin embargo, las representaciones existentes de los OA no permiten su utilización para favorecer la búsqueda como se requiere en el Aprendizaje Basado en Problemas, ya que no contempla su uso, sólo su descripción técnica.

5.5 Ontologías vs. Metadatos de Objetos de Aprendizaje

Mientras los metadatos de los OA describen las características técnicas de los OA que son compartidos, las ontologías describen el dominio de conocimiento que se comparte y refleja las relaciones entre los OA dentro de un contexto. Las investigaciones sobre ontologías asociadas a OA son incipientes y existen pocos reportes de investigación que proporcionan una descripción explícita basada en ontologías para compartir el conocimiento [213].

Sin la ayuda de las ontologías, organizar los OA mediante metadatos sería casi prohibitivo, costoso y prácticamente imposible de realizar búsquedas mediante motores convencionales [214]. Las ontologías que describen un dominio específico sugieren las trayectorias para recuperar los OA y alcanzar ciertos objetivos de aprendizajes.

El uso de ontologías no excluye el uso de metadatos, sino que los complementa, ya que los metadatos describirían las características del OA y las ontologías especificarían el contexto de uso de los OA.

5.6 Resumen del capítulo

En este capítulo se analizaron los aspectos para la representación y gestión del conocimiento en los EVA, centrando su atención en dos aspectos: 1) las ontologías y su uso en los EVA, y 2) los OA como artefactos para representar el conocimiento en los EVA, los aspectos más importantes abordados son:

- ⇒ Los OA constituyen un área de investigación interdisciplinaria, que hasta ahora no han logrado llegar a una formalización teórica satisfactoria. El concepto de Objeto

de Aprendizaje se ha convertido en el centro de un nuevo paradigma de diseño de actividades en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), que hace énfasis en la reutilización de contenidos mediante el uso de metadatos en formatos conocidos.

- ⇒ La construcción de OA, su organización y administración en repositorios, así como su utilización efectiva en educación son materias que concentran gran actividad en todo el mundo, con grados muy diferentes de desarrollo.

- ⇒ La idea principal de un OA es dividir el contenido educativo en estructuras pequeñas que se puedan reutilizar en varios ambientes de aprendizaje. Utilizar los OA tienen gran ventaja, ya que evitar redescubrir soluciones encontradas antes, permite aumentar el alcance y los beneficios de cada nueva solución. Así, se pueden construir materiales de máxima calidad con menos esfuerzos y más fáciles de acceder y compartir.

- ⇒ Una ontología es un artefacto que está constituido por un vocabulario específico utilizado para describir una cierta realidad, además de un conjunto de suposiciones que tiene en cuenta el significado del vocabulario.

Capítulo 6

Aprendizaje Basado en el Método Científico

Los modelos y las metodologías educativas son enfoques pedagógicos para la construcción del conocimiento que orientan a los profesores en la elaboración y el análisis de los programas de estudio y en la sistematización del proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos modelos son una representación arquetípica del proceso de enseñanza – aprendizaje. Dicha representación exhibe la distribución de actividades y la secuencia de operaciones en la forma ideal en la que deben ejecutarse para que se logren los objetivos de la enseñanza.

Las metodologías educativas empleadas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) implementan las teorías del aprendizaje. Sin embargo, en su gran mayoría siguen el enfoque conductista, orientados a proporcionar información, lo cual no produce por sí mismo las condiciones favorables para el aprendizaje. Para activar los procesos cognitivos correspondientes y producir las condiciones favorables para el aprendizaje, es necesaria la confrontación entre los conocimientos previos y la situación novedosa. Se puede, por

ejemplo, formular preguntas debidamente estructuradas dirigidas al aprendiz a fin de propiciar en él, la reflexión con respecto a los nuevos materiales de aprendizaje.

Las actividades en las que el estudiante revisa e intenta resolver un problema favorecen los procesos meta cognitivos y lo hacen consciente de sus éxitos y fracasos.

La inclusión de estas características nos condujo al diseño de un modelo educativo basado en el enfoque constructivista. En este capítulo presentamos el “Aprendizaje Basado en el Método Científico” (ABMC), que es nuestra propuesta de metodología para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas. En la sección 6.1 se introduce el ABMC, en la sección 6.2 se presentan las etapas que lo conforman y en la sección 6.3 se detallan las características del ABMC y finalmente, en la sección 6.4 se compara el ABMC con el Método Científico y con las técnicas de aprendizaje por descubrimiento.

6.1 Descripción del Aprendizaje Basado en el Método Científico

El Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) es una metodología inspirada en el Método Científico (MC) clásico de la teoría del positivismo descrito en el capítulo 4 y toma en consideración que uno de los principales elementos involucrados en la evaluación de la práctica científica actual es la publicación en revistas científicas con proceso de arbitraje por pares. Este proceso de revisión ha demostrado su eficacia para elevar la calidad de las soluciones, la presentación y el análisis de resultados, por lo que se sugiere incorporar dicho proceso de revisión como parte de la metodología.

El ABMC es aplicable a problemas que se estudian en los niveles de enseñanzas primaria, secundaria, universitaria y maestría, en donde el dominio de los problemas a resolver incluye su descripción y existen soluciones conocidas.

El modelo ABMC tiene como objetivo fundamental solucionar problemas. El ABMC asume los siguientes actores: 1) el profesor, que guía y evalúa el aprendizaje, 2) los estudiantes, que aprenden, 3) el problema a resolver, que es el objeto de conocimiento que los estudiantes deben aprender (objeto de estudio) y 4) un conjunto de actividades (tareas, foros, discusión, experimentación) para propiciar la construcción del conocimiento.

El profesor plantea el problema que los estudiantes deben resolver. La formulación del problema debe ser clara y contener las restricciones del problema que los estudiantes deben satisfacer.

Para solucionar un problema utilizando el ABMC los estudiantes deben realizar los siguientes pasos: a) analizar el problema, b) formular las hipótesis sobre la solución; c) verificar a través de la experimentación estas hipótesis; d) contrastar las hipótesis con los resultados; e) proporcionar conclusiones sobre los resultados obtenidos; generalizar las soluciones del problema y f) publicar las soluciones obtenidas..

El modelo ABMC puede ser aplicado a problemas simples o complejos. Un problema simple es aquel que no puede ser dividido en otros sub-problemas y su solución está determinada por algoritmos específicos, conocidos previamente. Por ejemplo, en el contexto de Ciencias de la Computación, un problema sencillo es modelar trayectos de una línea de autobús a través de las calles de una ciudad, en el que podemos obtener caminos óptimos para el trayecto aplicando diversos algoritmos, e.g., el algoritmo de Floyd.

Un problema complejo es aquel que puede ser dividido en diferentes sub-problemas y en cada sub-problema sigue el procedimiento de un problema simple. La solución del problema complejo es alcanzada cuando se han cubierto las soluciones de cada uno de los sub-problemas. Por ejemplo, en el mismo contexto de Ciencias de la Computación, un problema complejo es el problema de la mochila, que representa un problema de programación entera, dentro del campo de la Programación Matemática, que responde al

siguiente planteamiento: “imagínese hacer una excursión a la que solo podemos llevar una mochila que, lógicamente, tiene una capacidad limitada. Cada objeto que introducimos ocupa un volumen dentro de la misma y en contrapartida durante el viaje nos proporcionará un beneficio o utilidad (ejemplo: una cantimplora), el problema surge cuando debemos elegir qué objetos seleccionar para llevar en la mochila de forma que nuestro beneficio sea máximo (tengamos todo lo necesario) sin exceder su capacidad”.

Para la solución del problema de la mochila hay que contemplar las funciones de maximización, costo y de evaluación, para los cuales existen diversos métodos de resolución (algoritmos voraces, algoritmos genéticos, algoritmos evolutivos).

La complejidad de las soluciones varía enormemente y en general aumenta con la complejidad del problema planteado. La complejidad depende de varios factores, entre ellos: 1) del dominio del problema (e.g., Ciencias de la Computación, Biología, Física), 2) de las soluciones encontradas para resolver el problema (existen, no existen), 3) de la complejidad del problema (problemas simples, problemas complejos). Mientras que para los problemas más simples, su sencillez impide a muchos estudiantes reconocer la necesidad de plantear las hipótesis para utilizar algún método de solución.

Para los problemas más complejos, su dificultad requiere enorme experiencia para formar una hipótesis razonable.

6.2 Etapas del Aprendizaje Basado en el Método Científico

En esta sección se presentan las etapas que conforman el ABMC. Un caso de estudio, que ejemplifica cada etapa es discutido en la sección 8.3.

Las etapas que conforman el Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) como estrategia de aprendizaje son (ver Figura 6.1):

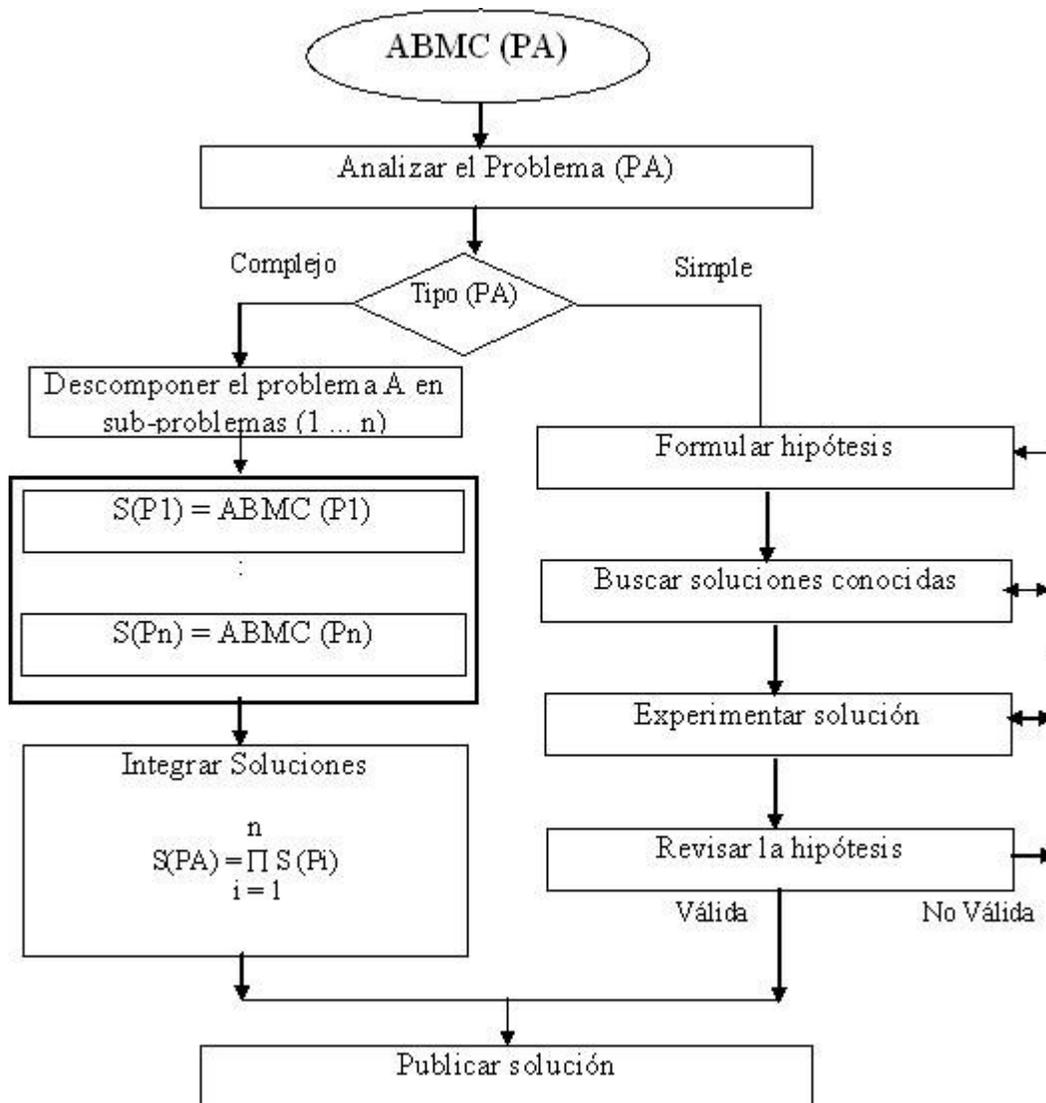


Figura 6.1: Diagrama en bloques del ABMC

Etapa 1: **Analizar el problema**

En esta etapa, los estudiantes analizan el problema tratando de identificar el área del conocimiento al que pertenece o bien, tratando de identificar problemas análogos conocidos.

Se requiere de habilidad para reconocer las analogías entre los problemas y los contextos en los que ocurren. Esta experiencia la tiene un profesor o “experto” en la materia. Los

estudiantes pueden recibir recomendaciones de los profesores para aprender a identificar problemas análogos y para establecer las analogías tanto en los enunciados de los problemas como en las soluciones.

Como resultado del análisis, los estudiantes determinan el área y argumentan si es un problema simple o complejo.

Si el problema es complejo, entonces se realiza la siguiente etapa:

Etapa 2: **Descomponer el problema e integrar las soluciones**

En esta etapa se busca descomponer el problema en varios sub-problemas de menor dificultad para simplificar el problema. Las soluciones de cada sub-problema deben conjuntarse para integrar la solución del problema. Esta estrategia conocida como “dividir para vencer” es muy eficaz pero puede requerir administrar la reasignación de responsabilidades a los integrantes de los grupo de trabajo. Dependiendo de la complejidad de los nuevos problemas, esta etapa podría repetirse en varias ocasiones requiriendo formar un grupo de trabajo en cada ocasión.

Para cada sub-problema o problema simple especificado, los estudiantes, siempre observados por el profesor, realizan las siguientes etapas del ABMC:

Etapa 3: **Formular la hipótesis**

Después de identificar el área del conocimiento del problema simple, se pueden identificar también las teorías o los modelos (soluciones) que permiten explicar o describir la solución del problema.

Formular la hipótesis requiere revisar las condiciones del problema para determinar si es una instancia de los problemas para los cuales se conoce una solución. La hipótesis debe concordar con la definición del problema. Su función principal es la de operar como un eje guía en la resolución del problema y orientar al estudiante a comprobar la problemática que resuelve.

Etapa 4: **Buscar soluciones conocidas**

Cuando finalmente el problema se ha analizado, i.e., se comprende suficientemente, los aprendices o estudiantes pueden realizar búsquedas y descubrimiento de soluciones, lo que permite acelerar la puesta en marcha de la solución final.

En el proceso de búsqueda de soluciones conocidas, los estudiantes pueden encontrar soluciones que no esperaban y así descubrir que existen otras alternativas de solución.

Etapa 5: **Experimentar solución**

Cuando en la etapa anterior no se han encontrado soluciones aceptables, se requieren mejorar o adaptar las soluciones encontradas, entonces el estudiante debe experimentar con nuevas propuestas que considere pueden resolver el problema. La solución puede exigir numerosos recursos para alcanzar su completa realización, por lo que los mecanismos de búsqueda y descubrimiento pueden probar aquí también su utilidad.

Los resultados de los nuevos experimentos pueden ayudar a consolidar las soluciones conocidas o bien a establecer un antecedente que demuestre una inconsistencia en los resultados reportados. En cualquier caso, experimentar significa que el estudiante debe construir los medios que permitan confirmar o contrastar su conocimiento: examinar las predicciones mediante la experimentación, demostración matemática o la simulación.

Etapa 6: **Revisar la hipótesis**

Una vez que el estudiante ha finalizado la etapa de experimentación, debe validar su hipótesis. En esta etapa se deben contrastar los resultados previstos por las hipótesis con aquellos obtenidos por la experimentación. La comparación de los resultados permite determinar si el proceso de construcción de una solución ha concluido satisfactoriamente.

El estudiante espera que todos los resultados experimentales sean consistentes con los resultados esperados. En otro caso, es necesario revisar el proceso completo de construcción de la solución para identificar el error. En nuestro modelo, revisar la hipótesis consiste en comparar los resultados experimentales con aquellos reportados en otros trabajos, no importa en que medio ha sido producido (papel, software, simulaciones, etc.).

Si se valida la hipótesis, entonces el estudiante debe documentar la solución y proporcionar a la comunidad, e.g., los programas fuente, los resultados documentados, las simulaciones realizadas, y, en su caso, las demostraciones matemáticas que utilizó.

Finalmente, cuando ya se tienen las soluciones se realiza la siguiente etapa:

Etapa 7: **Publicar soluciones**

En esta etapa se publican las soluciones generadas al resolver el problema planteado. La solución documentada se pone a disposición de los estudiantes para que pueda ser examinada en posteriores búsquedas.

El estudiante somete su solución a evaluación del profesor, quien realiza la función de experto y revisor de la propuesta. Si, desde el punto de vista del profesor, la solución es correcta y representa una alternativa novedosa a la solución del problema, entonces es

publicada por el profesor. Los criterios para considerar a una solución como correcta y novedosa son:

- soluciones originales (de acuerdo a la simplicidad, la generalidad, la claridad y la relación con otras áreas),
- soluciones más eficientes o eficaces,
- soluciones con las demostraciones correctas.

Las etapas Formular una hipótesis, Buscar soluciones conocidas, Experimentar solución y Revisar hipótesis son etapas iterativas, i.e., se pueden realizar tantas veces como el proceso de refinamiento del problema lo requiera y en un orden que puede variar de acuerdo a las exigencias del problema y a la comprensión del estudiante. Si la solución no comprueba la hipótesis, i.e., no se resuelve el problema, se deben repetir estas etapas del ABMC.

6.3 Características del Aprendizaje Basado en el Método Científico

El modelo ABMC se caracteriza por: guiar en la solución de problemas, ser colaborativo, ser constructivista, estructurar el contenido en teorías lógicas y publicar soluciones evaluadas. A continuación se discuten estas características.

1. El ABMC guía al aprendiz en la solución de problemas: el ABMC guía a los aprendices en la solución de problemas. Nosotros consideramos que el aprendizaje debe ser encauzado hacia la solución de problemas reales. Para paliar la menor efectividad del ABP respecto al Razonamiento Basado en Casos, como han sugerido algunos autores (ver Sección 3.2.1), nuestra metodología incorpora el análisis de problemas análogos como parte de ella, ofreciendo una enseñanza guiada que comienza con el estudio de casos reales. De este modo, el estudiante puede aprender a identificar patrones recurrentes de problemas reales y a aplicar los patrones de solución correspondientes, reconociendo las condiciones que impone el contexto.

2. El ABMC promueve el trabajo colaborativo: el ABMC es una actividad social y hereda el atributo colaborativo del Método Científico (ver características en la Sección 4.2). Generalmente, la formulación ‘abstracta’ de problemas reales es muy difícil porque no se plantea dentro del contexto ‘concreto’ de algún plan de estudio ni se identifican claramente sus alcances o sus limitaciones, requiriendo por ello del trabajo en grupo. Nuestra metodología propone que para la solución de problemas reales, los estudiantes deben trabajar en colaboración para hacer la conversión del planteamiento del problema, de ‘abstracto’ a ‘concreto’, compartiendo en esa experiencia de aprendizaje la posibilidad de desarrollar habilidades, de observar y de reflexionar sobre actitudes y valores que difícilmente en el método expositivo convencional se podrían poner en práctica. Por otra parte, en las actividades grupales los alumnos adquieren responsabilidades y desempeñan papeles que son básicos para su proceso formativo.

3. El ABMC está basado en la teoría constructivista del aprendizaje: el ABMC adopta el enfoque constructivista del aprendizaje porque requiere probar o refutar las hipótesis realizando experimentos. El enfoque constructivista establece que el conocimiento es alcanzado individual y socialmente por los estudiantes quienes contrastan la interpretación de los conocimientos adquiridos con aquellos que le resultan evidentes por ser resultado de su propia experiencia. Aplicando la metodología propuesta, el estudiante refinará la solución del problema en cada etapa y en su implementación se incluye procesos (colaboración, experimentación, comprobación y revisión) los cuales tienen como fin comprometer a los estudiantes en la elaboración y revisión de su propio conocimiento, y por ende en la construcción de su conocimiento.

4. El ABMC estructura el conocimiento en teorías lógicas: el ABMC busca describir el conocimiento en forma de estructuras ontológicas. De acuerdo a nuestro análisis (ver sección 5.2), una ontología puede definirse como la clasificación,

interrelación y formalización de una conceptualización aceptada por acuerdo [51, 52]. Aún cuando existen áreas que son susceptibles de una mejor formalización que otras, en todas ellas existen conceptos fundamentales que se pueden clasificar con relaciones de hiperonimia / hiponimia (superclase de/subclase de) y holonimia / meronimia (consiste de/parte de). El propósito de representar el conocimiento en ontologías, es el de uniformizar y mejorar los métodos de búsqueda y descubrimiento de conceptos.

5. El ABMC promueve la publicación de soluciones evaluadas: el ABMC promueve la publicación, disseminación y reutilización del conocimiento evaluado. Uno de los principales elementos que aseguran la evaluación rigurosa e imparcial de la investigación científica actual es la publicación en revistas científicas mediante un proceso de arbitraje estricto (*peer review*). Este proceso de revisión ha demostrado su eficacia para mejorar tanto la calidad de la investigación como la presentación y el análisis de resultados. El ABMC adopta el proceso de revisión por expertos (rol ejecutado por el profesor) y lo incorpora a la estrategia educativa como método de evaluación del proceso de aprendizaje. No obstante, la evaluación de metas de enseñanza muy puntuales como aprendizaje de definiciones, solución de problemas y correlación de conceptos puede realizarse utilizando los métodos de evaluación tradicionales basados en cuestionarios, problemarios y exámenes.

El ABMC es aplicable en áreas del conocimiento cuyos dominios puedan describirse mediante ontologías y satisfagan la experimentación, simulación o demostración formal lógica/deductiva propia del área de conocimiento específica. Las características de las áreas del conocimiento determinan los métodos más apropiados de investigación, enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, un entorno para el aprendizaje de las Matemáticas o la Computación puede ser muy distinto a otro para la Medicina o para las Ciencias de la Ingeniería. Sin embargo, todas ellas comparten la estructura general del ABMC.

6.4 Análisis del Aprendizaje Basado en el Método Científico

En esta sección presentamos un análisis comparativo entre las características de nuestra metodología, el aprendizaje por descubrimiento y el Método Científico.

6.4.1 Aprendizaje Basado en el Método Científico vs. Aprendizaje por Descubrimiento

El aprendizaje por descubrimiento ha tomado algunos conceptos (etapas) del Método Científico (MC) (ver conceptos de aprendizaje por descubrimiento en la Sección 3.4.2), y algunos autores lo han empleado como base en sus desarrollos [46, 47, 215, 216], pero no han establecido una metodología. Las etapas que el aprendizaje por descubrimiento toma del MC y que también están incluidos en el ABMC son:

- a) Formulación de la hipótesis
- b) Diseño de experimentos
- c) Interpretación de los resultados

Las diferencias entre el ABMC y las estrategias propuestas en el aprendizaje por descubrimiento referidas a la formulación de la hipótesis, al espacio de búsqueda y al formato del material utilizado se muestran en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Diferencias entre ABMC y aprendizaje por descubrimiento

| Características | Aprendizaje por Descubrimiento | ABMC |
|---------------------------------|--|---|
| Formulación de hipótesis | <ol style="list-style-type: none">1. Es sugerida por el profesor y el estudiante la escoge de una lista de opciones2. Se formula mediante un menú que describe las variables, verbos y conectores | Se formula a través de un proceso de colaboración |
| Espacio de búsqueda | Repositorios no necesariamente supervisados | Repositorios supervisados por expertos |

| | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|
| Formato del material utilizado | Sin especificar | Objetos de Aprendizaje SCORM |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------|

6.4.2 Aprendizaje Basado en el Método Científico vs. Método Científico

Aunque se ha sugerido que el Método Científico (MC) es un enfoque general para resolver problemas [149], su relación con el ABP ha sido apenas estudiada. Entre las dificultades para establecer esta relación se encuentra el hecho de que no existe un MC único sino una gran variedad de métodos. No obstante, su sistematización en diferentes tipologías ha revelado un carácter inherentemente social en todos ellos debido a la condición de reproducibilidad. Para el MC, la reproducibilidad es crucial porque reduce los prejuicios cognitivos que puedan afectar la formulación del conocimiento [217]. Al igual que en el MC, en el ABMC se asume que las soluciones (el experimento o proceso que generó el conocimiento) deben ser reproducibles.

En la Tabla 6.2 se explicitan las etapas que han sido tomadas del MC e incorporadas al ABMC.

Tabla 6.2: Etapas del MC incluidas en el ABMC

| Etapas del MC | Etapas a que corresponde dentro del ABMC |
|--------------------------|---|
| Observación | Sin correspondencia en el ABMC |
| Evaluación de evidencia | Sin correspondencia en el ABMC |
| Formulación de hipótesis | Formular la hipótesis |
| Prueba de la hipótesis | Experimentar solución Revisar la hipótesis |
| Desarrollo de la teoría | Sin correspondencia en el ABMC |

El ABMC toma del ABP el problema y define momentos para la colaboración (Análisis del problema en grupo), la búsqueda de trabajos anteriores (Buscar soluciones conocidas) y publicación del nuevo conocimiento generado (Publicar soluciones), no explicitadas de esa forma en el MC.

6.5 Resumen del capítulo

En este capítulo se presentó la descripción del Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC). Nosotros establecimos esta metodología para el desarrollo del Aprendizaje Basado en Problemas. Las etapas que conforman el ABMC son:

- ⇒ Analizar el problema
- ⇒ Descomponer el problema complejo en problemas simples, y para cada problema simple:
 - Formular una hipótesis
 - Buscar soluciones conocidas
 - Experimentar solución
 - Revisar hipótesis
- ⇒ Integrar las soluciones
- ⇒ Publicar solución

EL ABMC tiene la peculiaridad de guiar en la solución de problemas, estar estructurado en teorías lógicas, así como tener un carácter colaborativo y constructivista. El ABMC incorpora las siguientes características:

- Formulación de la hipótesis mediante colaboración,
- Búsqueda del conocimiento previo,
- Publicación del conocimiento previamente evaluado,
- Reusabilidad del conocimiento.

El ABMC fomenta el trabajo colaborativo: desde la presentación del problema, seguido por la discusión en grupo del mismo y la formulación de la hipótesis de solución del problema. Este proceso favorece que dentro de cada equipo los estudiantes intercambien información y trabajen juntos. Los estudiantes aprenden en colaboración, a través de la búsqueda y el

descubrimiento de conocimiento. Este conocimiento puede tratarse de aportaciones de los participantes en el proceso de aprendizaje.

Aunque la metodología propuesta puede ser aplicada en entornos presenciales, nuestro énfasis es implantarla en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) con enfoque constructivista guiado por el descubrimiento.

Como se discutió en la Sección 2.3, la tendencia en los EVA es utilizar los sistemas de gestión de cursos como facilitadores del proceso de enseñanza - aprendizaje. Sin embargo, para implantar las etapas Búsqueda de soluciones conocidas y Publicar solución del ABMC es necesario adecuar mecanismos para la representación del conocimiento y desarrollar algoritmos de búsqueda de conocimiento que lo implanten acorde a las características del ABMC.

En el capítulo 7 se detalla como implantar estas etapas, se explica la utilización de ontologías para la representación del contexto de los problemas, la recuperación de conocimiento representado como Objetos de Aprendizajes, la publicación y la inclusión del ABMC dentro de un EVA.

Capítulo 7

Implantación del Aprendizaje Basado en el Método Científico en Entornos Virtuales de Aprendizaje

El Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) es una metodología para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas. El ABMC propone la búsqueda de conocimiento publicado, el cual que representan las necesidades de aprendizaje del estudiante para la resolución de un problema específico y la publicación de nuevo conocimiento (para que pueda ser examinado en consultas posteriores) como características novedosas del ABMC. Si bien el ABMC podría aplicarse en sistemas presenciales, nuestro interés se ha enfocado a implementar la metodología para su utilización en los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA).

Como se discutió en la Sección 2.3, la tendencia actual en los EVA es utilizar los sistemas de gestión de cursos como facilitadores del proceso de enseñanza - aprendizaje. Para implantar las etapas Búsqueda de soluciones conocidas y Publicar solución del ABMC se pudieran incluir enlaces externos a herramientas tradicionales (buscadores y editores en línea) para ayudar a los estudiantes en la búsqueda de información y de materiales educativos publicados en la *Web*. Sin embargo, con estos buscadores tradicionales no se obtienen resultados favorables ya que utilizan únicamente los métodos clásicos de recuperación de información textual (léxica), en tanto que los materiales educativos (Objetos de Aprendizaje –OA) que utiliza el ABMC para representar las soluciones pueden contener diferentes formatos, no únicamente texto.

Por ello, la implantación del ABMC en EVA requiere adecuar mecanismos para la representación del conocimiento y desarrollar algoritmos de búsqueda de conocimiento acorde a las características del ABMC. Las etapas Buscar soluciones conocidas y Publicar solución del ABMC requieren de herramientas apropiadas para la búsqueda y publicación que puedan ser manipulados por el EVA que lo implante.

Para realizar la gestión del conocimiento según lo requiere el ABMC, i.e., la búsqueda y publicación de materiales educativos, como OA, es necesaria los servicios necesarios para implementar el ABMC. Para ello es necesario realizar las siguientes acciones:

- Representar el conocimiento (descripción del dominio – soluciones relacionadas).
- Recuperar las soluciones apropiadas a partir de la descripción del dominio.
- Publicar nuevas soluciones.

En este capítulo se explica la implantación del ABMC en un EVA. Inicialmente se detalla el diseño de ONTOAbMC, la ontología para modelar el conocimiento que es la base del motor de búsqueda de conocimiento. Además, se explican los procesos de búsqueda y publicación de conocimiento para el ABMC. Se presenta RibONTOMiddleware, un *middleware* que proporciona las funcionalidades de búsqueda y publicación, se describen

el diseño del *middleware* y los servicios que brinda. Finalmente, se describe la arquitectura de EnEMoCi, un EVA que permite implementar cursos que siguen el ABMC utilizando los servicios de RibONTOMiddleware y apoyado en la representación del conocimiento de ONTOAbMC.

7.1 Representación del conocimiento para el Aprendizaje Basado en el Método Científico

En el ABMC, los estudiantes al identificar las necesidades cognitivas están señalando las posibles soluciones. Estas necesidades pueden caracterizarse de acuerdo a la descripción de su dominio y restricciones de aplicación.

La descripción del dominio y restricciones pueden representarse mediante una ontología, la cual puede ser utilizada para guiar al estudiante a encontrar la mejor alternativa para la solución del problema que se desea resolver.

Aún cuando existen áreas de conocimiento que son más susceptibles de una mejor formalización que otras (e.g., diagnóstico médico, descripción del dominio de la teoría de grafo), en todas ellas existen conceptos fundamentales que se pueden clasificar con relaciones de hiperonimia / hiponimia (superclase de / subclase de) y holonimia / meronimia (consiste de / parte de) (ver Sección 5.2.2).

El ABMC propone describir el conocimiento en forma de estructuras ontológicas como una forma de representación susceptible de ser formalizada en teorías lógicas. El empleo de ontologías permite uniformizar la representación del conocimiento y mejorar los métodos de búsqueda (descubrimiento) de dicho conocimiento. Mediante esta representación se puede definir el contexto, las características, el objetivo del problema y mediante un algoritmo que emplee esta representación, determinar cuáles son las soluciones conocidas que mejor puedan resolver el problema.

7.1.1 ONTOAbMC: Una ontología de problemas y soluciones para el Aprendizaje Basado en el Método Científico

La descripción de problemas y sus soluciones en estructuras ontológicas es deseable, porque permite el agrupamiento según sus semejanzas. Además, permite la recuperación de soluciones según algunos criterios dados o el descubrimiento de soluciones desconocidas siempre que haya mejores alternativas. Desafortunadamente, no hay descripciones de problemas – soluciones que utilicen la lógicas descriptiva para formalizar sus relaciones y para razonar sobre sus características. Por consiguiente, hay una considerable abundancia de conocimiento que no se pueden utilizar para la solución de problemas. Para ejemplificar describiremos algunos problemas en el dominio de Ciencias de la Computación y sus soluciones.

Hay diversas clases de problemas en el dominio de interés: problema de ordenamiento, el problema del agente viajero, el problema del cerillo (también conocido como el problema de la mochila), el problema de Emil Post (*Post Correspondence Problem*), entre muchos otros. Cada problema se caracteriza por una descripción abstracta que introduce los elementos formales que se pueden utilizar en las soluciones propuestas.

El problema de ordenamiento (SP) se puede formular como sigue: dado un dominio S con una relación de orden total \leq y una secuencia $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n$ de n elementos de S , encontrar una permutación π en los elementos de la secuencia tal que $x_{\pi(1)} \leq x_{\pi(2)} \leq \dots \leq x_{\pi(n-1)} \leq x_{\pi(n)}$. El SP ha sido ampliamente estudiado y hay soluciones divulgadas en la literatura. Es conocido que el SP tiene complejidad cuadrática en el peor caso.

El problema del agente viajero (TSP) es otro problema bien conocido. TSP puede enunciarse como: dado un número de ciudades que sean conectadas por caminos con costos asociados, determinar la ruta de menor costo, que visita cada ciudad exactamente una vez y

que lleva al final del viaje a la ciudad que comienza. Es conocido que el TSP es NP-completo.

Los problemas y las soluciones se pueden organizar en una ontología que indique claramente sus relaciones de una forma que permita la recuperación y el descubrimiento automatizado de conceptos vinculados al problema y a las soluciones. Para mejorar la organización de conceptos se propone mantener separadas la ontología de un problema de la ontología de las soluciones al mismo problema, ya que cada ontología trata diferentes aspectos. En efecto, la ontología de soluciones tiene la intención de describir exactamente los conceptos abstractos del tema para los propósitos del razonamiento, mientras que la ontología de un problema tiene la intención de organizar conceptos más informales, similares a los usados en declaraciones de lenguaje natural. La Figura 7.1 muestra las relaciones entre ambas ontologías.

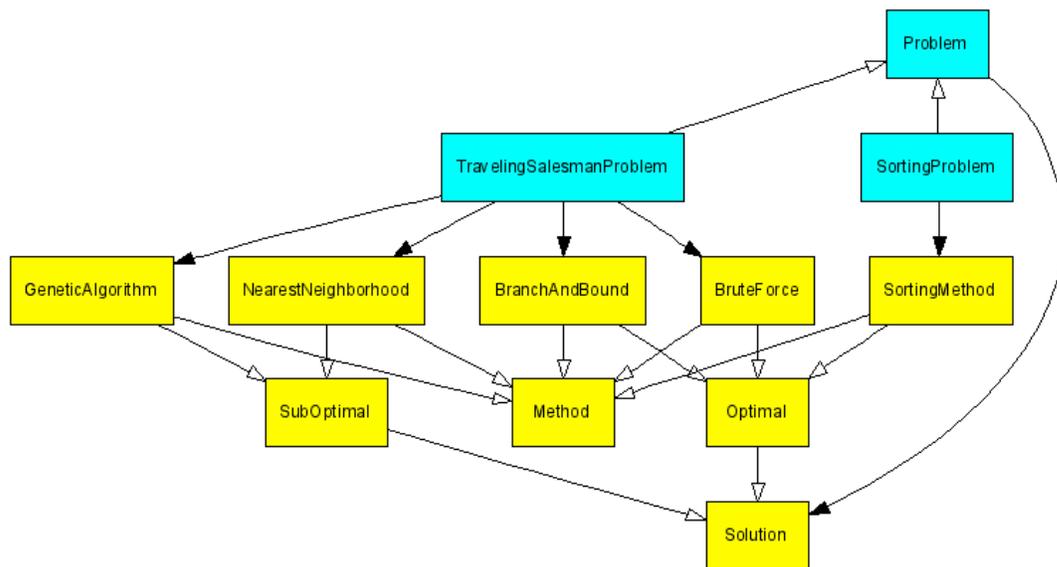


Figura 7.1: Una ontología para algunos problemas computacionales con sus soluciones conocidas

La ontología del problema (mostrada en azul) es una estructura sencilla que contiene solamente dos clases de problemas: el TSP (la clase *TravelingSalesmanProblem*) y el SP (la clase *SortingProblem*). Para cada uno de estos problemas existen soluciones conocidas,

mostradas en amarillo, descritos por un algoritmo (*Method*). Las soluciones se pueden clasificar en soluciones exactas (*Optimal*) y soluciones no exactas (*SubOptimal*) dentro de un error marginal para una probabilidad dada. Las soluciones *SubOptimal* son soluciones aproximadas que son aceptables debido a la imposibilidad de conseguir las soluciones *Optimal* para la mayoría de los casos prácticos del problema.

Esta descripción informal del conocimiento sobre problemas computacionales y sus soluciones se puede expresar mediante la lógica descriptiva de primer orden como se muestra a continuación:

$SortingProblem \sqcup TravelingSalesmanProblem \sqcup \dots \sqsubseteq Problem$

$GeneticAlgorithm \sqcup NearestNeighborhood \sqcup BranchAndBound \sqcup DijkstraSorting \sqcup \dots \sqsubseteq Method$

$Optimal \sqcup SubOptimal \sqsubseteq Solution$

$Optimal \sqcap SubOptimal \equiv \emptyset$

$\neg SubOptimal \sqsubseteq Optimal$

$BranchAndBound \sqcup Dijkstra \sqcup Sorting \sqcup \dots \sqsubseteq Optimal$

$GeneticAlgorithm \sqcup NearestNeighborhood \sqcup \dots \sqsubseteq SubOptimal$

donde los símbolos \sqcup , \sqcap , \neg , \sqsubseteq , y \equiv representan la unión, la intersección, la negación, la inclusión y la equivalencia de conceptos (y también para las relaciones) respectivamente. Las expresiones $Optimal \sqcap SubOptimal \equiv \emptyset$ y $\neg SubOptimal \sqsubseteq Optimal$ describen el hecho de que *Optimal* y *SubOptimal* son clases disjuntas de conceptos. El significado de estos constructores será introducido formalmente en la siguiente sección.

En la Figura 7.1, las flechas con las cabezas blancas representan la relación **es un** entre conceptos y las flechas con las cabezas negras representan la relación **hasSolution** entre los conceptos del problema y las soluciones. Por ejemplo, el *SortingProblem* (*SP*) tiene *SortingMethod* como solución exacta, mientras que *TravelingSalesmanProblem* (*TSP*) tiene *BranchAndBound* y *Dijkstra* como soluciones exactas y *GeneticAlgorithm*,

NearestNeighborhood son soluciones no exactas. Entonces, según esta representación el *TSP* tiene soluciones conocidas para ambos casos: exacta (i.e., *Dijkstra*) y no exactas (i.e., *NearestNeighborhood*). Esta descripción podría ser formalizada como sigue:

$hasSolution \sqsubseteq Problem \times Solution$

$\{(TSP, GeneticAlgorithm), \dots, (TSP, BranchAndBound), \dots, (SP, SortingMethod)\} \sqsubseteq hasSolution$

significando que *hasSolution* es una relación cuyo dominio es el conjunto de conceptos de la clase *Problem* y cuyo rango son conceptos de la clase *Solution*. El conjunto de pares, como $(TSP, GeneticAlgorithm)$, representan instancias de la relación *hasSolution*, significando que el *TSP* tiene *GeneticAlgorithm* como solución.

7.1.2 Diseño de ONTOAbMC

El diseño de nuestra ontología, a la cual llamamos ONTOAbMC, se basó en la metodología descrita en la Sección 5.2.4, y se realizaron los siguientes pasos:

1. Identificar las clases y conceptos claves
2. Construir la taxonomía de conceptos
3. Identificar las relaciones semánticas
4. Codificar la ontología
5. Evaluar la ontología

Paso 1: Identificar las clases y conceptos claves

Consiste en enumerar los términos importantes en la ontología. Es útil escribir una lista con todos los términos con los que se harían afirmaciones acerca del dominio o se explicaría éste a un usuario. El contenido de la lista debe ser preciso y carente de ambigüedades.

La ontología para la solución guiada de problemas estructura el universo en dos categorías: 1) la clase Conceptos, la cual describe el dominio, los conceptos de los problemas que resuelven y sus características y 2) la clase Soluciones, la cual describe los algoritmos existentes. La Figura 7.2 muestra un diagrama de las clases que conforman ONTOAbMC.

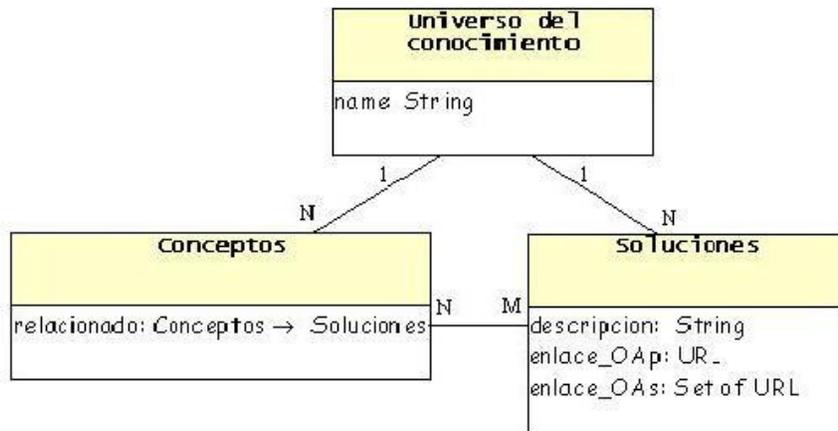


Figura 7.2: Diagrama de clases de ONTOAbMC

La clase Conceptos organiza en subclases la descripción de conceptos que describen al dominio. Cada subclase tiene dos propiedades: la propiedad name y la propiedad relacionado. Con la propiedad name se describe simbólicamente la clase y es utilizada para identificar una determinada clase o subclase. La propiedad relacionado representa la relación **hasSolution** entre los conceptos del problema (clase Conceptos) y las soluciones (clase Soluciones).

La clase Soluciones organiza las soluciones que resuelven los problemas en dicho dominio. Cada subclase que pertenece a esta categoría tiene 4 propiedades: la propiedad name, la propiedad descripcion, la propiedad enlace_OAp y la propiedad enlace_OAs. Con la propiedad name se identifica la clase. La propiedad descripcion tiene una breve caracterización de la solución, que permite dar una primera información al

estudiante y las propiedades `enlace_OAp` y `enlace_OAs` contienen apuntadores a materiales educativos que describen las soluciones.

En `enlace_OAp` se enlazan los materiales principales, los cuales son normalmente elaborados por el experto y que describen las soluciones, y en `enlace_OAs` se enlazan los materiales (Objetos de Aprendizaje) que abundan en la descripción de la solución. Estos materiales son implementaciones o variaciones a la solución y complementan y enriquecen la descripción de la solución expuesta, y son elaborados por el personal que lo desarrolla, por ejemplo: estudiantes y profesores.

Paso 2: Construir la taxonomía de conceptos

La taxonomía depende de cada dominio. En la Sección 8.1 se muestra la taxonomía de conceptos y soluciones para diferentes áreas de conocimiento que se diseñaron y utilizaron en los casos de estudio.

Paso 3: Identificar las relaciones semánticas

La propiedad `relacionado` permite identificar las soluciones que aplican para la solución de un problema en cuestión. Su dominio son los conceptos de la clase `Conceptos` y su rango son los conceptos de la clase `Soluciones`.

Paso 4: Codificar la ontología

Para codificar la ontología se utilizó *Prótegé*. *Prótegé 3.2.1*³⁵ es un editor de ontologías que produce documentos en OWL³⁶, un dialecto de XML desarrollado por el consorcio de la *Web* para representar el conocimiento.

³⁵ *Prótegé 3.2.1*: Recuperado de: <http://protege.stanford.edu/download/registered.html>

³⁶ OWL *Web Ontology Language*, Recuperado de <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>

Paso 5: Evaluar la ontología

Para evaluar la ontología, utilizamos el criterio práctico de la funcionalidad.

La ontología desarrollada, la cual estructura la descripción de los dominios de los problemas que se abordaran (conceptos, soluciones y sus relaciones) es la base del algoritmo de búsqueda y descubrimiento de conocimiento desarrollado.

7.2 Formalización de los conceptos de la ontología

En esta sección se introduce el modelo formal que da significado exacto a las declaraciones sobre los conceptos en la ontología.

7.2.1 Sintaxis y semántica

En la lógica proposicional, también llamada lógica de primer orden, cada expresión representa un hecho. En la lógica de primer orden también hay términos. Los cuales a vez representan objetos. Los signos que representan a las constantes y a las variables, y los signos de funciones sirven todos para construir términos; los cuantificadores y los signos de predicados sirven para representar hechos.

Las descripciones elementales son *conceptos atómicos* y *relaciones atómicas*. Las descripciones complejas se pueden construir con los *constructores del concepto*. En notación abstracta, usamos los nombres *A* y *B* para los conceptos atómicos, los nombres *R* y *S* para relaciones atómicas, los nombres *C* y *D* para descripciones del concepto. Los nombres de conceptos pueden relacionarse mediante la relación **es un**.

Definición 1 (sintaxis de AL). Las *descripciones de concepto* en AL se forman según las siguientes reglas sintácticas:

| | | | | |
|--------|-------|------------------|----|---|
| C, D | $::=$ | \top | AL | Concepto universal |
| | | \perp | AL | Concepto inferior |
| | | A | AL | Concepto atómico |
| | | $\neg A$ | AL | Negación |
| | | $C \cap D$ | AL | Intersección |
| | | $\forall R.C$ | AL | Restricción de valor |
| | | $\exists R.\top$ | AL | Cuantificación existencial limitada |
| | | $C \sqcup D$ | U | Unión |
| | | $\exists R.C$ | E | Cuantificación existencial completa |
| | | $\geq n R$ | N | Restricción de la cardinalidad (mínima) |
| | | $\leq n R$ | N | Restricción de la cardinalidad (máxima) |
| | | $\neg C$ | C | Negación de conceptos arbitrarios |

Observe que, en AL, la negación se puede aplicar solamente a los conceptos.

Definición 2 (semántica de AL). Sea $\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, \bullet^{\mathcal{I}})$ una *interpretación* que consiste del *dominio de interpretación*, un conjunto no vacío $\Delta^{\mathcal{I}}$, y una *función de interpretación*, una función de mapeo $\bullet^{\mathcal{I}}$ que asigna a cada concepto atómico A un subconjunto $A^{\mathcal{I}}$ de $\Delta^{\mathcal{I}}$ y a cada relación atómica R un subconjunto de $\Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$.

La función de la interpretación es ampliada por las definiciones inductivas siguientes:

$$\begin{aligned} \top^{\mathcal{I}} &= \Delta^{\mathcal{I}} && \text{AL} & (1) \\ \perp^{\mathcal{I}} &= \emptyset && \text{AL} & (2) \\ (\neg A)^{\mathcal{I}} &= \Delta^{\mathcal{I}} \setminus A^{\mathcal{I}} && \text{AL} & (3) \\ (C \cap D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}} && \text{AL} & (4) \\ (\forall R.C)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \forall b. (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \Rightarrow b \in C^{\mathcal{I}}\} && \text{AL} & (5) \\ (\exists R.\top)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists b. (a, b) \in R^{\mathcal{I}}\} && \text{AL} & (6) \\ (C \sqcup D)^{\mathcal{I}} &= C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}} && \text{U} & (7) \\ (\exists R.C)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \exists b. (a, b) \in R^{\mathcal{I}} \wedge b \in C^{\mathcal{I}}\} && \text{E} & (8) \\ (\geq n R)^{\mathcal{I}} &= \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \#\{b \mid (a, b) \in R^{\mathcal{I}}\} \geq n\} && \text{N} & (9) \end{aligned}$$

$$(\leq n R)^{\mathcal{I}} = \{a \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \#\{b \mid (a,b) \in R^{\mathcal{I}}\} \leq n\} \quad \text{N} \quad (10)$$

$$(\neg C)^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}} \quad \text{C} \quad (11)$$

Un concepto C es *satisfacible* si $C^{\mathcal{I}} \neq \emptyset$. Una *interpretación* es un modelo de un concepto C si C es *satisfacible*. Dos conceptos C y D son equivalentes, escrito $C \equiv D$, si se cumple $C^{\mathcal{I}} \equiv D^{\mathcal{I}}$ para cada interpretación \mathcal{I} .

7.2.2 Traducción a la lógica de primer orden

La interpretación de las descripciones del concepto recae en fórmulas de la lógica de predicado de primer orden. Así, la semántica de conceptos identifica fragmentos de la lógica de predicado de primer orden. Entonces, cualquier concepto C se puede traducir a una fórmula con una variable independiente x , tal que para cada interpretación, el conjunto de elementos que satisfacen es exactamente.

| | | |
|--------------------------------|---|----|
| $[a:C](x)$ | $C(a)$ | AL |
| $[\langle a,b \rangle : P](x)$ | $P(a,b)$ | AL |
| $[A](x)$ | $A(x)$ | AL |
| $[C \sqcap D](x)$ | $[C](x) \wedge [D](x)$ | AL |
| $[C \sqcup D](x)$ | $[C](x) \vee [D](x)$ | AL |
| $[\forall R.C](x)$ | $\forall y. R(x,y) \Rightarrow [C](y)$ | U |
| $[\exists R.C](x)$ | $\exists y. R(x,y) \wedge [C](y)$ | E |
| $[\geq n R](x)$ | $\exists y_1 \dots \exists y_n. R(x,y_1) \wedge \dots \wedge R(x,y_n) \wedge \wedge_{i < j} y_i \neq y_j$ | N |
| $[\leq n R](x)$ | $\forall y_1 \dots \forall y_{n+1}. R(x,y_1) \wedge \dots \wedge R(x,y_{n+1}) \Rightarrow \wedge_{i < j} y_i = y_j$ | N |
| $[\neg C](x)$ | $\neg [C](x)$ | C |

7.2.3 Terminologías

Los axiomas terminológicos son declaraciones sobre las relaciones que existen entre conceptos. Las definiciones son axiomas específicos y las terminologías son conjuntos de las definiciones que se pueden utilizar para introducir nombres de conceptos como abreviaciones para los conceptos complejos.

Definición 3 (axiomas terminológicos). Los axiomas terminológicos tienen la forma $C \sqsubseteq D$ ($R \sqsubseteq S$) o $C \equiv D$ ($R \equiv S$), donde C y D son los conceptos y R y S son relaciones. Los axiomas del primer tipo son llamados *inclusiones*, mientras que los axiomas del segundo tipo son llamados *igualdades*.

Una interpretación \mathcal{I} satisface una inclusión $C \sqsubseteq D$ si $C^{\mathcal{I}} \sqsubseteq D^{\mathcal{I}}$, y ella satisface una igualdad $C \equiv D$ si $C^{\mathcal{I}} \equiv D^{\mathcal{I}}$. Si \mathcal{T} es un conjunto de axiomas, entonces \mathcal{I} satisface \mathcal{T} si y sólo si se satisface cada elemento de \mathcal{T} . Si \mathcal{I} satisface un axioma (conjunto de axiomas), entonces \mathcal{I} es un *modelo* para este axioma (conjunto de axiomas). Dos axiomas o dos conjuntos de axiomas son *equivalentes* si tienen los mismos modelos.

Definición 4 (definiciones). Una *definición* es una igualdad cuyo lado izquierdo es un concepto atómico.

Las definiciones se utilizan para introducir nombres simbólicos en descripciones complejas. Un conjunto de definiciones debe estar bien definido. Un conjunto finito \mathcal{T} de definiciones se llama terminología o *TBox* si ningún nombre simbólico se define más de una vez.

7.3 El razonamiento en la ontología: Búsqueda de soluciones

El tipo de preguntas frecuentes para la recuperación del conocimiento es sobre obtener las soluciones (algoritmos) que exhiban algunas características dadas. Por ejemplo, la relación *hasSpaceComplexity* que es representada por una flecha del método ordenamiento en amarillo a la clase *SpaceComplexity* en azul. En la Figura 7.3 se muestran en verde claro los métodos que tienen complejidad constante.

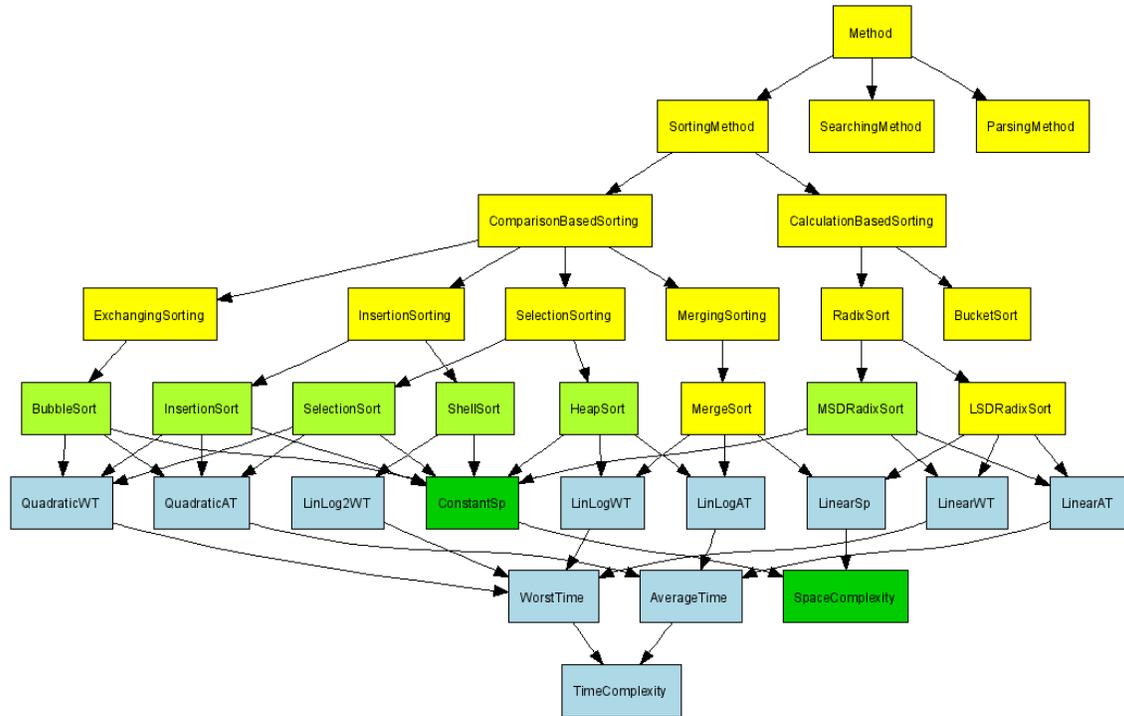


Figura 7.3: Algoritmos de ordenamiento con complejidad constante

De una manera similar, existen métodos que tienen complejidad lineal-logarítmica ($O(n \log(n))$) en promedio y en el peor caso, las cuales se muestran en verde claro en la Figura 7.4 y en la Figura 7.5 respectivamente. Las flechas que llevan de los métodos de ordenamiento al concepto `LinLogAT` y al concepto `LinLogWT` representan las relaciones *hasAverageTimeComplexity* y *hasWorstTimeComplexity*. En todo caso, los algoritmos que tienen ambas características son `HeapSort` y `MergeSort`. Observe que solamente `HeapSort` satisface la condición anterior de requerir el espacio constante.

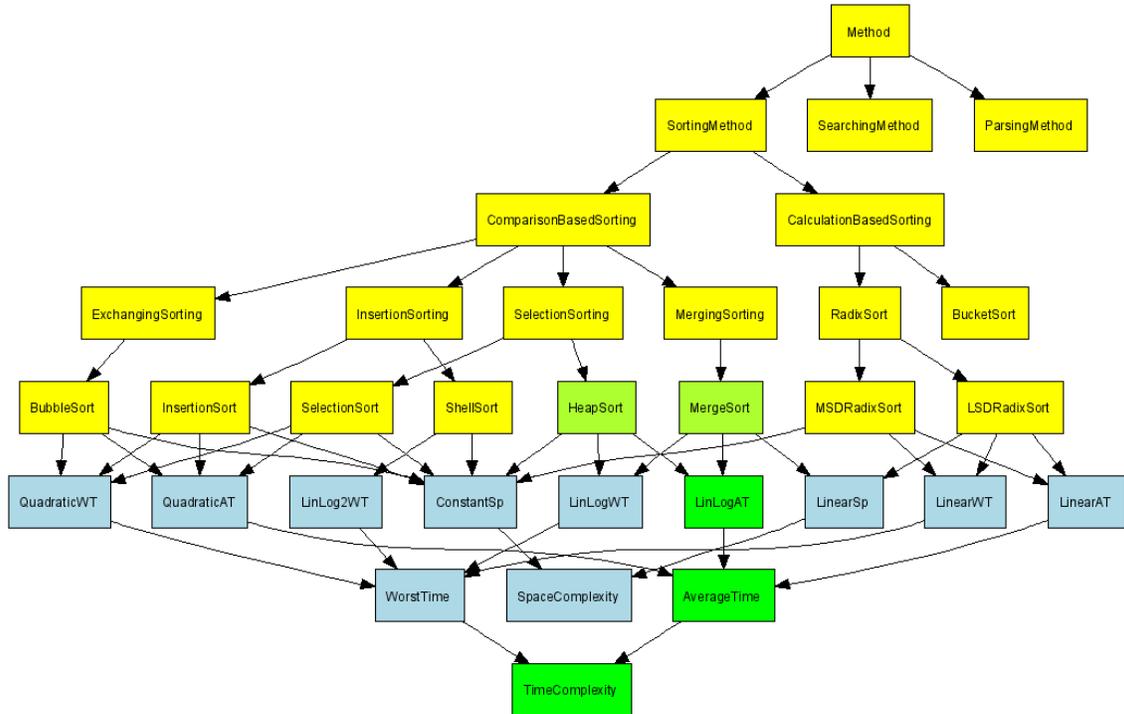


Figura 7.4. Algoritmos de ordenamiento logarítmicos-lineales en el caso promedio

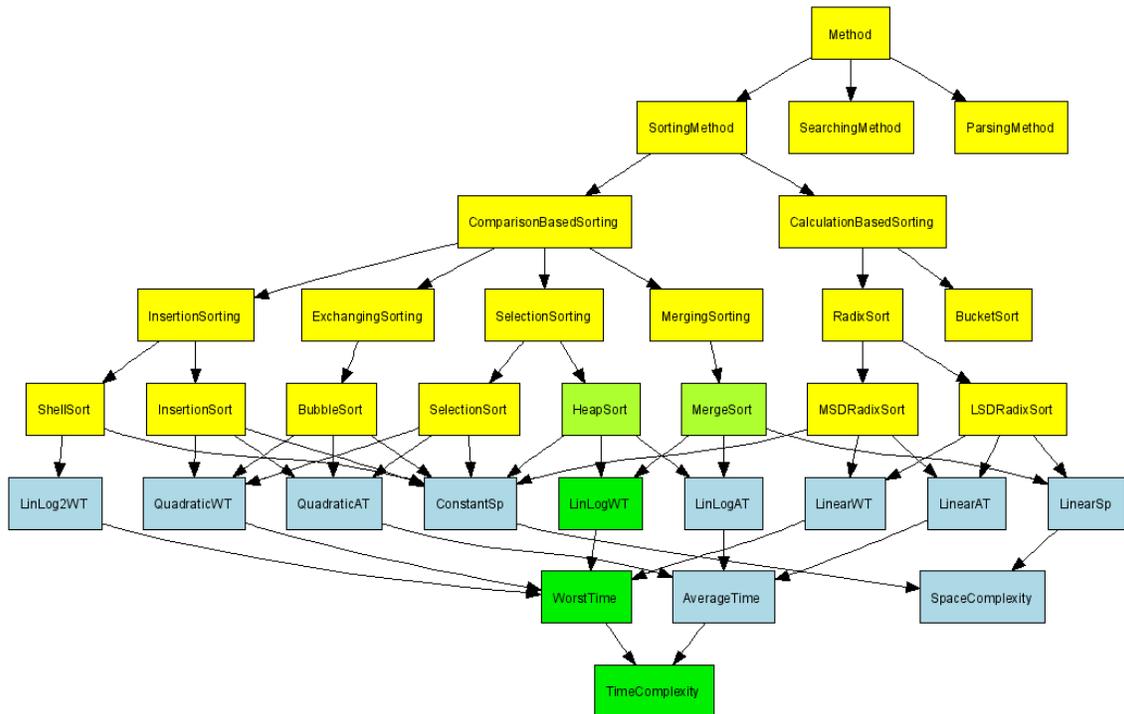


Figura 7.5. Algoritmos de ordenamiento logarítmicos-lineales en el peor caso

La intersección de estas tres expresiones da el conjunto de todos los algoritmos que tengan complejidad constante del espacio, tiempo de ejecución logarítmico-lineal en el caso promedio y complejidad logarítmica-lineal en el peor caso. Para la pequeña ontología considerada aquí, el conjunto de soluciones es la instancia que contiene el **HeapSort** como el único elemento:

$$\{HeapSort\} \equiv \forall hasSpaceComplexity.ConstantSp$$

$$\square \forall hasAverageTimeComplexity.QuadraticAT$$

$$\square \forall hasWorstTimeComplexity.QuadraticWT$$

La Figura 7.6 muestra los algoritmos, de hecho solamente uno (**HeapSort**), que tienen estas tres características.

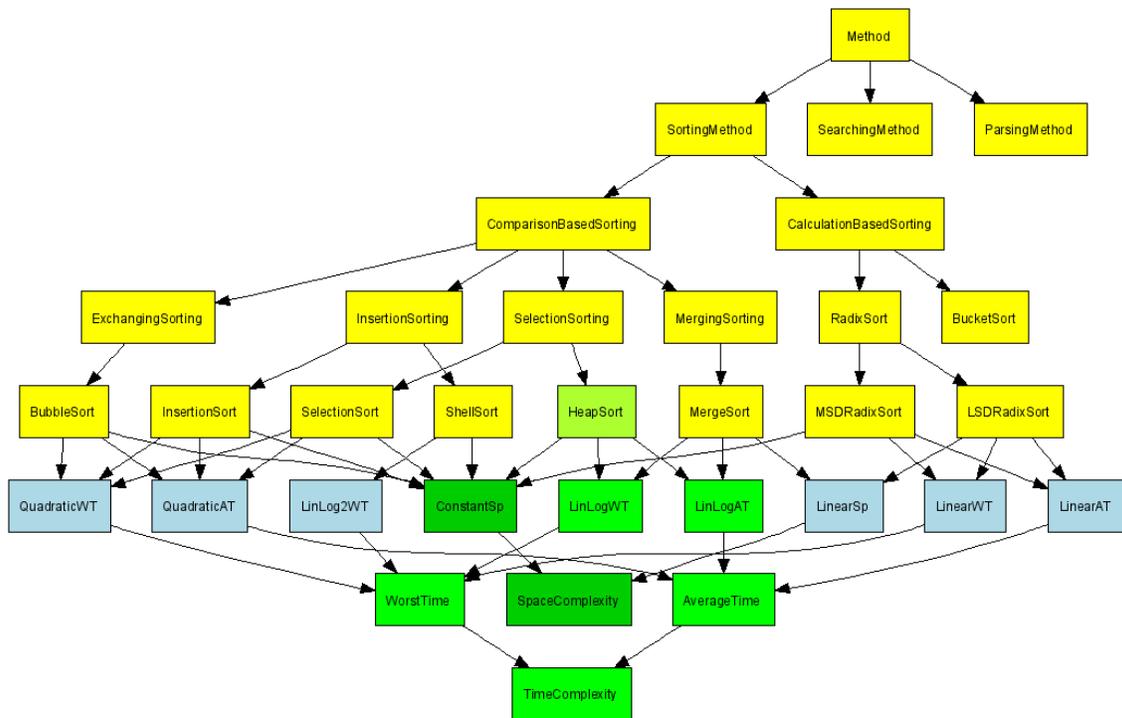


Figura 7.6: Algoritmo de ordenamiento *HeapSort*

Existen otras relaciones que no se han considerado en esta clasificación, aunque son de uso general como criterios en el diseño de algoritmos de ordenamiento: ordenamiento en el

lugar (es decir, un método que no utiliza ningún espacio adicional), por el tipo de memoria utilizada (interno o externo), y estabilidad.

Internal \sqcup *External* \sqsubseteq *MemoryUsage*

isStable \sqcup *isInPlace* \sqsubseteq *Method* \times $\{\top, \perp\}$

isInPlace \sqsubseteq \forall *hasSpaceComplexity.Constant*

usesMemory \sqsubseteq *Method* \times *MemoryUsage*

enlacePW \sqsubseteq *Method* \times *LearningObject*

Para los propósitos de traer más información se asoció a los métodos la propiedad *enlace_OAp* que proporciona la información explicativa sobre cómo el algoritmo trabaja, las animaciones, las implementaciones disponibles, entre otros, bajo la forma de Objetos de Aprendizaje.

La búsqueda de soluciones consiste en determinar los Objetos de Aprendizajes que corresponden a una solución del problema especificado a través de la consulta realizada.

El algoritmo de búsqueda de soluciones que realiza el mapeo concepto - soluciones, consulta la ontología y tiene los siguientes supuestos:

- argumentos de entrada: conceptos abstractos expresados en lenguaje natural, que describen el contexto y las características del problema.
- argumentos de salida: las soluciones que satisfacen la consulta y los Objetos de Aprendizaje que describen dichas soluciones.

7.3.1 Formalización para la búsqueda de soluciones

En esta sección se brinda una formalización de la guía de solución de problemas mediante ontologías.

Sea $\mathcal{C} = \{\text{ente}_i : \text{ente}_i \text{ describen problemas}\}$, el conjunto de entes que participan (conforman) en la descripción de problemas.

Sea $\mathcal{S} = \{\text{sol}_j : \text{sol}_j \text{ resuelven problemas}\}$, el conjunto de soluciones aplicadas a los problemas.

Sean $k, l, d, p \in \mathbb{N}^+ \cup \{0\}$

Sea $\hat{\mathcal{C}} = \{\hat{c}_k \in \mathcal{C} : k \in [1, n]\}$, el conjunto de elementos (términos técnicos) que describen un problema específico.

Sea $\hat{\mathcal{S}} = \{\hat{s}_l \in \mathcal{S} : l \in [1, q]\}$, el conjunto de soluciones que resuelven un problema específico.

Sea $\check{\mathcal{O}}$ una tupla que describe la ontología, $\check{\mathcal{O}} = \{\hat{\mathcal{C}}, \hat{\mathcal{S}}, \mathcal{Q}\}$, donde

$$\hat{\mathcal{C}} \neq \emptyset$$

$$\hat{\mathcal{S}} \neq \emptyset$$

$$\hat{\mathcal{C}} \cap \hat{\mathcal{S}} = \emptyset$$

\mathcal{Q} = conjunto de axiomas y restricciones que garantizan la integridad de la ontología

- $\hat{c}_k \in \hat{\mathcal{C}}$ tienen un nombre único que los identifica
- $\hat{s}_l \in \hat{\mathcal{S}}$ tienen un nombre único que las identifica
- la relación **organizacion**: $\hat{c}_i \mathcal{R} \hat{c}_j$ se puede establecer entre dos elementos $\hat{c}_i, \hat{c}_j \in \hat{\mathcal{C}}$, tal que $\hat{c}_i = \text{subclaseof}(\hat{c}_j)$
- la relación **solve**: $\hat{c}_p \mathcal{R} \hat{s} \in \hat{\mathcal{C}} \times \hat{\mathcal{S}}$, se puede establecer entre $\hat{c}_p \in \hat{\mathcal{C}}$ y $\hat{s} \subseteq \hat{\mathcal{S}}$, tal que $i_d = \text{aplica}(\hat{s})$

Sea una Solución representada en Objeto de Aprendizaje (SOA) un registro formado por varios campos que describen a los elementos de \hat{S} ,

SOA = (NOMBRE, ÁREA, RELATIVOa, TIPO), donde

NOMBRE: Identifica al Objeto de Aprendizaje,

ÁREA: Identifica el dominio del problema,

RELATIVOa: Identifica el concepto del problema asociado y

TIPO: Identifica al tipo de solución representada (Descripción Teórica, Descripción Algorítmica, Ejemplo práctico)

Considérese una gráfica con la siguiente estructura:

Nodos: Las relaciones **solve**, es decir la unión de los conceptos y sus soluciones.

Aristas: Una pareja (\hat{c}_i, \hat{c}_j) es una arista si $\hat{c}_i = \text{subclaseof}(\hat{c}_j)$

Planteadas una consulta, la cual puede ser vista como una fórmula bien formada en un lenguaje lógico cuyos átomos están determinados por la gráfica anterior, podría ésta convertirse en alcanzar los nodos en esa gráfica, determinados por ciertos conceptos descritos en la consulta y devolver los SOA correspondientes.

Así, el problema de responder consultas se reduce a encontrar caminos en la gráfica introducida, y las ontologías pueden usarse como la estructura que aconseja (*pieces of advice*) para localizar los caminos entre nodos asociados a los conceptos descritos en la consulta.

La búsqueda de soluciones de problemas P mediante ontologías $\check{G} = \{\check{O}, \check{A}\}$, se basa en una ontología \check{O} y un algoritmo \check{A} , tal que

1. \check{O} : conceptualiza el problema P

2. \check{A} : es el algoritmo que dada una consulta, devuelve el conjunto de las soluciones que satisfacen la consulta

Algoritmo \check{A}

Entradas: $\{ x_1, x_2, \dots, x_k : x_1, x_2, \dots, x_k \in \mathcal{C} \}$

Salidas: $\hat{S} \subseteq \hat{S}$

$\forall x_i \in \mathcal{C}, i \in [1, k]$

if $x_i \in \hat{C}$

 arregloinstancias[x_i] = **instancias** (x_i)

 arreglosoluciones[x_i] = **solve** (arregloinstancias[x_i])

$\hat{S} = \cap \text{arreglosoluciones}[x_i], i \in [1, k]$

El diseño del algoritmo es presentado a continuación.

7.3.2 Un algoritmo para el razonamiento en la ontología: Algoritmo Búsqueda de Mejores Soluciones Conocidas Relacionadas

La búsqueda del conjunto de soluciones a un problema dado por una consulta consiste en determinar el conjunto de Objetos de Aprendizaje que representan un conjunto de soluciones que aplican al problema. El algoritmo “**Búsqueda Mejores Soluciones Conocidas Relacionadas**” mostrado en la Figura 7.7 recupera todas las soluciones conocidas que mejor puedan aplicar al problema dado.

ALGORITMO Búsqueda Mejores Soluciones Relacionadas
ENTRADA ONTOLOGIA, CONSULTA
SALIDA SOLUCIONES, OBJETOSAPRENDIZAJE

```
BEGIN
  1 SOLUCIONES, OBJETOSAPRENDIZAJE ← ∅
  2 Words ← Split(CONSULTA) \ NonDiscriminantWords
  3 FORALL Word IN Words DO
  4   Name ← Lexicon.GetStem(Word)
  5   FORALL Concept IN ONTOLOGIA
  6     IF CONCEPT.NAME = NAME THEN
  7       SOLUTION[CONCEPT.NAME] ← CONCEPT.RELACIONADO
  8     END IF
  9   END FORALL
  10 END FORALL
  11 SOLUCIONES ← SOLUTION[1]
  12 FORALL s IN DOM(SOLUTION) DO
  13   SOLUCIONES ← SOLUCIONES ∩ SOLUTION[s]
  14 END FORALL
  15 FORALL s IN Solutions DO
  16   OBJETOSAPRENDIZAJE ← OBJETOSAPRENDIZAJE ∪ s.ENLACEPW
  17 END FORALL
END
```

Figura 7.7: Algoritmo Búsqueda Mejores Soluciones Relacionadas

El algoritmo recibe como entradas una ONTOLOGIA y una CONSULTA que es una descripción narrativa abstracta del problema y devuelve como salidas el conjunto de SOLUCIONES que soluciona la CONSULTA según la ONTOLOGIA y el conjunto de OBJETOSAPRENDIZAJE asociado a las SOLUCIONES. La ONTOLOGIA tiene una estructura jerárquica, la búsqueda comienza en el concepto más general de la estructura de la ontología y desciende en la estructura hacia los conceptos más especializados.

El algoritmo itera para cada elemento del conjunto WORDS (líneas 3 a la 10) y para cada concepto descrito en la ontología (líneas 5 al 9) para determinar el CONCEPT cuya propiedad NAME es la raíz de una palabra discriminante. En caso de que NAME identifique un concepto

abstracto en la ONTOLOGIA (líneas 6 al 8) se crea una nueva entrada en el arreglo SOLUTION que es definida para asociar la solución obtenida de la propiedad RELACIONADO del CONCEPTS (línea 7).

El conjunto final SOLUCIONES es obtenido por la intersección de las soluciones parciales (líneas 10 a la 14) y el conjunto de OBJETOSAPRENDIZAJE es obtenido por la unión de los Objetos de Aprendizaje dados por la propiedad ENLACEPW de cada solución (líneas 15 a la 17).

En este algoritmo, la función SPLIT(CONSULTA) devuelve las palabras no repetidas que aparecen descritas en la CONSULTA. La función GETSTEM(WORD) devuelve la raíz de WORD. La función DOM() devuelve el conjunto de todos los elementos para la cual una entrada del arreglo es definida.

El conjunto predefinido NONDISCRIMANTWORDS contiene las palabras usadas, que no contribuyen a determinar el dominio del problema, e.g., artículos, pronombres y verbos. Las operaciones de unión (\cup), intersección (\cap), y diferencia (\setminus) para conjuntos tienen su usual significado.

El algoritmo utiliza el iterador FORALL, que tiene la definición

FORALL ELEMENT IN SET DO ACTION END

significando que la variable ELEMENT es instanciada con cada miembro del conjunto SET. Si es diferente al conjunto vacío, se ejecuta ACTION sobre ELEMENT.

El iterador que recorre la ontología comienza en el concepto más general y procede en profundidad hacia los conceptos más especializados.

Cuando las palabras discriminantes (WORD) determinan conceptos con conjuntos disjuntos de soluciones, entonces el algoritmo responde con un conjunto vacío, que indica algún tipo de inconsistencia en la consulta.

7.4 Publicación de conocimiento

La publicación de conocimiento (conjunto de soluciones) consiste en actualizar un repositorio centralizado de materiales educativos (Objetos de Aprendizajes - OA) con el acervo de las soluciones conocidas a los problemas que se abordan y mantener su organización en la ontología. Los OA pueden ser de dos tipos: OA básicos y OA suplementarios.

Los OA básicos son elaborados por el profesor o experto del tema y representa la información más general del problema. Los OA suplementarios son elaborados por los estudiantes como consecuencia de las soluciones a las que arriben del proceso de solución del problema. Estos OA complementan la información contenida en los OA básicos.

El proceso de publicación es conducido por el profesor. Los OA básicos se incorporan cuando el profesor o experto adiciona una nueva solución en la clase Solutions y realiza el proceso de actualización en la ontología. Los OA suplementarios se publican cuando el profesor decide que la solución obtenida por el estudiante contiene elementos relevantes que complementan la información contenida en el OA básico. El profesor debe almacenar el OA en el Repositorio de Objetos de Aprendizaje, y actualizar las instancias en la ontología.

7.4.1 Creación del Objeto de Aprendizaje Suplementario

Como resultado de la resolución del problema, el estudiante propone una solución al problema. Esta nueva solución es representada mediante un OA. El OA debe incluir: 1) el documento integrador generado de las diferentes etapas, 2) los programas fuentes, o los

resultados documentados, o las simulaciones o los experimentos realizados, y en su caso, 3) las demostraciones matemáticas que utilizó.

Este OA es elaborado por el estudiante y es publicado por el profesor (si representa una aportación novedosa) en el repositorio de OA y en consultas posteriores estará disponible para que sea analizada por otros estudiantes. En el anexo C se muestran las características más importantes de RELOAD EDITOR³⁷, una herramienta que permite elaborar Objetos de Aprendizaje.

La estructura del documento integrador sigue el modelo de un artículo científico y cubre las siguientes secciones: título, problema, introducción, trabajo relacionado, resultados de la experimentación, conclusiones y referencias; y mediante este documento se resume todo el proceso de investigación, experimentación, análisis y solución del problema, el cual refleja la solución (conocimiento) alcanzada por el estudiante.

El documento está estructurado por secciones debidamente etiquetadas, cada sección corresponde a cada una de las etapas del ABMC. Cada sección tiene asociado **metadatos**, los cuales permiten hacer una recuperación y clasificación de los documentos. Los **metadatos** que describen el documento se listan en la Tabla 7.1.

Tabla 7.1: Metadatos del documento integrador

| Metadato | Descripción |
|--------------------------------------|---|
| Desc_problema | Contiene la formulación del problema a resolver |
| Desc_categoria | Describe el dominio del problema |
| Desc_argumentacionCategoria | Contiene la argumentación de la inclusión en un determinado dominio |
| Desc_termino | Describe los términos abstractos del problema |
| Desc_correspondenciaOntologia | Contiene la correspondencia con el concepto descrito en la ontología para el termino descrito |

³⁷ RELOAD EDITOR es un proyecto desarrollado por Joint Information System Committee (JISC) y mantenido por la Universidad de Boston.

| | |
|-----------------------------|---|
| | por Desc_termino |
| Desc_trabajoPrevio | Describe la referencias a un trabajo previo |
| Desc_argumentaciontp | Describe el aporte del trabajo previo referenciado por Desc_trabajoPrevio |
| Desc_solucion | Describe la solución implementada por el estudiante al problema |
| Desc_conclusion | Describe las conclusiones al problema |

En cada etapa del ABMC, se elaboran documentos parciales, los cuales son estructurados jerárquicamente. Para elaborar un documento parcial se generan plantillas. Una plantilla es una estructura XML que contiene los elementos necesarios para documentar una de las etapas del ABMC y etiquetar los metadatos correspondientes a dicha etapa. Estos documentos parciales sirven al profesor para hacer comprobación de los objetivos de cada etapa. A partir de estos documentos parciales (plantillas de la etapa) la capa de gestión conforma el documento integrador.

La siguiente sección describe la capa de gestión para implantar el ABMC. Esta capa es necesaria ya que proporciona los mecanismos automatizados para realizar la búsqueda y la publicación de Objetos de Aprendizaje, que constituyen soluciones un problema específico.

7.5 RibONTOMiddleware: Capa de gestión para implementar el Aprendizaje Basado en el Método Científico

La capa de gestión de conocimiento es implementada mediante un *middleware* para facilitar su implantación en diferentes sistemas educativos (LMS) independiente de su plataforma de desarrollo. Un *middleware* es una capa intermedia de conectividad, entre componentes de software o aplicaciones, que ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento, el intercambio de datos y el enmascaramiento de la heterogeneidad de las aplicaciones [218, 219].

El *middleware* que desarrollamos se ejecuta en el lado de un servidor dedicado y lo llamamos RibONTOMiddleware. RibONTOMiddleware manipula la representación del conocimiento del dominio mediante ontologías, el Repositorio de Objetos de Aprendizaje centralizado (repositorio de conocimiento) y proporciona los servicios para:

- la manipulación de la ontología (consulta, actualización, modificación),
- la búsqueda del conocimiento almacenado en el Repositorio de Objetos de Aprendizaje (soluciones representadas mediante Objetos de Aprendizaje), y
- la publicación de nuevos conocimientos (soluciones) en forma de Objetos de Aprendizaje.

7.5.1 Diseño de RibONTOMiddleware

RibONTOMiddleware es implementado mediante un *servlet java*, una aplicación JAVA que se ejecuta en un *Servidor Web* dedicado.

RibONTOMiddleware está conformado por dos capas: la capa de *interfaz de servicio* y la capa de *implementación de servicios*. Un diagrama en bloque de las capas y su relación con la ontología y el repositorio de Objetos de Aprendizaje se muestra en la Figura 7.8.

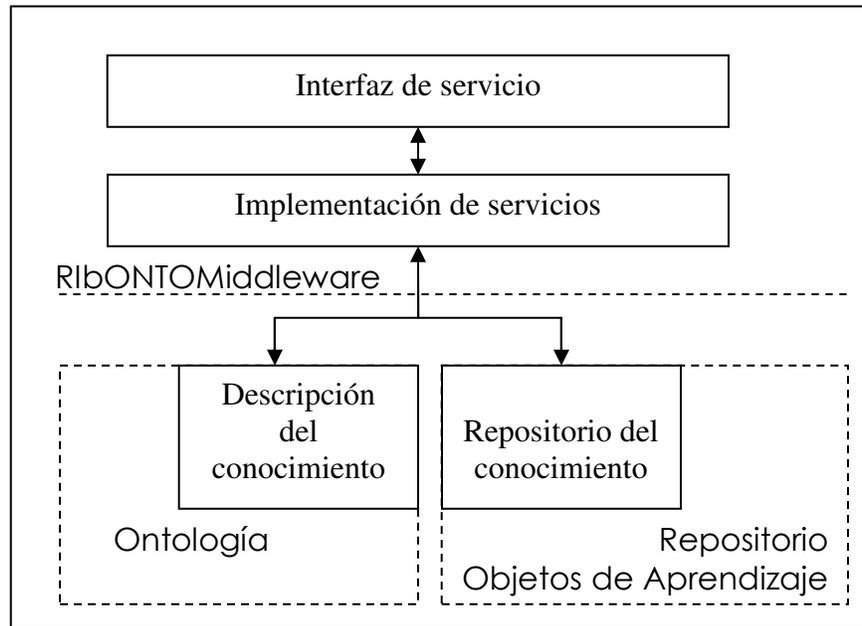


Figura 7.8: Componentes de RibONTOMiddleware

La capa de interfaz de servicio proporciona la interfaz de usuario para acceder a los servicios y proporciona los resultados de la ejecución de los mismos.

La capa de implementación de servicios extiende la API³⁸ edu.stanford.smi.protege.owl.ProtegeOWL para manejar la descripción del conocimiento representado mediante un documento OWL e implementa los servicios que garantizan la manipulación y el mantenimiento tanto de la ontología como del repositorio de conocimiento (Repositorio de Objetos de Aprendizaje).

7.5.2 Servicios de RibONTOMiddleware

Los servicios que brinda RibONTOMiddleware se dividen en dos categorías: servicios de usuario y servicios de soporte. Los servicios de usuario permiten que los estudiantes o usuarios del entorno puedan revisar la representación del conocimiento (Listar

³⁸ Una API (del inglés *Application Programming Interface* – Interfaz de Programación de Aplicaciones) es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro *software* como capa de abstracción.

Conceptos, Consulta). Los servicios de soporte permiten que el administrador pueda realizar la actualización del conocimiento (Listar Soluciones, Añadir Nuevo Concepto, Añadir Nueva Solución, Añadir Relación, Publicar Solución). Estos servicios no son accesibles por los estudiantes.

La Tabla 7.2 muestra un compendio de los servicios y sus funcionalidades que brinda la RibONTOMiddleware para implantar el ABMC.

Tabla 7.2: Servicios de RibONTOMiddleware

| Servicios de RibONTOMiddleware | Funcionalidad |
|---------------------------------------|--|
| Servicios de usuario | |
| Listar Conceptos | Devuelve un listado de los conceptos que están representados en la ontología |
| Consulta | Realiza una búsqueda de las soluciones que satisfacen los requerimientos especificados. |
| Preparar Plantilla Etapa 1 | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 1: Analizar Problema, del ABMC. El estudiante debe especificar si el problema es de resolución simple o compleja, además debe especificar la categoría a la que pertenece el problema y argumentar su elección. |
| Preparar Plantilla Etapa 2 | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 2: Formular hipótesis, del ABMC. El estudiante debe argumentar y describir la hipótesis en función de los términos descritos en la ontología que describen el dominio. |
| Preparar Plantilla Etapa 3 | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 3: BUSCAR Soluciones Conocidas, del ABMC. El estudiante debe argumentar y describir los trabajos previos obtenidos al realizar la consulta apropiada. |
| Preparar Plantilla Etapa 4 | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 4: Experimentar Solución, del ABMC. El |

| | |
|--|--|
| | estudiante debe realizar la descripción de la solución al problema. |
| Preparar Plantilla Etapa 5 | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 5: Revisar hipótesis, del ABMC. El estudiante debe argumentar si la experimentación realizada pudo comprobar la hipótesis y describir las conclusiones a las que le condujo la resolución del problema. |
| Preparar Plantilla Integrar | Este servicio genera un documento que permite integrar los resultados de aplicar el ABMC al problema planteado y documentarlo para su publicación. |
| Servicios de soporte Listar Soluciones | Devuelve un listado de las soluciones que están registrados en la ontología. |
| Añadir Nuevo Concepto | Adiciona un nuevo concepto que describe el dominio. Con este servicio se especifican nuevos conceptos que son introducidos en la ontología. Para ello hay que especificar el nombre con el cual se hará referencia en las búsquedas y las soluciones con las que este concepto este relacionado. |
| Añadir Nueva Solución | Adiciona una nueva solución. Con este servicio se actualizan la biblioteca (Repositorio de Objetos de Aprendizaje) y la ontología de soluciones. |
| Añadir Relación | Define las soluciones relacionadas con un concepto abstracto. Se utiliza para actualizar las relaciones entre conceptos y soluciones. |
| Publicar Solución | Realiza la publicación de nuevas soluciones (conocimientos). Mediante este servicio se actualiza el repositorio de Objeto de Aprendizaje. |

En el anexo B: "Interfaz de servicios de RibONTOMiddleware" se detallan todos los servicios que se proporcionan en este *middleware*, brindando: el nombre, la descripción, los parámetros de entrada y los parámetros de salida de cada uno de ellos.

7.6 Entorno de enseñanza – aprendizaje EnEMoCi

EnEMoCi es un entorno colaborativo constructivista de aprendizaje virtual que permite reutilizar el conocimiento y brinda las siguientes características: permite la gestión de cursos y de usuarios, permite la implementación del ABMC, así como la publicación y recuperación de conocimiento representado en forma de Objetos de Aprendizaje mediante la capa de software dedicada RibONTOMiddleware.

7.6.1 Arquitectura del entorno EnEMoCi

La arquitectura del entorno EnEMoCi (ver diagrama en bloques en la Figura 7.9) está formada por dos bloques fundamentales: 1) módulo de gestión de cursos y 2) módulo de gestión del conocimiento.

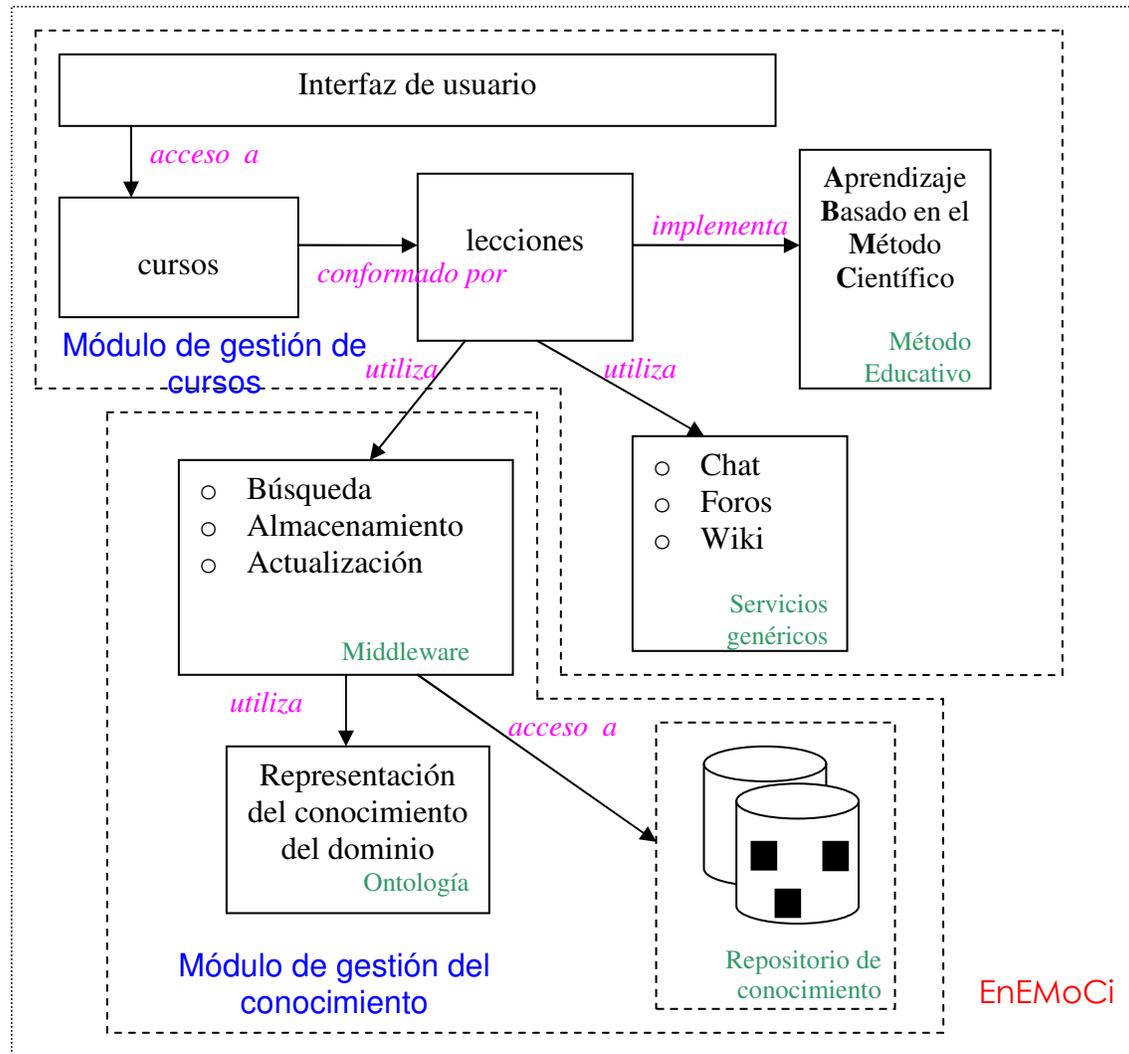


Figura 7.9: Arquitectura del entorno EnEMoCi

7.6.1.1 Módulo de gestión de cursos

El módulo de gestión de cursos se encarga de proveer la interfaz de usuario y el manejo de cursos y de usuarios. Mediante este módulo se pueden realizar las siguientes acciones: publicar, modificar o eliminar cursos, dar de alta, de baja o modificar la matrícula del estudiante. Asimismo, controla los derechos de acceso del resto de los usuarios (profesores, administradores) y sirve como instrumento de comunicación entre estudiantes y profesores.

En nuestro diseño, el módulo de gestión de cursos se implanta mediante el sistema de administración de cursos Moodle [220], el cual es un LMS de distribución libre bajo la licencia pública GNU. Moodle es usado para crear y gestionar cursos en la Web, registrar y realizar la supervisión del progreso de estudiantes a través de distintas actividades de aprendizaje, además de proporcionar estadísticas de los usuarios y de los cursos. Moodle permite la integración de Objetos de Aprendizaje SCORM (*Shareable Content Object Reference Model*) y tiene miles de sitios registrados [146], con un crecimiento exponencial. Las características anteriores, más su gran difusión, la facilidad de uso, la cantidad de recursos y de comunidades que participan, han hecho que se le considere como uno de los más importantes LMS en la actualidad, por lo cual se eligió como plataforma para este módulo.

Los cursos incorporados a Moodle pueden estar estructurados en temas, secciones o lecciones y cada uno de ellos puede proponer un problema que debe solucionarse siguiendo la metodología del ABMC. Moodle proporciona los siguientes recursos que son empleados para implantar actividades del ABMC: Chat y Tareas.

En Moodle una Tarea es cualquier trabajo, labor o actividad que asignamos a los alumnos. Normalmente los alumnos han de devolver el producto de su trabajo como un archivo digital: un documento de texto con un trabajo escrito, una presentación con diapositivas, una imagen gráfica, un video, un programa, o cualquier cosa susceptible de ser encapsulada como un archivo informático. Las Tareas permiten al profesor calificar a los alumnos. Las Tareas presentan las siguientes características:

- Puede especificarse la fecha final de entrega de una tarea, que aparecerá en el calendario del curso, y la calificación máxima o el uso de escalas personalizadas que se le podrá asignar.
- Los estudiantes pueden subir sus tareas (en cualquier formato de archivo) al servidor. Se registra la fecha en que se han subido.

- Se permite enviar tareas fuera de tiempo, pero el profesor puede ver claramente el tiempo de retraso.
- En cada tarea en particular, puede evaluarse a toda la clase (calificaciones y comentarios) en una única página con un único formulario.
- Las observaciones del profesor se adjuntan a la página de la tarea de cada estudiante y se le envía un mensaje de notificación.
- El profesor tiene la posibilidad de permitir el reenvío de una tarea tras su calificación (para volver a calificarla).

En Moodle un Chat representa el recurso que permite a los participantes discutir de forma sincrónica a través de *Internet* un tema específico. Esta es una útil manera de tener una comprensión de los otros y del tema en debate. El módulo de Chat contiene varias utilidades para administrar y revisar las conversaciones anteriores.

Un recurso Tarea es utilizado en cada etapa del ABMC para que los profesores puedan revisar el avance de los estudiantes. Un recurso Chat es utilizado en las etapas que requieren colaboración. Sin embargo, Moodle como LMS presenta algunas limitaciones para la implantación del ABMC:

- Los recursos publicados por el profesor son almacenados en directorios. Los estudiantes pueden incorporar conocimiento (mediante documentos que responden a determinada Tarea, un recurso propio del LMS), pero éste sólo es visible para el profesor. El resto de los estudiantes no tiene acceso a esos documentos. Esta característica no permite que se reutilicen los documentos.
- No tiene un mecanismo integrado para ayudar a los estudiantes a realizar búsquedas de conocimiento.

De ahí que sea necesario extender las funcionalidades del LMS para proporcionar las funcionalidades adecuadas que permitan la implantación del ABMC. Estas funcionalidades se brindan en el módulo de gestión del conocimiento.

7.6.1.2 Módulo de gestión de conocimiento

El módulo de gestión del conocimiento se encarga de proporcionar los mecanismos necesarios para la implantación del ABMC dentro del LMS: la representación, la búsqueda y la publicación de conocimiento (soluciones), que extienden las funcionalidades que tradicionalmente brinda el LMS. Este módulo se implementa mediante RibONTOMiddleware. Para utilizar los servicios de la capa de gestión RibONTOMiddleware se deben ejecutar los siguientes tres pasos:

1. El usuario del sistema debe cargar la interfaz de usuario y seleccionar el servicio apropiado.
2. La capa de gestión identifica el servicio y solicita los datos correspondientes al usuario. Si los datos son completados de forma correcta se pasa al paso 3, sino se le pide nuevamente al usuario que los complete.
3. La capa de gestión procesa los datos, devuelve los resultados al usuario y brinda el estado de la ejecución del servicio solicitado.

Cada etapa del ABMC puede requerir de servicios del módulo de gestión de cursos o los servicios que brinda el módulo de gestión del conocimiento. En la Tabla 7.3 se muestra un compendio que describe los servicios que utiliza cada etapa del ABMC.

Tabla 7.3: Servicios requeridos en cada etapa del ABMC

| Etapas del ABMC | Servicios requeridos |
|--------------------------------------|---|
| Analizar el problema en grupo | Chat – módulo de gestión de cursos Listar Conceptos - módulo de gestión de conocimiento Preparar Plantilla Etapa 1 - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |
| Formular la hipótesis | Chat – módulo de gestión de cursos Listar Conceptos - módulo de gestión de conocimiento Preparar Plantilla Etapa 2 - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |
| Buscar soluciones conocidas | Consulta - módulo de gestión de conocimiento Preparar Plantilla Etapa 3 - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |
| Experimentar solución | Consulta - módulo de gestión de conocimiento Preparar Plantilla Etapa 4 - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |
| Revisar la hipótesis | Preparar Plantilla Etapa 5 - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |
| Publicar solución | Preparar Plantilla Integrar - módulo de gestión de conocimiento Tarea – módulo de gestión de cursos |

7.6.2 Usuarios del entorno EnEMoCi

El entorno EnEMoCi puede ser utilizado por 3 tipos de usuarios: el administrador, los estudiantes y los profesores. El usuario cuyo rol es el de administrador tiene los privilegios de registrar a los usuarios y de asignar su rol, además de incorporar los cursos y de asignar los profesores.

Los usuarios cuyo rol es el de **profesor** pueden hacer las siguientes actividades: adicionar materiales y asignarlos a cada curso. Asesorar a los estudiantes, en el proceso de aprendizaje, durante la sesión; proponer los problemas, forma los grupos, evaluar las soluciones (acepta-rechaza) y publicar soluciones.

Los usuarios cuyo rol es el de **estudiante** pueden hacer las siguientes actividades: participar en el curso al cual está inscrito, comunicar con los otros estudiantes y con el profesor, además analizar soluciones y proponer soluciones a los problemas planteados por el profesor.

Es necesario destacar que para implantar el ABMC, es necesario incorporar nuevas actividades a los roles de estudiantes y profesores, las cuales se describen en la Tabla 7.4.

Tabla 7.4: Actividades de profesores y estudiantes

| | Profesor | Estudiante |
|----------------------------------|--|---|
| Actividades tradicionales | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Adicionar materiales del curso y asignarlo a cada curso. ▪ Asesorar en el aprendizaje de los estudiantes en la sesión | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Participar en el curso en el que está inscrito ▪ Comunicar con los otros estudiantes y con el profesor |
| Nuevas actividades | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Proponer problemas ▪ Revisar soluciones: aceptar / rechazar ▪ Publicar soluciones | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar soluciones ▪ Proponer soluciones a los problemas planteados |

Con la finalidad de facilitar el acceso, el uso adecuado del entorno de aprendizaje, así como fomentar una cultura del conocimiento según el ABMC, previamente es necesario capacitar al estudiante brindándole: 1) las estrategias de resolución de problemas, 2) los meta conocimientos acerca del conocimiento que se estudia (representación ontológica) y 3) las forma de acceso al módulo de gestión del entorno. El conocimiento previo sobre la materia y los problemas a resolver son provistos por el profesor o experto del dominio.

- Capítulo 7: "Implantación del Aprendizaje Basado en el Método Científico en Entornos Virtuales de Aprendizaje" –

Para hacer uso del entorno, los usuarios deben iniciar una sesión a través del portal del entorno (la Figura 7.10 muestra la interfaz de usuario). El portal del sitio describe los fundamentos del ABMC y permite autenticarse y seleccionar los cursos.

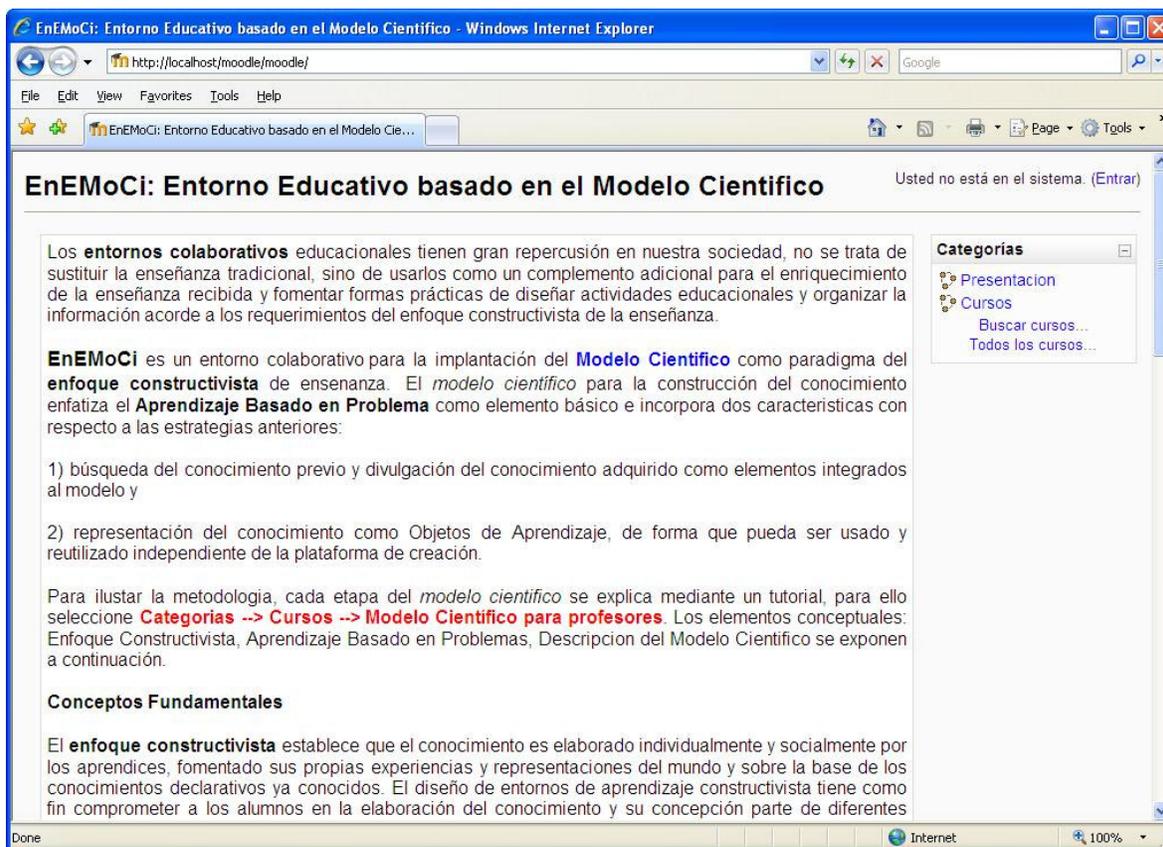


Figura 7.10: Interfaz de usuario del entorno EnEMoCi

Una sesión comienza cuando el usuario se conecta al sitio Web del entorno EnEMoCi, identificándose de forma apropiada con su nombre de usuario y contraseña. Una vez dentro del entorno pueden ejecutar las acciones de acuerdo a su rol.

A continuación se detalla dos perspectivas: la del profesor y la del estudiante, en las cuales se explican las actividades que deben realizar, cada uno de ellos, según lo establecido por el ABMC.

7.6.2.1 Perspectiva del profesor

El profesor debe diseñar el curso e incorporar las actividades que marcan las etapas del ABMC (ver actividades en Tabla 7.3), también debe calendarizar el curso y dar mantenimiento al mismo. Además de participar en las actividades que requieren su intervención, como son: comunicarse con los estudiantes a través del **Chat** y revisar las **Tareas** que se derivan de la implantación de cada etapa del ABMC.

7.6.2.2 Perspectiva del estudiante

Si el usuario es un estudiante, seleccionando el curso y tema correspondiente puede comenzar a realizar las actividades, las cuales corresponden a las etapas del modelo. La Figura 7.11 muestra la interfaz para la selección de cursos. El entorno sólo permite seleccionar los cursos en los cuales el estudiante está inscrito.

Una vez que el estudiante ha seleccionado el curso, puede ejecutar las actividades que conforman cada sesión.

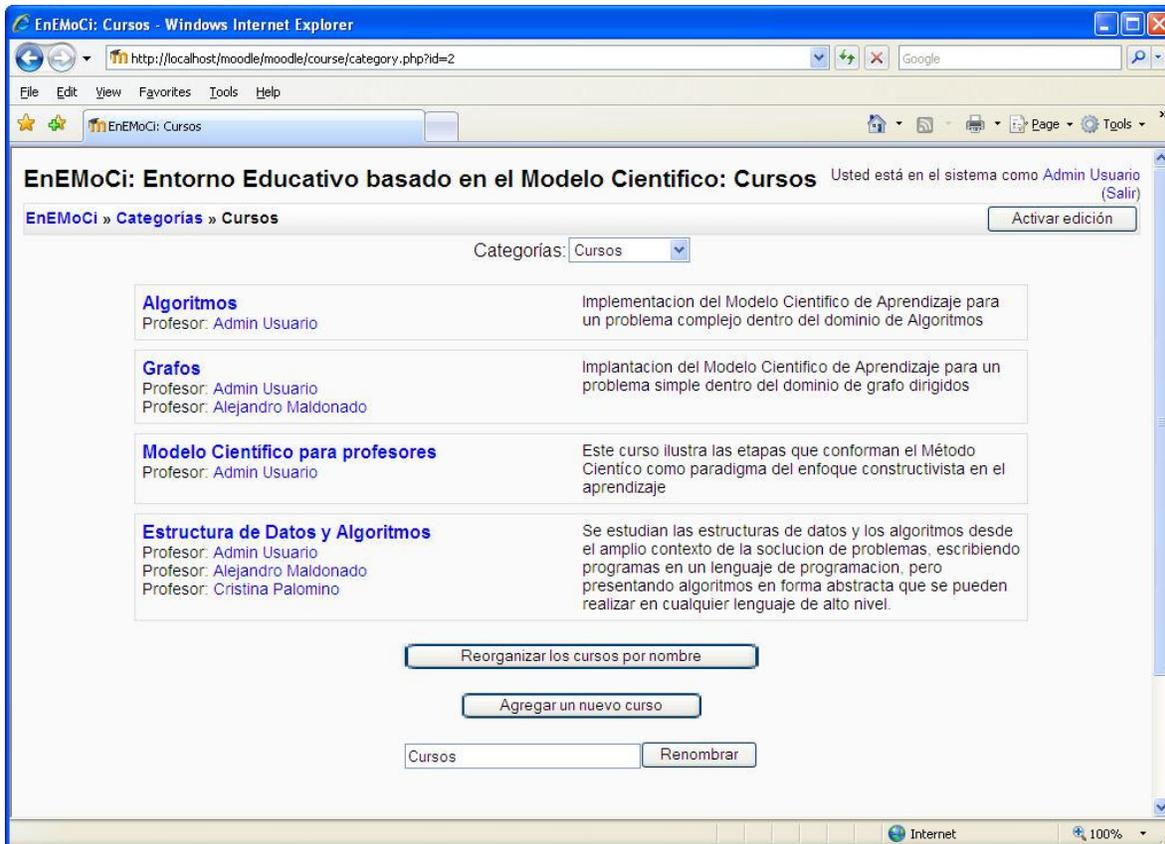


Figura 7.11: Interfaz de selección de cursos

El estudiante, después de que ha seleccionado el curso, debe realizar las actividades que el profesor ha diseñado para cada etapa.

En la Figura 7.12 se muestra la interfaz de organización de una sesión en el curso. Observe como se han incluidos los siguientes recursos:

- Buscador: enlace al servicio de consulta de RIBONTOMiddleware
- RIBONTO: enlace a los servicios de usuario de RIBONTOMiddleware
- Problema: describe el problema a resolver
- Guía Metodológica: describe las acciones para implantar el ABMC para el problema a resolver

- Gestión del conocimiento para entornos de enseñanza – aprendizaje con enfoque constructivista basado en el Método Científico -

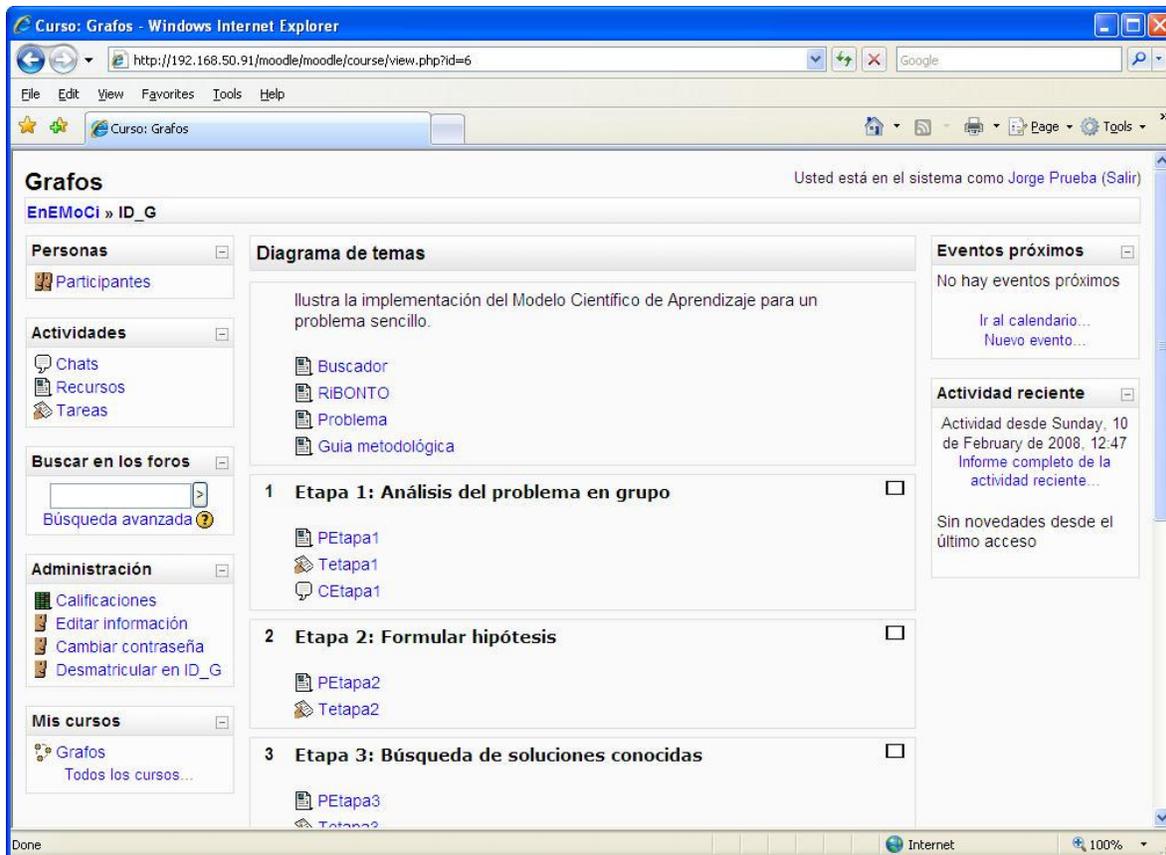


Figura 7.12: Interfaz del entorno para el estudiante dentro del curso

7.7 Resumen del capítulo

En este capítulo se han descrito los servicios de la capa de gestión de conocimiento que garantiza las funcionalidades del ABMC (RiBONTOMiddleware). Entre los principales servicios se encuentran los de búsqueda de conocimiento (consulta) y publicación de conocimiento (publicar solución).

Las ontologías constituyen el aspecto fundamental para el desarrollo del ABMC porque define la organización que se utiliza para la ayuda al estudiante en la solución de problemas mediante la recuperación de las mejores soluciones, las cuales representan el conocimiento previo.

El servicio de consulta (de RIBONTOMiddleware) basa su motor de búsqueda en ontologías que describen el dominio del problema que se quiere consultar y devuelve las soluciones conocidas que abordan ese dominio en forma de OA. Mediante el servicio de publicar solución se actualiza el repositorio de conocimiento. El proceso de creación del Objeto de Aprendizaje describe metadatos que facilita el proceso de búsqueda.

El servicio de consulta desarrollado brinda resultados más precisos a las consultas y en la medida que se describe más el problema, en función de los términos que se utilizan en la ontología, el resultado de la consulta es más precisa, con lo cual se reduce el tiempo de búsqueda y el problema de sobrecarga cognitiva. Sin embargo, el servicio de consulta presenta ciertas limitaciones, entre las que se encuentran: la ontología posee un conjunto reducido de conceptos que debe ser ampliado, la interfaz de lenguaje natural requiere un procesamiento más sofisticado que identifique raíces de términos, verbos, adjetivos y forme frases y oraciones

Los servicios de la capa de gestión de conocimiento (RIBONTOMiddleware) garantizan la actualización y el mantenimiento apropiado de la ontología y del repositorio de Objetos de Aprendizaje, necesarios para implantar el ABMC.

El entorno EnEMoCi brinda un espacio de búsqueda necesario para la implantación del ABMC. Las características más importantes descritas del entorno EnEMoCi son:

- ⇒ está conformado por dos módulos: el de **gestión de cursos**, implantado mediante el Sistema de Gestión de Cursos Moodle, y el de **gestión de conocimiento**, implantado mediante RibONTOMiddleware.
- ⇒ incorpora al entorno los mecanismos de búsqueda de materiales educativos, representados como Objetos de Aprendizaje.

⇒ permite resolver problemas mediante el ABMC.

⇒ facilita el aprendizaje constructivista, y fomenta las actividades colaborativas para la solución de los problemas.

La implementación de diferentes problemas ha demostrado que el mecanismo de recuperación de materiales educativos en un repositorio centralizado y estructurado en ontologías, cuyo contenido es dictaminado por expertos, reduce la sobrecarga cognoscitiva y aumenta la calidad de información útil proporcionada para el estudiante. Además puede ayudar a la formación de estudiantes en ciencias e ingeniería, ya que mediante un modelo sistemático se fomentan las habilidades de trabajo en grupo.

En el siguiente capítulo se muestran los casos de estudio que muestran la funcionalidad del algoritmo de búsqueda y el desarrollo de una sección en el entorno EnEMoCi para ilustrar la implantación de la metodología del ABMC en un problema.

Capítulo 8

Casos de estudio

En el capítulo 6 se presentó el Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) como metodología educativa para implementar el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). El ABMC propone la búsqueda de soluciones conocidas como elemento que permite ayudar a los estudiantes en la solución de un problema específico. En el capítulo 7 se presentó una implantación del ABMC en un Entorno Virtual de Aprendizaje cuyo servicio de consulta está basada en la interpretación de una ontología de dominio.

En este capítulo se muestran los casos de estudios que se desarrollaron, primero se ejemplifica el diseño de la ontología de dominio ONTOAbMC, luego se analizan los resultados de consultas basados en esa ontología que ofrece RibONTOMiddleware y finalmente, se muestra la implantación de una sesión completa para un problema sencillo que ejemplifica el funcionamiento del entorno EnEMoCi.

8.1 Descripción del dominio de los problemas mediante ONTOAbMC

Para ejemplificar el diseño de la ontología ONTOAbMC se escogieron tres casos de estudio: 1) descripción de la Teoría de Grafo, 2) descripción de la Teoría de Ordenamiento, pertenecientes al dominio de Estructuras de Datos y Algoritmos empleados en Ciencias de Computación, y 3) descripción del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras (CSCL). En cada caso de estudio se describe el dominio, se determinan los conceptos que describen el dominio, se muestra la descripción de los conceptos modelado con *Prótegé* y un extracto del código OWL generado por *Prótegé*.

8.1.1 Ontología para la descripción de la Teoría de Grafo

Descripción de la teoría de grafo

Un grafo G es un par ordenado $G = (V, E)$, donde: V es un conjunto de vértices o nodos, y E es un conjunto de arcos o aristas, que relacionan estos nodos [221]. Normalmente V (y por tanto también E) suele ser finito. Un grafo puede ser dirigido o no dirigido.

Un grafo no dirigido o grafo propiamente dicho es un grafo $G = (V, E)$ donde:

- $V \neq \emptyset$
- $E \subseteq \{x \in \mathcal{P}(V) : |x| = 2\}$ es un conjunto de *pares no ordenados* de elementos de V .

Un par no ordenado es un conjunto de la forma $\{a,b\}$, de manera que $\{a,b\} = \{b,a\}$. Para los grafos, estos conjuntos pertenecen al conjunto potencia de V de cardinalidad 2, el cual se denota por $\mathcal{P}(V)$.

Un grafo dirigido o *digrafo* es un grafo $G = (V, E)$ donde:

- $V \neq \emptyset$
- $E \subseteq \{(a, b) \in V \times V : a \neq b\}$ es un conjunto de *pares ordenados* de elementos de V .

Dada una arista (a, b) , a es su nodo inicial y b su nodo final. Por definición, los grafos dirigidos no contienen ciclos.

Ontología

La Figura 8.1 muestra un diagrama de los conceptos que describen el dominio.

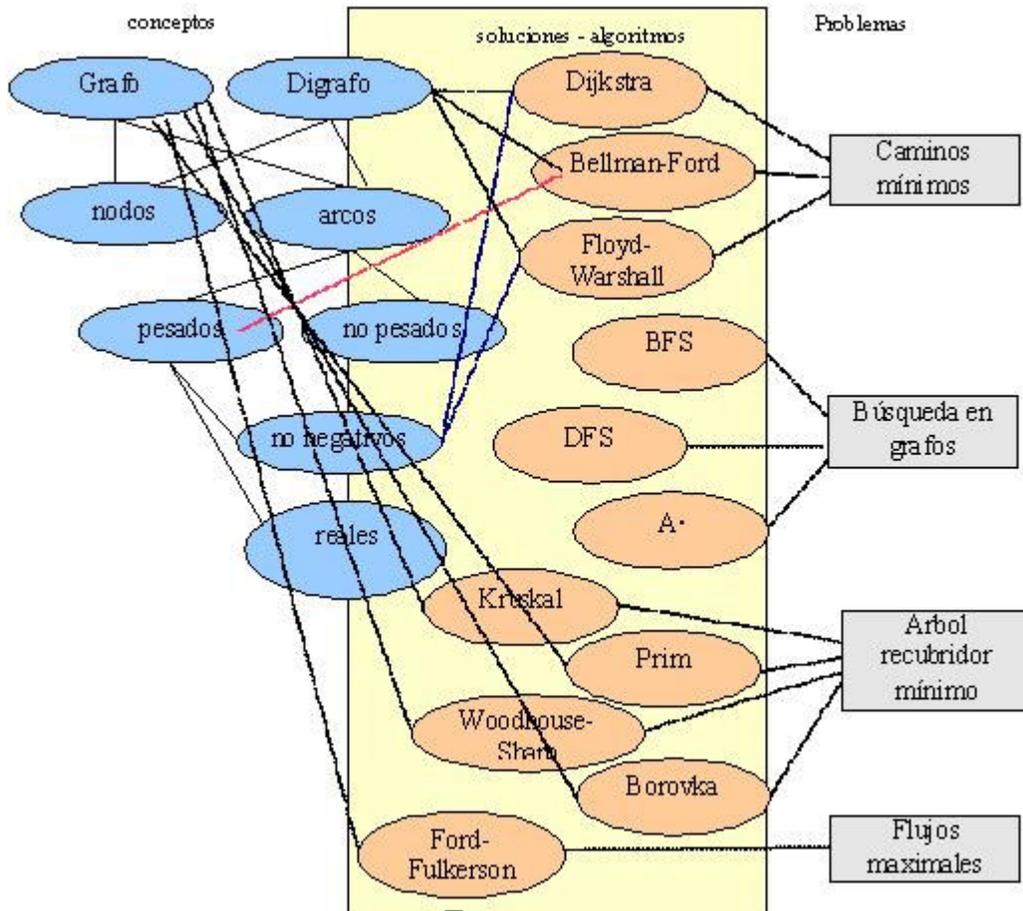


Figura 8.1: Diagrama de conceptos del dominio Teoría de Grafo

De esta descripción se puede extraer que los conceptos que describen el dominio son: Grafo, Dígrafo, Nodos, Arcos, Pesado, No Pesado, Valores no Negativos; los problemas abordados son: Caminos Mínimos, Búsqueda en Grafo, Árbol recubridor Mínimo y Flujos maximales; y las posibles soluciones están representadas por los algoritmos: Dijkstra, Bellman-Ford, Floyd-Washall, BFS, DFS, Kruskal, entre otros.

La Figura 8.2 muestra la descripción de clases para el dominio de la Teoría de Grafo, modelada con *Prótege* y un extracto del código OWL generado.

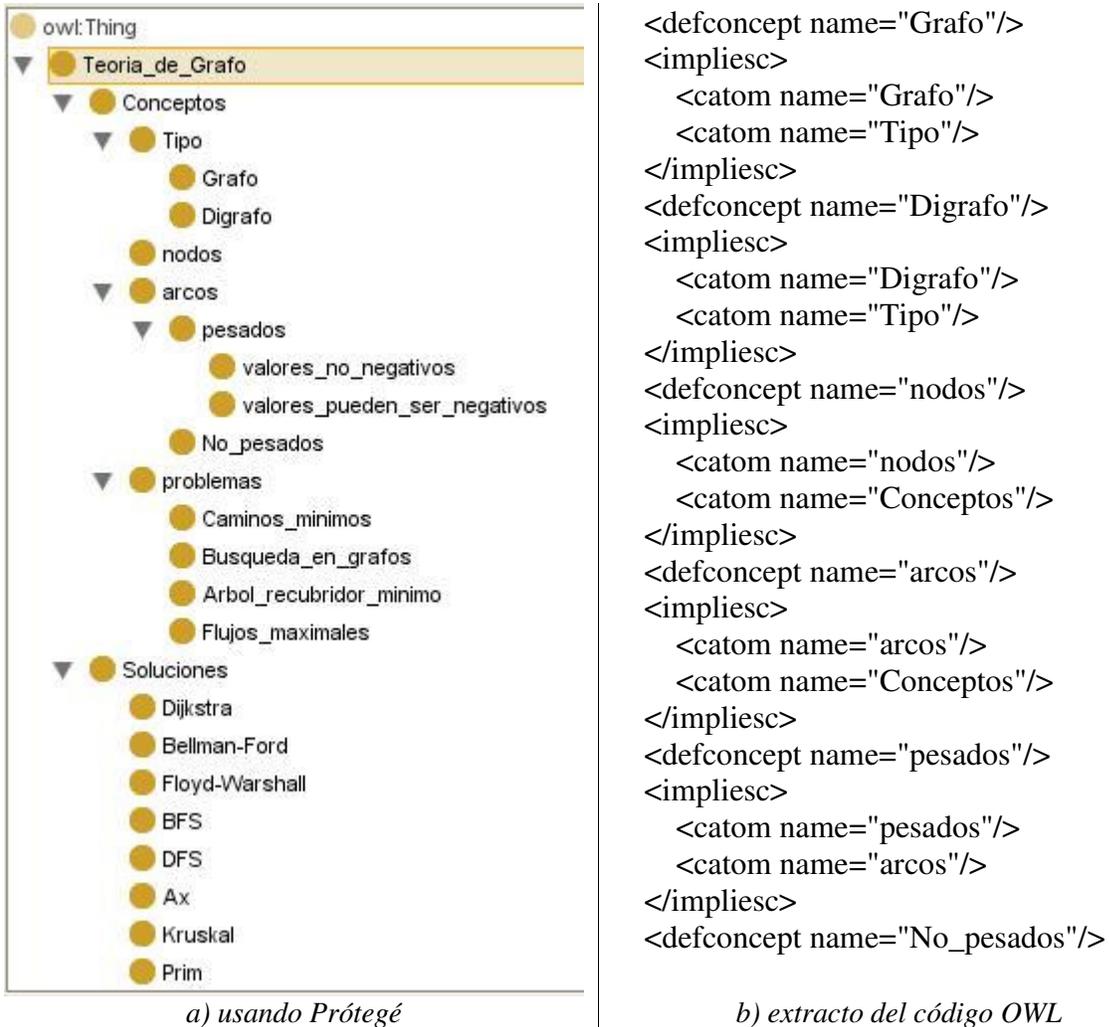


Figura 8.2: Descripción de clases de la Teoría de Grafo

8.1.2 Ontología para la descripción de la Teoría de Ordenamiento

Descripción de la teoría de ordenamiento

Un algoritmo de ordenamiento es un algoritmo que pone elementos en una secuencia dada por una relación de orden, es decir, el resultado de salida ha de ser una permutación (o reordenamiento) de la entrada que satisfaga la relación de orden dada [222, 223, 224]. Las relaciones de orden más usadas son el orden numérico y el orden lexicográfico.

Los algoritmos de ordenamiento se pueden clasificar de diferentes maneras, a saber:

- Según el lugar donde se realice la ordenación
 - Algoritmos de ordenamiento interno: en la memoria de la computadora
 - Algoritmos de ordenamiento externo: en un lugar externo, por ejemplo en un disco duro
- Por el tiempo que tardan en realizar el ordenamiento, dadas entradas ya ordenadas o inversamente ordenadas:
 - Algoritmos de ordenamiento natural: Tarda lo mínimo posible cuando la entrada está ordenada.
 - Algoritmos de ordenamiento no natural: Tarda lo mínimo posible cuando la entrada está inversamente ordenada.
- Por estabilidad: un ordenamiento estable mantiene el orden relativo que tenían originalmente los elementos con claves iguales. Por ejemplo, si una lista ordenada por fecha se reordena en orden alfabético con un algoritmo estable, todos los elementos cuya clave alfabética sea la misma quedarán en orden de fecha. Otro caso sería cuando no interesan las mayúsculas y minúsculas, pero se quiere que si una clave aBC estaba antes que AbC, en el resultado ambas claves aparezcan juntas y en el orden original: aBC, AbC. Cuando los elementos son indistinguibles (porque cada elemento se ordena por la clave completa) la estabilidad no interesa. Los algoritmos de ordenamiento que no son estables se pueden implementar para que sí lo sean. Una manera de hacer esto es modificar artificialmente la clave de ordenamiento de modo que la posición original en la lista participe del ordenamiento en caso de coincidencia.

Los algoritmos se distinguen por las siguientes características:

- Complejidad Computacional (peor caso, caso promedio y mejor caso) en términos de n , el tamaño de la lista o arreglo. Para esto se usa el concepto de *orden* de una función y se usa la notación $O(n)$. El mejor comportamiento para ordenar (si no se aprovecha la estructura de las claves) es $O(n \log n)$. Los algoritmos más simples son cuadráticos, es decir $O(n^2)$. Los algoritmos que aprovechan la estructura de las

claves de ordenamiento (por ejemplo *bucket sort*) pueden ordenar en $O(kn)$ donde k es el tamaño del espacio de claves.

- Uso de memoria y otros recursos computacionales.
- Tipo de operación empleada para realizar el ordenamiento: intercambio, selección, particionamiento, etc.

Ontología

La Figura 8.3 muestra un diagrama de los conceptos del dominio Ordenamiento.

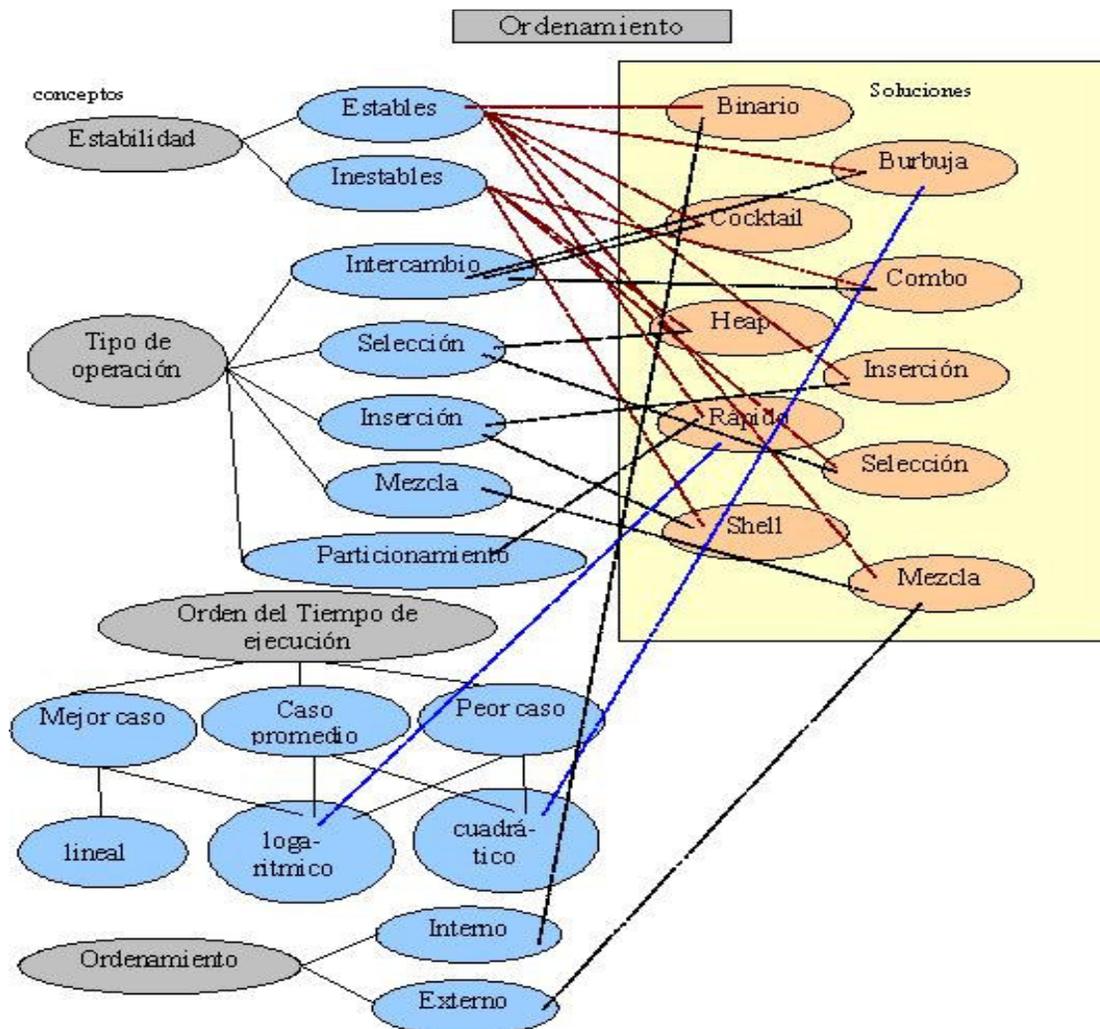


Figura 8.3: Diagrama de conceptos del dominio Ordenamiento

De esta descripción se puede extraer los conceptos fundamentales que describen un ordenamiento, éstos son: Estabilidad (Estables, Inestables), Tipo de operación (Intercambio, Selección, Inserción, Mezcla, Particionamiento), Tiempo de ejecución (Lineal, Logarítmico, Cuadrático) y las posibles soluciones están representadas por los siguientes algoritmos de Ordenamiento: Binario, Mezcla, Rápido, Selección, entre otros.

La Figura 8.4 muestra la descripción de clases del dominio de Ordenamiento, modelada con *Prótegé* y un extracto del código OWL generado.



a) usando *Prótegé*

```

<owl:Class rdf:ID="Ordenamiento"/>
<owl:Class rdf:ID="Particionamiento">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#CriteriodeOperacion"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="PeorCaso">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#Complejidad"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Quicksort">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#Soluciones"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Seleccion">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#CriteriodeOperacion"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Selection">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#Soluciones"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Soluciones">
  <rdfs:subClassOf
rdf:resource="#Ordenamiento"/>
</owl:Class>
</rdf:RDF>

```

b) Extracto del código OWL

Figura 8.4: Descripción de clases de Ordenamiento

8.1.3 Ontología para la descripción de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

Descripción de la teoría de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

Para describir la teoría del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras (CSCL) utilizaremos la descripción dada en los capítulos 2 y 3, así como en la sección 5.3, que describen los conceptos de aprendizaje colaborativo, estrategias de aprendizaje, técnicas didácticas pedagógicas, Objetos de Aprendizaje e implementaciones utilizadas en el CSCL.

Ontología

La Figura 8.5 muestra un diagrama de los conceptos del dominio.

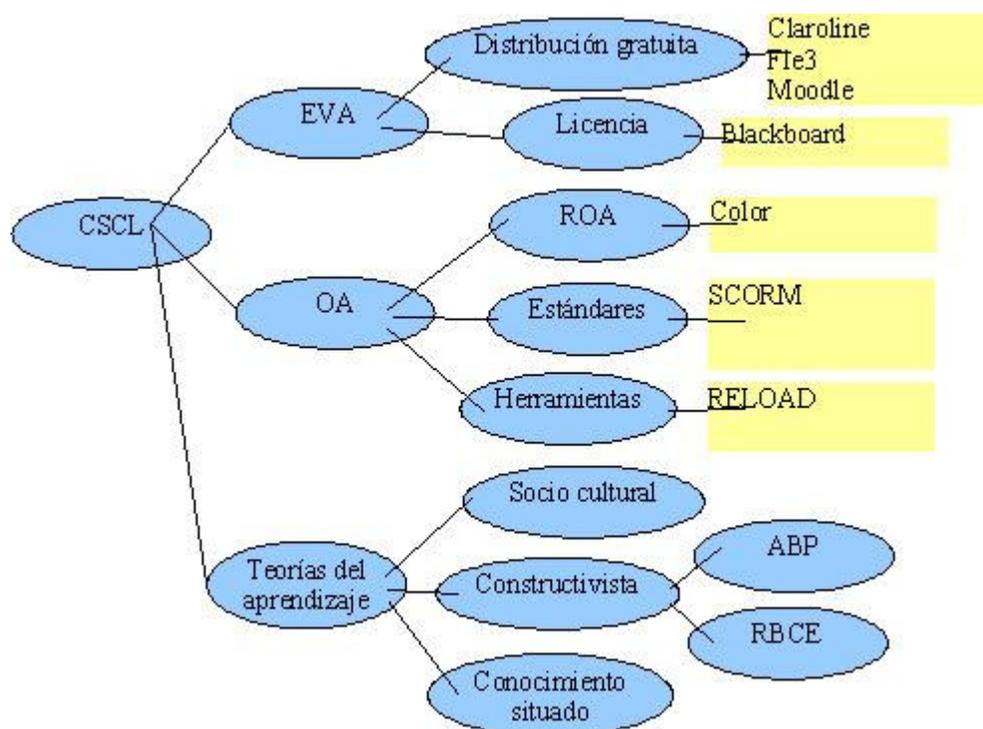


Figura 8.5: Diagrama de conceptos del dominio CSCL

Entre los conceptos que describen el CSCL están: Teorías de Aprendizaje, Implantaciones (Entornos Virtuales de Aprendizaje: con Distribución Gratuita, con Licencia), Objetos de Aprendizaje (Repositorios de Objetos

de Aprendizaje, Estándares para la elaboración de Objetos de Aprendizaje, Herramientas para la creación de Objetos de Aprendizaje). Los problemas que se pueden abordar pueden ser: encontrar los EVA y las herramientas que satisfacen los requerimientos para determinado tipo de enseñanza y/o recursos. Las soluciones están representadas por herramientas y teorías, entre ellas: Teoría Constructivista, RELOAD, Moodle, Claroline, entre otros.

La Figura 8.6 muestra la descripción de clases del dominio CSCL, modelado con *Prótegé* y un extracto del código OWL generado.

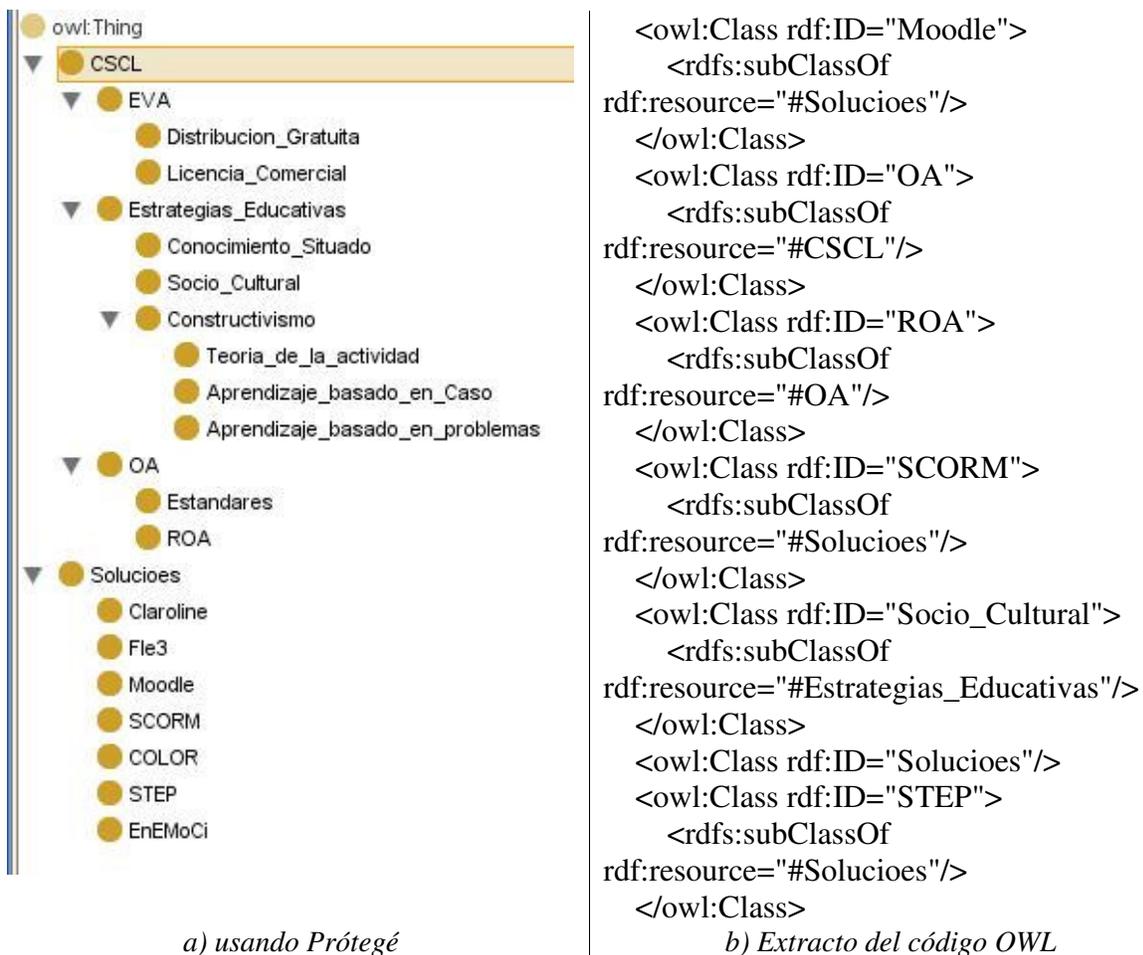


Figura 8.6: Descripción de clases del CSCL

8.1.4 Análisis de la representación del dominio mediante ONTOAbMC

Las descripciones de la teoría de grafo, de la teoría de ordenamiento y del CSCL junto a otras dentro del dominio de Algoritmos, son descritas en la ontología ONTOAbMC para modelar el conocimiento. La ontología ONTOAbMC constituye la parte de nuestro conocimiento sobre los problemas y sus soluciones.

ONTOAbMC permite comprobar que aún cuando existen áreas que son susceptibles de una mejor formalización que otras, en todas ellas existen conceptos fundamentales que se pueden clasificar con relaciones de hiperonimia / hiponimia (superclase de/subclase de).

Un extracto de la descripción de clases que integra los dominios descritos y es manipulada por RibONTOMiddleware se muestra en la Figura 8.7. Observe en ella, que mediante *Prótegé* se pueden especificar los conceptos (*classes*), los individuos (*instances*) y las propiedades (*name*, *relacionado*) que describen el modelo de la ontología descrito en el capítulo 6.

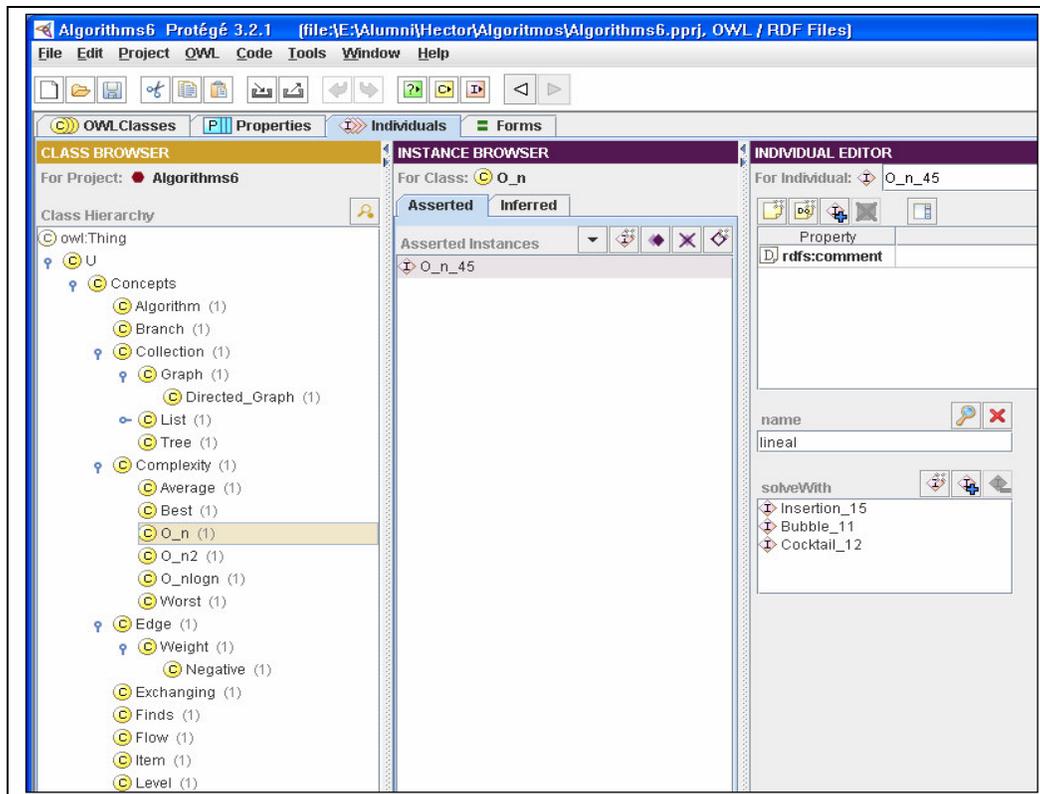


Figura 8.7: Extracto de la descripción de clases

Esta representación del conocimiento es utilizada para uniformizar y mejorar los métodos de búsqueda (y descubrimiento) de soluciones desarrollado.

El algoritmo de búsqueda sugiere a los estudiantes las soluciones conocidas para resolver un problema. A continuación se describen problemas y se analizan las soluciones obtenidas por el mecanismo de búsqueda de RibONTOMiddleware.

8.2 Estudio del servicio de búsqueda de RibONTOMiddleware

Para hacer un análisis del mecanismo de búsqueda desarrollado se analizan las experiencias, se comparan los resultados obtenidos con el buscador de la capa de gestión de conocimiento desarrollado y los obtenidos cuando se utilizan motores de búsqueda convencionales en la Web como Google³⁹, el cual contiene millones de documentos organizados por su contenido puramente lexicográfico. Para este análisis se utilizan como

³⁹ Google, Consultado en: <http://www.google.com.mx/ig?hl=es>

consultas casos de estudios de los dominios de la Teoría de Grafo, Ordenamiento y Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras.

8.2.1 Búsqueda para problemas de la Teoría de Grafo

Como ejemplo, supongamos un problema que podría enunciarse de la siguiente manera: “Dado un grafo dirigido cuyos arcos tienen costos positivos, determinar la ruta entre dos nodos cuyo costo sea mínimo” (Problema de la ruta más corta). Con este enunciado, los estudiantes pueden recurrir a alguna herramienta de búsqueda para recuperar información que satisfaga sus necesidades cognitivas.

En la Tabla 8.1 se muestran la descripción de los 10 primeros resultados de 289 obtenidos con *Google*.

Tabla 8.1: Resultados de la consulta para problemas de grafo con Google

| | Tipo de material | Descripción del enlace | Relacionado al tema |
|----|------------------|--|---------------------|
| 1 | PDF | Programación dinámica | NO |
| 2 | PDF | Programación dinámica | NO |
| 3 | PDF | Análisis comparativo de aproximaciones heurísticas | NO |
| 4 | PDF | Problema de ruta más corta | SI |
| 5 | PDF | Algoritmos básicos de grafo | SI |
| 6 | PDF | Simple <i>Source Shortest path</i> | SI |
| 7 | PDF | Cálculo infinitesimal | NO |
| 8 | PDF | Algoritmos heurísticos | NO |
| 9 | DOC | Grafos | NO |
| 10 | PPT | Investigaciones de operaciones | NO |

Ahora, comparemos los resultados de esta misma consulta usando el servicio de búsqueda del servidor RibONTOMiddleware, el cual gestiona materiales educativos organizados mediante una ontología y responde a consultas que devuelven los Objetos de Aprendizaje que representan las soluciones más apropiadas de acuerdo a las especificaciones dadas en la consulta. Los resultados obtenidos al realizar la consulta usando la herramienta se muestran en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2: Resultados de la consulta de problemas de la Teoría de Grafo utilizando RibONTOMiddleware

| <i>Descripción de los enlaces</i> |
|-----------------------------------|
| Algoritmo Bellman-Ford |
| Algoritmo Floyd-Warshall |
| Algoritmo Dijkstra |

En el ejemplo anterior se ilustra una consulta cuando el estudiante sabe con precisión los términos que debe emplear en la misma, sin embargo, si el estudiante no puede elaborar la consulta de forma apropiada, puede realizar un refinamiento paulatino de la misma.

Supongamos este mismo ejemplo, donde el estudiante sólo ha identificado que la solución está relacionada con algoritmos de grafos, puede realizar la consulta y a partir de esos resultados ir acotando la formulación de la consulta.

Se aplicaron diferentes consultas relacionadas con "Cálculo de camino más corto en un grafo dirigido" y se observó el comportamiento de las respuestas ofrecidas a las requisiciones formuladas. En la Tabla 8.3 se muestra la cantidad de resultados obtenidos para cada consulta realizada.

Tabla 8.3: Resultados del refinamiento a la consulta de problemas de Teoría de Grafo

| Consulta | Cantidad de Resultados |
|---|-------------------------------|
| <i>Algoritmos de grafo</i> | 13 |
| <i>Algoritmos de grafo para calcular ruta de costo mínimo</i> | 4 |
| <i>Algoritmos de grafo para calcular ruta de costo mínimo con pesos positivos</i> | 3 |

8.2.2 Búsqueda para problemas de la Teoría de Ordenamiento

Como ejemplo, supongamos un problema que podría enunciarse de la siguiente manera: "ordenar de forma ascendente una lista, formada con n registros cuyas llaves son cadenas utilizando un algoritmo de ordenamiento estable". Con este enunciado los estudiantes pueden recurrir a alguna herramienta de búsqueda. En la Tabla 8.4 se muestran la

descripción de los 10 primeros resultados de aproximadamente 403 000 obtenidos con *Google*.

Tabla 8.4: Resultados de la consulta para problemas de ordenamiento mediante Google

| | Tipo de material | Descripción del enlace | Relacionado al tema |
|----|-------------------------|--|----------------------------|
| 1 | HTML | Algoritmo de ordenamiento <i>Wikipedia</i> | SI |
| 2 | HTML | Ordenamiento | NO |
| 3 | HTML | Algoritmos de ordenamiento | SI |
| 4 | PDF | Algoritmos de ordenamiento | SI |
| 5 | PPT | Tutor de algoritmos | NO |
| 6 | HTML | Algoritmos | NO |
| 7 | HTML | Análisis de algoritmos | NO |
| 8 | HTML | Ordenamiento <i>RADIX</i> | NO |
| 9 | PDF | Algoritmos de ordenamiento | SI |
| 10 | PDF | Propiedad de transitividad | NO |

Ahora, comparemos los resultados de esta misma consulta usando el servicio de búsqueda del servidor RibONTOMiddleware. Los resultados obtenidos al realizar la consulta usando la herramienta se muestran en la Tabla 8.5.

Tabla 8.5: Resultados de la consulta a problemas de ordenamiento utilizando RibONTOMiddleware

| <i>Descripción de los enlaces</i> |
|-----------------------------------|
| Cocktail Sort |
| Bubble Sort |
| Insertion Sort |

8.2.3 Búsqueda para problemas del área de Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras

Como ejemplo, supongamos un problema que podría enunciarse de la siguiente manera: “encontrar Entornos Virtuales de Aprendizaje de distribución gratuita que soporten Objetos de Aprendizaje”. Con este enunciado los estudiantes pueden recurrir a alguna herramienta de búsqueda. En la Tabla 8.6 se muestran la descripción de los 10 primeros resultados de aproximadamente 57 700 obtenidos con *Google*.

Tabla 8.6: Resultados de la consulta sobre EVA mediante Google

| | Tipo de material | Descripción del enlace | Relacionado al tema |
|----|------------------|--|---------------------|
| 1 | PDF | Empaquetamiento de OA SCORM | NO |
| 2 | PDF | Empaquetamiento de OA SCORM | NO |
| 3 | HTML | Posgrados en Entornos Virtuales de Aprendizaje | NO |
| 4 | PDF | Empaquetamiento de OA SCORM | NO |
| 5 | PDF | Secuenciación de contenidos y OA | NO |
| 6 | HTML | Los objetos digitales, el futuro de la educación | NO |
| 7 | HTML | Moodle | SI |
| 8 | HTML | Materiales educativos digitales y repositorios de OA | NO |
| 9 | PPT | <i>Elearning</i> | NO |
| 10 | HTML | SCORM: estándar y uso | NO |

Ahora, comparemos los resultados de esta misma consulta usando el servicio de búsqueda del servidor RibONTOMiddleware. Los resultados obtenidos al realizar la consulta usando la herramienta se muestran en la Tabla 8.7.

Tabla 8.7: Resultados de la consulta sobre EVA utilizando RibONTOMiddleware

| Descripción de los enlaces |
|----------------------------|
| LMS Moodle |

8.2.4 Análisis del mecanismo de búsqueda de RibONTOMiddleware

En la Tabla 8.8 se muestra una comparación del porcentaje de información que resultó ser útil para el estudiante, comparando los resultados obtenidos con *Google* y con el servicio de búsqueda de RibONTOMiddleware.

Tabla 8.8: Comparación de información útil obtenidas en las consultas

| Problema estudio | Porcentaje de enlaces relacionado con el tema obtenidas con <i>Google</i> (%) | Porcentaje de enlaces no relacionado con el tema obtenidas con RibONTOMiddleware (%) |
|--|---|--|
| Teoría de grafo | 30 | 100 |
| Ordenamiento | 40 | 100 |
| Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras | 10 | 100 |

Como se puede apreciar, de la información recuperada mediante *Google*, sólo un bajo porcentaje es útil para el estudiante, ya que brindan las teorías y algoritmos relacionados para que el estudiante satisfaga sus necesidades cognitivas de aprendizaje en el problema que necesita resolver. Además, el estudiante, para decidir cuál información es la más apropiada, debe revisar cada enlace, lo cual significa una carga adicional.

Se puede apreciar que usando el motor de búsqueda de RibONTOMiddleware, basado en ontologías de contexto se obtuvieron los siguientes resultados: (1) el 100% de la información recuperada es útil para el estudiante ya que corresponde a los algoritmos que el estudiante debe estudiar para resolver el problema y (2) la cantidad de enlaces se redujo significativamente con respecto a los resultados obtenidos con el buscador convencional.

Diferentes consultas incluyeron otros problemas de la Teoría de Grafos y problemas de Ordenamiento, para los cuales se obtuvieron similares resultados, observando que con motores de búsquedas basados en ontologías se pueden obtener resultados adecuados y precisos a las consultas que con los motores de búsquedas basados en textos.

Como puede observarse, con el buscador no convencional de la capa de gestión de conocimiento RibONTOMiddleware, se obtienen resultados en forma de Objetos de Aprendizaje. Estos Objetos de Aprendizaje contienen la descripción de las soluciones y son útiles para que los estudiantes satisfagan las consultas que son formuladas. En la medida que el problema se describa más, en función de los términos abstractos que se utilizan en la ontología, el resultado de la consulta es más precisa, con lo cual se reduce el tiempo de búsqueda y el problema de la sobrecarga cognitiva.

Otros aspectos a considerar se muestran en la Tabla 8.9, en la cual se describen la heterogeneidad en el tipo de los materiales recuperados y su calidad.

Tabla 8.9: Comparación de características de los materiales recuperados

| Características | mediante <i>Google</i> | mediante <i>RibONTOMiddleware</i> |
|---------------------|---|--|
| Homogeneidad | No hay homogeneidad, los materiales recuperados pueden estar en diferentes formatos, mayoritariamente: pdf, html y ppt. | Se recuperan Objetos de Aprendizaje que siguen el estándar SCORM |
| Calidad | No se garantiza | Los Objetos de Aprendizaje se recuperan de un repositorio supervisado por expertos |

Sin embargo, hay que mencionar que en el caso del dominio del Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadoras se deben modelar de forma adecuada los problemas y su representación en la ontología para que las soluciones obtenidas a las consultas sean más precisas.

8.3 Uso del entorno **EnEMoCi**: sesión para resolver un problema sencillo

Como caso de estudio se ha escogido un escenario típico del curso de *Algoritmos y Estructuras de Datos*, en donde los estudiantes deben resolver diferentes problemas. El curso **Grafos** implementa el ABMC para el escenario de un problema sencillo dentro de la teoría de grafo. Un problema sencillo es aquel que mediante la utilización de los algoritmos de la teoría se puede solucionar el problema.

Considérese el siguiente escenario del curso de "Análisis y Diseño de Algoritmos" [225], en donde los estudiantes deben resolver el siguiente problema: "*Se dispone de un mapa que muestra varias ciudades así como los enlaces terrestres o aéreos conocidos entre ellas, indicando la distancia en kilómetros de cada enlace. ¿Cuál es la forma más económica para viajar de una ciudad cualquiera a otra?*"

Este problema pertenece a la Teoría de Grafos y se requiere utilizar los algoritmos para el cálculo del camino más corto. Los estudiantes siguiendo la metodología del ABMC deben resolver este problema.

Se puede observar en la Figura 7.12 la descripción de las actividades que conforman el modelo, las cuales se pueden acceder directamente a través del enlace Guía Metodológica. Además de brindar enlaces para el acceso directo al servicio de consulta y a los servicios de usuario de RibONTOMiddleware mediante Buscador y RibONTO respectivamente.

Siguiendo las indicaciones de la Guía Metodológica el estudiante realiza las actividades planificadas en cada etapa del ABMC, las cuales comienzan con la presentación del problema y su análisis.

8.3.1 Etapa 1: Análisis del problema

Como resultado de esta etapa, el estudiante debe determinar si el problema es sencillo o complejo e identificar el área de conocimiento al que pertenece el problema.

Para ello debe revisar la descripción de áreas de conocimiento que parece en la ontología (mediante el **servicio de listar conceptos**) o colaborar con el profesor y con el resto de los estudiantes. El estudiante puede entrar a la sala de **chat** e intercambiar mensajes con los otros estudiantes que se encuentren activos en la sesión.

Finalmente el estudiante debe llenar la plantilla correspondiente a esta etapa, argumentando en base a los problemas análogos revisados y enviar el documento al profesor. En la Figura 8.8 se muestra la interfaz de la planilla 1.

Prepara Plantilla etapa 1

Tipo de Problema (*) Campo Obligatorio
 Problema de Resolución Simple
 Problema de Resolución Compleja

Categoria: Computacion/grafos (*) Campo Obligatorio

Argumentacion:
El problema puede ser modelado mediante la Teoria de Grafo, donde cada ciudad se corresponde con un nodo.

Nombre Archivo: CE (*) Campo Obligatorio

AplicarP1

Figura 8.8: Interfaz para argumentar etapa 1 del ABMC

Se debe hacer notar que el estudiante ha determinado la categoría del problema y ha argumentado su elección.

El documento generado es enviado al profesor el cual revisa y le hace las observaciones correspondientes que le permiten al estudiante tener una retroalimentación de su respuesta.

El estudiante debe esperar la valoración del profesor y repetir esta etapa si no ha sido cumplimentada. EnEMOCi mantiene el documento más reciente enviado por el estudiante en el directorio creado para el estudiante.

Si es adecuada la respuesta, el estudiante puede realizar las actividades de la etapa 2: Formular hipótesis.

8.3.2 Etapa 2: Formular hipótesis

Una vez que el estudiante ha determinado el área al que pertenece el problema debe plantear la hipótesis de solución. Para ello debe hacer una correspondencia de la descripción del problema con los términos abstractos descritos en la ontología.

Como el planteamiento del problema es formulado en términos concretos (lenguaje coloquial, natural), el estudiante debe transformarlo a términos abstractos contemplados en la ontología. Este proceso es el resultado del entendimiento del problema por parte del estudiante, de la revisión de la ontología y del análisis en grupo.

Los elementos que deben reforzarse y estar presentes en el grupo para fomentar el aprendizaje colaborativo son:

- La responsabilidad individual: cada integrante del grupo es responsable del trabajo del grupo.
- La interdependencia positiva: cada integrante del grupo depende del resto para llevar a cabo el trabajo.
- La interacción promotora: mediante la interacción de los integrantes del grupo se desarrollan relaciones más ricas y aprendizajes más eficaces.
- El proceso de grupo: periódicamente debe realizarse una reflexión y una evaluación formativa del proceso para efectuar las modificaciones necesarias.

Para apoyar el cumplimiento de esta actividad y propiciar la colaboración del grupo, el profesor debe abrir una sala de discusión (a través del *Chat*, servicio del administrador de curso) la cual propicia un ambiente de trabajo colaborativo; en ella cada estudiante puede intercambiar mensajes que le permitan esclarecer el problema a resolver. Los estudiantes pueden y deben revisar los términos de la ontología que describe el conocimiento mediante los servicios apropiados que brinda la capa de gestión de conocimiento.

En la Figura 8.9 se muestra la interfaz de usuario para completar la información correspondiente a esta etapa.

Plantilla Etapa 2 - Simple

| Categoria: grafo | | |
|---|---|---|
| Complete el formulario con la relacion entre el planteamiento del problema y los terminos abstractos propios de la categoria (Puede hacer hasta 10 relaciones) | | |
| Correspondencia | Problema | Terminos |
| 1 | <input type="text" value="ciudades"/> | <input type="text" value="nodos"/> |
| 2 | <input type="text" value="enlaces entre ciudades"/> | <input type="text" value="arcos"/> |
| 3 | <input type="text" value="distancias entre las ciudades en kilometros"/> | <input type="text" value="peso positivo"/> |
| 4 | <input type="text" value="forma mas economica para viajar de una ciudad a otra"/> | <input type="text" value="encontrar camino mas corto"/> |
| 5 | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 6 | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 7 | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Figura 8.9: Interfaz de usuario para la plantilla de la etapa 2 del ABMC

Observe que el estudiante ha realizado una correspondencia y descrito el problema en términos que describen la Teoría de Grafo.

La correspondencia, entre los términos que describen el problema y los términos abstractos, es enviada al profesor y permite hacer la evaluación del trabajo en grupo y el seguimiento del aprendizaje.

Al igual que en el Aprendizaje Basado en Problemas, en el ABMC los estudiantes deben identificar los conceptos fundamentales del problema. Trabajando en colaboración, los estudiantes realizan aportaciones de acuerdo a sus experiencias, formulando comentarios, sugerencias y reflexiones sobre el planteamiento más abstracto del problema. El problema necesita plantearse con un nivel suficiente de abstracción para destacar los conceptos más fundamentales. Esto es necesario porque los algoritmos se describen usando términos abstractos que generalizan los términos usados en la descripción de la mayoría de los problemas comunes.

El problema puede ser reformulado abstractamente de la siguiente manera: “*Encontrar el camino más corto en un grafo dirigido*”, aunque enunciado más brevemente, este planteamiento del problema demuestra que los estudiantes han identificado perfectamente el área de estudio al que pertenece y han usado los términos apropiados que le caracterizan. Una vez enunciado de esta forma, los estudiantes pueden recurrir a alguna herramienta de búsqueda.

Si es adecuada la correspondencia de términos, el estudiante puede realizar las actividades de la etapa 3: Búsqueda de soluciones conocidas.

8.3.3 Etapa 3: Búsqueda de soluciones conocidas

Los términos abstractos de la descripción del problema son utilizados por los estudiantes para realizar una consulta y obtener los mejores algoritmos que satisfacen sus necesidades. Como entrada debe utilizar la descripción abstracta que se obtuvo de la etapa anterior. En la medida que la búsqueda sea más precisa, describiendo características del área, se encontrarán las soluciones más adecuadas.

Mediante el **servicio de consulta**, el estudiante puede acceder a una base de conocimiento con información validada. El estudiante introduce palabras que describen el problema (los términos abstractos que describen el problema) y como resultado se le proporcionan los algoritmos que mejor satisfagan esa búsqueda.

Los estudiantes obtienen un listado de las soluciones (en este caso los algoritmos), una breve descripción de los mismos, así como enlaces a una página *Web* (una para cada solución) que describe el funcionamiento de dichos algoritmos y/o codificaciones en diferentes lenguajes de programación. Además, si existen, se brindan los enlaces a otros Objetos de Aprendizajes SCORM relacionados con la solución, los cuales corresponden a implementaciones novedosas del algoritmo o simulaciones del mismo, que normalmente constituyen contribuciones de los estudiantes.

En la Figura 8.10 se muestra la interfaz de salida a una consulta, en ella se observan los resultados de la consulta y los enlaces correspondientes a los OA básicos que describen la solución.

| Algoritmos | OA Relacionados |
|---|-----------------|
| Nearest Neighbour Algoritmo del vecino más cercano. | |
| Floyd-Warshall Soluciona el problema de la trayectoria más corta en un grafo dirigido pesado | |
| Bellman Ford Calcula el camino más corto en un grafo pesado, donde algunos de los pesos de los arcos pueden ser negativos. | |
| Dijkstra Calcula el camino más corto en un grafo con peso de arcos no negativos. | |

Figura 8.10: Interfaz de resultados de la consulta mediante RibONTOMiddleware

Realizando una navegación por estos enlaces, el estudiante obtiene información relevante, que debe aprender y utilizar para resolver el problema. En la Figura 8.11 se muestra la información concerniente al enlace del algoritmo de Bellman-Ford (OA básico).

Algoritmo de Bellman-Ford

El algoritmo de Bellman-Ford genera los caminos mínimos desde un nodo origen de un grafo ponderado al resto de nodos del mismo.

[Descripción](#)

[Pseudocódigo](#)

[Referencias](#)

Descripción

Existen dos versiones:

Versión no optimizada para grafos con ciclos negativos, cuyo coste de tiempo es $O(VE)$

Versión optimizada para grafos con aristas de peso negativo, pero en el grafo no existen ciclos de coste negativo, cuyo coste de tiempo es también $O(VE)$

Figura 8.11: Objeto de Aprendizaje que describe el Algoritmo Bellman-Ford

Como resultado de esta actividad, el estudiante debe enviar un documento exponiendo las soluciones conocidas y cómo adecuarlas a su problema. En la Figura 8.12 se expone la interfaz de usuario correspondiente a la plantilla que permite al estudiante registrar los trabajos relacionados.

RibONTOMiddleware

Plantilla para Trabajos Relacionados

| Complete la argumentacion de los trabajos relacionados (Puede hacer hasta 10 trabajos relacionados) | | |
|--|--|--|
| Parte | Referencia | Argumentacion |
| 1 | <input type="text" value="Algoritmo Bellman-Ford"/> | <input type="text" value="todo origen de un grafo ponderado al resto de nodos del mismo."/> |
| 2 | <input type="text" value="Algoritmo de Dijkstra"/> | <input type="text" value="re a Edsger Dijkstra, quien lo describió por primera vez en 1959."/> |
| 3 | <input type="text" value="Algoritmo de Floy-Washall"/> | <input type="text" value="cando la ruta a seguir para ir de la primera ciudad a la segunda."/> |
| 4 | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| 5 | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Figura 8.12: Interfaz de usuario de la plantilla de la etapa 3 del ABMC

Si es adecuada la respuesta, el estudiante puede realizar las actividades de la etapa 4: Experimentar nuevas soluciones.

8.3.4 Etapa 4: Experimentar nuevas soluciones

En esta etapa el estudiante debe experimentar su solución, para ello debe cargar un ambiente de desarrollo apropiado, en este caso que soporte programación, y realizar el proceso de editar, compilar y depurar hasta obtener su solución. Como resultado de esta etapa, el estudiante debe generar un Objeto de Aprendizaje que incluya los programas fuentes y la documentación necesaria.

Cuando el programa tenga la funcionalidad requerida, debe documentarlo, para ello debe llenar la plantilla 4 con la descripción de su solución y enviarla al profesor. En la Figura 8.13 se muestra la interfaz de usuario de la plantilla 4.

RibONTOMiddleware

Prepara Plantilla etapa de experimentacion

Exprese la descripción de su solución:

En el programa se implementa el Algoritmo de Dijkstra, y se simula con 50 ciudades y los caminos entre ellas.

Se realizan pruebas para determinar el camino mas corto entre cualesquiera de ellas.

Nombre Archivo: (*) Campo Obligatorio

Figura 8.13: Interfaz de usuario de la plantilla correspondiente a la etapa 4 del ABMC

Si el profesor determina que es adecuada la respuesta, el estudiante puede realizar las actividades de la etapa 5: Revisar hipótesis.

8.3.5 Etapa 5: Revisar hipótesis

En esta etapa el estudiante debe argumentar si la hipótesis fue comprobada o rechazada, exponiendo las conclusiones de su trabajo y destacando las características de su implementación. Para ello debe elaborar documentación, cuya interfaz de usuario se muestra en la Figura 8.14 y enviar el documento generado al profesor.

RibONTOMiddleware

Prepara Plantilla etapa de comprobacion de hipotesis

Exprese la valoración de su trabajo

Como solución al problema se ha implementado un programa Java que tiene la funcionalidad de calcular el camino mas corto mediante el algoritmo de Dijkstra.

Nombre Archivo: (*) Campo Obligatorio

AplicarCh

Figura 8.14: Interfaz de usuario de la plantilla de la etapa 5 del ABMC

Si es adecuada la respuesta, el profesor puede decidir publicar la solución.

8.3.6 Etapa 6: Publicar soluciones

Una vez que el estudiante ha finalizado la etapa de experimentación, debe someter su solución a la validación del profesor, para ello debe enviar un documento con el Objeto de Aprendizaje que incluya los programas fuentes, sus resultados documentados y las simulaciones realizadas. Con esta información, el profesor puede comprobar la solución propuesta por el estudiante. Si la solución no es correcta o requiere alguna modificación, esta es notificada al estudiante por el profesor.

Finalmente, si la solución es correcta y representa una alternativa novedosa, entonces el profesor la publica en forma de un Objeto de Aprendizaje y en posteriores consulta puede ser revisada por los estudiantes.

8.4 Valoración del uso del entorno EnEMoCi

La utilización de las tecnologías de información y comunicaciones para la creación de modelos educativos innovadores ha constituido un tema de interés. La aparición y popularización de *Internet* y las herramientas asociadas como: correo electrónico, foros de discusión, video-conferencias, charla en línea, han enriquecido el desarrollo de los Entornos

Virtuales de Aprendizaje. Sin embargo, muchos de los intentos de crear sistemas innovadores se han visto limitados por una falta de visión integradora de los elementos involucrados, lo cual se refleja en el desarrollo de materiales en forma lineal a imagen de los impresos tradicionales.

El aprendizaje es un proceso por el cual la información se convierte en conocimiento. El acceso a los recursos de información no es una condición suficiente para el aprendizaje, aunque esto es indispensable para los estudiantes.

El entorno EnEMoCi permite implantar el ABMC, un modelo basado en el ABP, informal, pero más preciso ya que organiza las etapas que conforman el ABMC mediante una **Guía Metodológica** para describir las actividades a desarrollar por los estudiante, facilitando de esta manera un procedimiento que puede ser ejecutado en la resolución de cualquier problema.

EnEMoCi incluye el Repositorio de Objetos de Aprendizaje supervisado por experto y las herramientas para la reutilización del conocimiento integradas al sistema, con ello se facilita la localización de materiales adecuados para la resolución del problema, lo cual es un factor importante para la reducción de la sobrecarga cognitiva.

EnEMoCi facilita el aprendizaje constructivista y fomenta las actividades colaborativas para la solución de los problemas. Entre las ventajas de la colaboración se pueden destacar que permite estimular habilidades personales, propiciar, a partir de participación individual, la responsabilidad compartida por los resultados del grupo. Con relación al conocimiento, la colaboración permite el logro de objetivos que son cualitativamente superiores en contenidos, asegurando la calidad y exactitud en las ideas y soluciones planteadas.

La colaboración, durante el análisis del problema y la búsqueda de solución favorece la formulación de la hipótesis de solución y con ello hacer consultas formales más precisas.

8.5 Resumen del capítulo

El servicio de consulta tiene un motor de búsqueda basado en ontologías. Estas ontologías describen el dominio del problema que se quiere consultar. El motor de búsqueda devuelve las soluciones conocidas que abordan ese dominio en forma de Objetos de Aprendizaje. El buscador desarrollado brinda resultados más precisos a las consultas en comparación con los buscadores tradicionales, en la medida que se describe más el problema, en función de los términos que se utilizan en la ontología, el resultado de la consulta es más precisa, con lo cual se reduce el tiempo de búsqueda, el problema de sobrecarga cognitiva y aumenta la calidad de información útil proporcionada al estudiante.

Sin embargo, el mecanismo de búsqueda presenta ciertas limitaciones, entre las que se encuentran: 1) la ontología, la cual posee un conjunto reducido de conceptos, debe ser ampliada, 2) los tiempos de ejecución para responder una consulta son más prolongados que los empleados por los buscadores tradicionales (e.g., *Google*), 3) el procesamiento del lenguaje natural utilizado no permite identificar sinónimos.

La utilización del entorno EnEMoCi, de forma experimental, ha permitido validar el AMBC como estrategia educativa para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje. Sin embargo, el entorno EnEMoCi no ha sido probado con estudiantes.

Capítulo 9

Conclusiones

En esta tesis se propuso la metodología del **Aprendizaje Basado en el Método Científico** (ABMC) como paradigma de enseñanza constructivista. Se desarrolló el entorno educativo EnEMoCi, que es una herramienta de validación que implanta el ABMC. Además, se desarrollaron los servicios que ofrece la capa de gestión de conocimiento RibONTOMiddleware. Estos servicios garantizan la publicación y la búsqueda en forma automatizada de los materiales educativos (Objetos de Aprendizaje) que describen los contenidos para cumplir y satisfacen las necesidades de aprendizaje del estudiante, proporcionando así, un mecanismo que permite una mayor reutilización del conocimiento generado el proceso de solución de problemas.

En este capítulo se presentan los resultados derivados del proceso de investigación, el impacto de la investigación, los alcances y limitaciones de la misma, así como el trabajo futuro derivado.

9.1 Resultados de la investigación

EL ABMC tiene la peculiaridad de ser guiado por la solución de problemas. Esta metodología es colaborativa, constructivista y estructurado en teorías lógicas. El ABMC se diferencia de los otros modelos por incorporar las siguientes características:

- Formulación de la hipótesis mediante la colaboración de aprendices,
- Búsqueda del conocimiento previo,
- Publicación del conocimiento,
- Representación del conocimiento como Objetos de Aprendizaje, de forma que pueda ser usado independiente de la plataforma de creación.

Las etapas que conforman el ABMC son:

Etapas: 1 **Analizar el problema**

Para cada sub-problema que conforma el problema

Etapas: 2 **Formular la hipótesis**

Etapas: 3 **Buscar soluciones conocidas**

Etapas: 4 **Experimentar solución**

Etapas: 5 **Revisar la hipótesis**

Etapas: 6 **Integrar las soluciones**

Etapas: 7 **Publicar solución**

Estas etapas constituyen la metodología que se sugiere en este trabajo. Estas etapas pueden traducirse en secuencias de actividades educativas con objetivos, principios y reglas bien definidos y que se han automatizado en el entorno EnEMoCi.

La aplicación del ABMC como metodología educativa en los EVA para la solución de problemas favorece la construcción de nuevos conocimientos a partir del estudio de las experiencias previas y la divulgación de resultados validados por expertos en las diferentes áreas. Además, ayuda a mejorar la formación de estudiantes en ciencias e ingeniería, ya que su aplicación potencia un procedimiento sistémico y bien fundamentado de razonamiento e investigación.

El ABMC pretende fomentar el trabajo colaborativo guiado por la solución de problemas que propicia en el alumno la generación constructivista de conocimiento, debido a que se ve involucrado en el desarrollo de investigaciones: discusión del problema en grupo, búsqueda y descubrimiento de soluciones previas, desarrollo de soluciones, en donde su aportación es muy valiosa al no permanecer como un ente pasivo que sólo recibe información.

El ABMC es aplicable a áreas del conocimiento cuyos tópicos puedan describirse mediante ontologías y que satisfagan la experimentación, simulación o demostración formal lógica/deductiva.

El ABMC es un refinamiento del Método Científico que utiliza la estrategia eficaz de dividir para vencer en la solución de problemas complejos, conforme a las etapas 1 y 6 (Analizar el problema en grupo e integrar soluciones). La división permite obtener problemas lo suficientemente simples para que puedan reconocerse en algunos de los ya publicados en la ontología. En caso de que no se reconociera alguna solución, se debe aplicar recursivamente el proceso de resolución para el nuevo subproblema. Las soluciones de los subproblemas se integran sucesivamente hasta que se construya la solución completa del problema original.

La estrategia dividir para vencer usada en el ABMC lo distingue sobre el MC porque se trata de una estrategia bien definida y sobradamente probada para la resolución de problemas complejos. Además, el ABMC sugiere que la división del problema, la

resolución de los subproblemas y la integración de las soluciones sean actividades sociales encauzadas bajo los principios del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

Para implantar el ABMC se desarrolló EnEMoCi. EnEMoCi es un Entorno Virtual de Aprendizaje, que está conformado por unidades funcionales: el módulo de gestión de cursos y el módulo de gestión del conocimiento (RibONTOMiddleware). La utilización del entorno EnEMoCi, mediante casos de estudio que evalúan determinada funcionalidad: el servicio de búsqueda y la implementación de diferentes sesiones con problemas que se resuelven siguiendo la metodología propuesta, ha permitido validar el ABMC como estrategia educativa para implantar el Aprendizaje Basado en Problemas en los Entornos Virtuales de Aprendizaje.

EnEMoCi brinda la posibilidad de sistematizar tareas educativas. Dichas tareas permiten promover cualidades y actitudes indispensables para una formación encaminada a afrontar problemas reales, a establecer colaboración para el trabajo en grupo y a someter los resultados a un proceso de revisión crítica, para asegurar que las soluciones poseen un nivel de calidad aceptable.

RibONTOMiddleware proporciona los servicios para realizar la búsqueda, la publicación de soluciones, así como el mantenimiento de la ontología y el repositorio de Objetos de Aprendizaje. RibONTOMiddleware puede ser utilizado en diferentes Entornos Virtuales de Aprendizaje para implementar el ABMC.

De la experimentación realizada hay que precisar dos aspectos:

- 1) es necesario especificar de forma adecuada los problemas, ya que no es suficiente la descripción del dominio, sino que haya correspondencia del contenido de la ontología y las consultas que se formulen.
- 2) el servicio de consulta (perteneciente a RibONTOMiddleware) desarrollado en este trabajo brinda resultados más precisos a las consultas en comparación con los buscadores tradicionales. Además, en la medida que se describe más el

problema, en función de los términos que se utilizan en la ontología, el resultado de la consulta es más precisa, con lo cual se reduce el tiempo de búsqueda, el problema de sobrecarga cognitiva y aumenta la calidad de información útil proporcionada al estudiante.

Sin embargo, el servicio de **consulta** presenta ciertas limitaciones: a) la ontología posee un conjunto reducido de conceptos que debe ser ampliado, b) los tiempos de ejecución para responder una consulta son más prolongados que los empleados por los buscadores tradicionales (por ejemplo *Google*), c) el procesamiento del lenguaje natural utilizado no permite identificar sinónimos.

Finalmente, hay que señalar que el entorno EnEMOCi no ha sido evaluado de forma masiva con estudiantes y que las implementaciones asociadas a la investigación han comenzado como prototipo experimental, de manera que el repositorio de materiales educativos, la ontología, el entorno educativo están en proceso de desarrollo y expansión.

9.2 Impacto social esperado

La educación asistida por Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) se está convirtiendo en una alternativa porque impacta en aspectos como:

- Ampliar la cobertura y oferta de los servicios de educación, a través de sus diversas modalidades: presencial, virtual o una combinación de ellas.
- Fortalecer al sistema educativo en las modalidades presencial, virtual y a distancia a través del acceso a contenidos y recursos en línea,
- Promover el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el contexto educativo,
- Atender la demanda de servicios educativos.

Por ello, se requiere prestar la atención adecuada a las nuevas pedagogías y darles el tratamiento que exige cualquier ambiente de aprendizaje considerando sus características particulares, los elementos que lo componen y el rol que juegan cada uno de los actores

educativos. La diferencia no la hace sólo la integración de la tecnología, sino el trabajo académico necesario para obtener todo el beneficio de esta integración en la educación.

Los EVA resultan especialmente atractivos para los países menos desarrollados, que sufren de carencias educativas que podrían disminuirse si la tecnología se aplica con aciertos, y se ajustan a las características y necesidades de nuestros países.

Los gobiernos, las empresas y todas las organizaciones en general, enfrentan la necesidad de brindar a su personal, tanto información actualizada como capacitación, siempre con la expectativa de hacerlo en forma eficiente, rápida y económica.

Las condiciones socio-económicas actuales dificultan el acceso a los espacios tradicionales de aprendizaje como universidades, escuelas o centros de capacitación. De esta manera, no se trata sólo de resolver los posibles problemas del acceso a la información desde lugares remotos, sino de crear un verdadero ambiente de aprendizaje [226, 227, 228, 229, 230, 231, 232] que brinde las condiciones y medios adecuados para la reflexión, el pensamiento crítico y la meta cognición.

Por otro lado, es necesario implementar modelos educativos que puedan ser implantados en los EVA y que favorezcan la curiosidad y la incursión libre a los materiales educativos. Todo ello hace evidente la necesidad de crear nuevos esquemas y formas de instrucción.

Por todo lo anterior, se considera que esta investigación será especialmente útil en las siguientes circunstancias:

- donde haya escasez de recursos económicos y materiales para la infraestructura, el mantenimiento y la administración necesarios para ofrecer el servicio educativo,
- donde sea necesario el desarrollo de habilidades cognitivas,
- donde se requiera el desarrollo de un modelo educativo basado en la teoría constructivista.

9.3 Alcances y limitaciones de la investigación

La utilización de ontologías para la descripción del dominio en los cuales se resuelven los problemas, ayuda a los estudiantes en la búsqueda de las soluciones. En este trabajo de investigación se utilizó OWL para el desarrollo de la ontología, y no hay restricciones para la incorporación de conceptos y soluciones que describen el dominio. Sin embargo, el esquema propuesto presenta varias desventajas:

- requiere de un experto en sistemas basados en conocimiento para publicar y mantener la ontología.
- la ontología tiende a crecer (la cantidad de las clases) en la medida que la descripción del dominio se hace más exhaustivo y se abordan nuevos contextos.
- requiere que se incorporen mecanismos de actualización de la ontología para garantizar la coherencia, y evitar la redundancia y el crecimiento de las instancias.
- los tiempos de cómputo son grandes debido al modelo que sigue OWL para representar los conceptos de la ontología.

Para reducir los tiempos de cómputo se implementó un mecanismo de almacenamiento de consultas, pero sólo es efectivo si la consulta es exactamente igual.

La representación del conocimiento como Objetos de Aprendizaje (OA) permite encapsular, en un artefacto, diferentes tipos de recursos digitales los cuales pueden ser reconocidos en los EVA, cuya característica esencial es la predisposición al reuso. La reusabilidad depende de los metadatos y del contenido. Los OA fueron construidos cumpliendo la especificación SCORM, la cual proporciona un registro de metadatos compatible con IEEE LOM. Sin embargo, proporcionar dicho registro no hace al OA reutilizable.

La reusabilidad de los OA en los entornos que implanten el ABP mediante el ABMC dependerá de compartir la ontología que describe el dominio del problema. Utilizar

SCORM garantiza el intercambio de contenidos entre EVA, lo cual es un tipo de reutilización de carácter técnico (es decir, de intercambio de archivos).

La búsqueda de OA se realizó utilizando un repositorio centralizado, para mejorar la eficiencia y facilitar los mecanismos de actualización y búsqueda de los materiales educativos. Sería conveniente considerar repositorios distribuidos. El servicio de consulta de la capa de gestión de conocimiento RibONTOMiddleware tiene un motor de búsqueda basado en ontologías. Estas ontologías describen el dominio del problema que el estudiante debe resolver. El motor de búsqueda devuelve las soluciones conocidas que abordan ese dominio en forma de Objetos de Aprendizaje.

La implementación del ABMC se instrumentó con los recursos del LMS Moodle. Todos los cursos, tareas y resultados se obtuvieron de dicho sistema y con los servicios de la capa de gestión del conocimiento RibONTOMiddleware. En este caso, sería conveniente verificar si los resultados se confirman o difieren con otros LMS.

La evaluación de EnEMoCi como entorno educativo fue limitada. Por lo cual, sería conveniente incluirlo dentro de programas institucionales para evaluar sus resultados prácticos con la participación de estudiantes y profesores.

9.4 Trabajo futuro

A raíz de las experiencias en esta investigación, las actividades subsecuentes estarán enfocadas a:

- Mejorar el algoritmo de respuesta a las consultas y los servicios que involucran la lectura – escritura de la ontología. Se propone la actualización de los servicios apropiados para la automatización de la publicación del conocimiento generado y la utilización de mecanismos de almacenamiento intermedio que disminuyan los tiempos de respuesta.
- Desarrollar un modelo de “repositorio semántico”, que pueda manipular el esquema de metadatos de IEEE LOM para los Objetos de Aprendizaje. Esto dará un gran

potencial al ROA como recopilador y gestor de contenidos, facilitando que cualquier sistema que haga uso de IEEE LOM pueda ser reconocido y fácilmente interpretado para el intercambio de datos, además facilitaría la entrega de soluciones que cumplan “determinada característica técnica”.

- Evaluar y mejorar:
 - El mecanismo de búsqueda para ayudar a los estudiantes cuando su consulta no conduce a un resultado exacto.
 - El mecanismo de publicación de conocimiento.
 - La funcionalidad de la interfaz de usuario de RibONTOMiddleware.
 - El uso del entorno EnEMoCi con estudiantes y profesores, dentro de un programa académico.

9.5 Resumen de resultados obtenidos

En esta tesis:

- Se describe y refuerza que los sistemas CSCL actuales y las implementaciones de los EVA carecen de una estrategia educativa que favorezca la construcción del conocimiento de acuerdo al paradigma constructivista de la enseñanza.
- Se propone el Aprendizaje Basado en el Método Científico (ABMC) como estrategia educativa constructivista basada en el Método Científico para ser aplicada en la implementación del ABP dentro de los EVA.
- Se explica que el uso del ABMC es una contribución en CSCL. El ABMC tiene las siguientes características:
 - parte de un problema como eje central a resolver por el estudiante.
 - incluye los procesos de búsqueda y publicación de conocimiento, con lo cual se facilita la reusabilidad del conocimiento.
 - fomenta el trabajo colaborativo y la discusión en grupos.
 - fomenta habilidades cognitivas como el pensamiento crítico, el análisis, la síntesis y la evaluación.
- Los sistemas desarrollados dentro del CSCL no implementan el ABMC.
- El entorno EnEMoCi implementa el ABMC y favorece el fomento del trabajo colaborativo, así como el descubrimiento y la publicación de conocimiento.

- Se implementa una capa de gestión de software que extiende las funcionalidades de los LMS y garantiza los servicios para implantar el ABMC y se caracteriza porque:
 - La representación del conocimiento mediante ontologías para implantar el motor de búsqueda que proporciona métodos para la ayuda a los estudiantes en la solución guiada de problemas basada en esta representación.
 - La información recuperada es útil para el estudiante.
 - La cantidad de enlaces y la información recuperada se reducen significativamente con respecto a los buscadores tradicionales.
- El ABMC ayudará a mejorar la formación de estudiantes en ciencias e ingeniería, ya que mediante un modelo sistemático se fomentan las habilidades de trabajo en grupo.

Referencias

- [1] Good, T.L., Brophy, J.E., *Educational Psychology: A Realistic Approach*, 4th Edition, White Plains, NY: Longman, 1990
- [2] Gaskins, I., Elliot, T., *Cómo Enseñar Estrategias Cognitivas en la Escuela: El Manual Benchmark para Docentes*, Editorial Paidós, 1999
- [3] Ertmer, P.A., Newby, T.J., *Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective*, Performance Improvement Quarterly, Vol. 6, No. 4, pp. 50-70, 1993
- [4] Astolfi, J., *Aprender en la Escuela*, Dolmen Ediciones, 1997
- [5] Reigeluth, C.M., *Instructional Theory, Practitioner Needs, and New Directions: Some Reflections*, Educational Technology, Vol. 37, No. 1, pp. 42-47, 1997
- [6] Gimeno, J.V., Calatayud, M.L., Gil, D., *Cuestionando el Pensamiento Docente Espontáneo del Profesorado Universitario: ¿Las Deficiencias de la Enseñanza Como Origen de las Dificultades de los Estudiantes?*, Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, Vol. 14, pp. 71-81, 1992
- [7] Gros, B., *Instructional Design and The Authoring of Multimedia and Hypermedia Systems: Does it Make Sense?*, Educational Technology, Vol. 37, No. 1, pp. 48-56, 1997
- [8] Wilson, B.G., *Thoughts on Theory in Educational Technology*, Educational Technology, Vol. 37, No. 1, pp. 22-27, 1997
- [9] Johnson, D.W., Johnson, R.T., *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*, 5th Edition, In Allyn & Bacon (Eds.), 1999
- [10] Jonassen, D.H., *Theoretical Foundations of Learning Environments*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2000
- [11] Tam, M., *Constructivism, Instructional Design and Technology: Implications for Transforming Distance Learning*, Educational Technology & Society, Vol. 3, No. 2, pp. 50-60, 2000
- [12] Karagiorgi, Y., Symeou, L., *Translating Constructivism into Instructional Design: Potential and Limitations*, Educational Technology & Society, Vol. 8, No. 1, pp. 17-27, 2005
- [13] Olufemi, O., *Pedagogical Approaches and Technical Subject Teaching through Internet Media*, Electronic Journal e-Learning, Vol. 6, No. 1, pp. 53-66, 2008

- [14] Vrasidas, C., *Constructivism versus Objectivism: Implications for Interaction, Course Design and Evaluation in Distance Education*, International Journal of Educational Telecommunications, Vol. 6, No. 4, pp. 339-362, 2000
- [15] Jonassen, D.H., *Objectivism versus Constructivism: Do We Need a New Philosophical Paradigm?*, Educational Technology Research and Development, Springer Boston, Vol. 39, No. 3, pp. 5-14, 1991
- [16] Löfstrands, M., Johanson, M., *User-driven Design of a Flexible Distance Education Environment – Rationale, Lesson Learned and Future Implications*, In Sixth International Conference on Creating, Connecting and Collaborative through Computing, IEEE Computer Society, pp. 85-92, 2008
- [17] Ormrod, J.E., *Educational Psychology: Developing Learners*, 6th Edition, Prentice Hall, 2007
- [18] Polya, G., *How to Solve It*, 2nd Edition, Princeton University Press, 1957
- [19] Kolodner, J.L., Hmelo, C.E., Narayanan, N. H., *Problem-Based Learning Meets Case-Based Reasoning*, In DC. Edelson & EA. Domeshek (Eds.), Proceedings of ICLS'96, Charlottesville, pp. 188-195, 1996
- [20] Barrows, H. S., *Problem-Based Learning Applied to Medical Education*, Southern Illinois University, 2000
- [21] Barrett, T., *What is Problem-Based Learning?.*, In O'Neil, G., Moore, S., McMullin, B. (Eds.) Emerging Issues in the Practice of University Learning and Teaching, pp. 55-66, 2005
- [22] Hmelo, C.E., Golan, R., Chinn, C.A., *Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller and, Clark (2006)*, Educational Psychologist, Vol. 42, No. 2, pp. 99-107, 2007
- [23] Koschmann, T., *Paradigm Shifts and Instructional Technology: An Introduction*, In T. Koschmann (Ed.), CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Chapter 1, pp. 1-23, 1996
- [24] Bereiter, C., Scardamalia, M., *Learning to Work Creatively with Knowledge*, In E. de Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, J. van Merriënboer (Eds.), Unraveling Basic Components and Dimensions of Powerful Learning Environments, EARLI Advances in Learning and Instruction Series, 2003
- [25] Dimitracopoulou, A., *Designing Collaborative Learning Systems: Current Trends & Future Research Agenda*, Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'05), pp. 212-223, 2005
- [26] Stahl, G., *Human-Human Interaction and Group Learning*, In Proceedings of Human-Computer Interaction Consortium, (HCLC-2008), 2008

- [27] Gall, J.E., Hannafin, M.J., *A Framework for the study of hypertext*, Instructional Science, Vol. 22, pp. 207-232, 1994
- [28] de Jong, T., *Learning and Instruction with Computer Simulation*, Education & Computing, Vol. 6, pp. 217-229, 1991
- [29] Baloian, N.A., Pino, J.A., Ulrich, H., *A Teaching/Learning Approach to CSCL*, Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, 2000
- [30] McKenna, P., Laycock, B., *Constructivist or Instructivist: Pedagogical Concepts Practically Applied to a Computer Learning Environment*, Annual Joint Conference Integrating Technology into Computer Science Education, ACM SIGCSE Bulletin. Proceeding of the 9th annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Vol. 36, No. 3, pp. 166-170, 2004
- [31] Gallardo, O.A., Machuca, L.E., *Prototipo para el Aprendizaje Virtual del Curso Sistemas Operativos del Programa de Ingeniería de Sistemas de la UFPS*, VII Congreso Colombiano de Informática Educativa, Bogota - Colombia, 2004
- [32] López, M.A., *Laboratorio Virtual de Ingeniería Industrial para la Universidad Autónoma del Estado de México*, En J. Figueroa-Nazuno, E. Vargas-Medina y N. Cruz-Cortés (Eds.), Metodología para la Educación a Distancia, (METODOLOGIA-2007), pp. 135-143, 2007
- [33] Pérez, Y., Moreno, A., López, J., Flores, Y. y Carvajal, M., *Prototipo de Sistema de Comunicación para la Educación en Línea*, En J. Figueroa-Nazuno, E. Vargas-Medina y N. Cruz-Cortés (Eds.), Metodología para la Educación a Distancia, (METODOLOGIA-2007), pp. 191-199, 2007
- [34] Hagen, K., Hibbert, D., Kinshuk, *Developing a Learning Management System Based on the IMS Learning Design Specification*, Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT'06), 2006
- [35] Arjona, M.E., Blando, M., *Ambientes Virtuales de Aprendizaje*, En Jesús Figueroa Nazuno, Esther Vargas Medina y Nareli Cruz (Eds.), Metodología para la Educación a Distancia, (METODOLOGIA-2007), pp. 9-17, 2007
- [36] González, M., *Tecnología Aplicada a la Producción de Objetos de Aprendizaje*, Tesis para obtener el grado de Doctor en Ingeniería Industrial, Universidad Anahuac, México, 2007
- [37] Elango, R., Kumar, V., Selvam, M., *Quality of e-Learning: An Analysis Based on e-Learners' Perception of e-Learning*, Electronic Journal e-Learning, Vol. 6, No. 1, pp. 31-44, 2008
- [38] Nichols, M., *Instructional Perspectives: The Challenges of E-learning Diffusion*, British Journal of Educational Technology, OnlineEarly Articles, 2007
- [39] Chieu, V.M., *An Operational Approach for Building Learning Environment Supporting Cognitive Flexibility*, Educational Technology & Society, Vol. 10, No. 3, pp. 32-46, 2007

- [40] Boulton, H., *Managing e-Learning: What are the Real Implications for Schools?*, Electronic Journal e-Learning, Vol. 6, No. 1, pp. 11-18, 2008
- [41] Buzzetto, N.A., *Student Perceptions of Various E-Learning Components*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 4, pp. 113-135, 2008
- [42] López, J.L., *Métodos e Hipótesis Científicas*, México, 1984
- [43] Hernández, R., Fernández, C., Baptista, L., *Metodología de la Investigación*, Mc Graw Hill, 1996
- [44] Bunge, M., *La Investigación Científica: su Estrategia y su Filosofía*, Editorial Siglo XXI, 2000
- [45] Fourez, G., *Construcción del Conocimiento Científico: la Psicología y la Ética de la Ciencia*, 2da Edición, 2000
- [46] de Jong, T., van Joolinger, W.R., *Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains*, Review of Educational Research, Vol. 68, pp. 179-201, 1998
- [47] van Joolinger, W.R., *Designing for Collaborative Discovery Learning*, Lecture Notes in Computer Science 1839, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 202-211, 2000
- [48] Chandler, P., Sweller, J., *Cognitive Load Theory and the Format of Instruction*, Cognition & Instruction, Vol. 8, No. 4, pp. 293-240, 1991
- [49] Chang, S.L., Ley, K., *A Learning Strategy to Compensate for Cognitive Overload in Online Learning: Learner Use of printed Online Materials*, Journal of Interactive Online Learning, Vol. 5, No. 1, pp. 104-117, 2006
- [50] Barrett, H.C., Frederick, D.A., Haselton, M.G., Kurzban, R., *Can Manipulations of Cognitive Load Be Used to Test Evolutionary Hypotheses?*, Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 94, No. 3, pp. 543-548, 2006
- [51] Gruber, T.R., *A Translation Approach to Portable Ontology Specification*, Knowledge Acquisition, Vol. 5, No. 2, pp. 199-220, 1993
- [52] Guarino, N., *Formal Ontology and Information Systems*, Conference on Formal Ontology in Information System (FOIS'98), IOS Press, pp. 3-15, 1998
- [53] Wiley, D.A., *Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy*, In D.A. Wiley (Ed.), *The Instructional use of Learning Objects*, 2000
- [54] Hodgins, H.W., *The Future of Learning Objects*, In D.A. Wiley (Ed.), *The Instructional use of Learning Objects*, 2000

- [55] Gibbons, A.S., Nelson, J., Richards, R., *The Nature and Origin of Instructional Objects*, In D.A. Wiley (Ed.), *The Instructional use of Learning Objects*, 2000
- [56] IEEE, *Standard for Learning Object Metadata Std 1484.12.1-2002*, IEEE Standard for Information Technology - Education and Training Systems- Learning Objects and Metadata, Institute of Electrical and Electronical Engineers, 2002
- [57] Cohen, E.B., Nycz, M., *Learning Objects and E-learning: An Informing Science Perspective*, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, Vol. 2, pp. 23-34, 2006
- [58] Jovanovič, J., Gašević, D., Knight, C., Richards, G., *Learning Objects Context for Adaptive Learning Design*, *Lecture Notes in Computer Science 4018*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 288-292, 2006
- [59] Stahl, G., *Introduction: Foundations for CSCL Community*, *Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'02)*, Hillsdale, NJ: Erlbaum Boulder, Co, pp. 1-2, 2002
- [60] Kruse, R.L., *Estructura de Datos y Diseño de Programas*, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., 1988
- [61] O'Malley, C., *Computer Supported Collaborative Learning*, Berlin, Germany: Springer Verlag, 1995
- [62] Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., O'Malley, C., *The Evolution of Research on Collaborative Learning*, In E. Spada & P. Reiman (Eds.), *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*. Oxford: Elsevier. pp. 189-211, 1996
- [63] Dillenbourg, P., *What do you Mean by 'Collaborative Learning'?*, In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative-learning: Cognitive and Computational Approaches* Oxford: Elveise Science Ltd. Chapter 1: Introduction. pp. 1-19, 1999
- [64] Stahl, G., *Rediscovering CSCL*, *Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'00)*, Hillsdale, NJ: Erlbaum Boulder, Co, pp. 1-11, 2000
- [65] Lipponen, L., *Exploring Foundations for Computer-Supported Collaborative Learning*, *Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'02)*, Hillsdale, NJ: Erlbaum Boulder, Co., pp. 72-81, 2002
- [66] Lytras, M.D., Pouloudi, A., Poulymenakou, A., *Knowledge Management Convergence – Expanding Learning Frontiers*, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 6, No. 1, pp. 40-51, 2002
- [67] Dabbagh, N., *Pedagogical Models for E-Learning: A Theory-based Design Framework*, *International Journal of Technology in Teaching and Learning*, Vol. 1, No. 1, pp. 25-44, 2005

- [68] Bielaczyc, K., *Designing Social Infrastructure: The Challenge of Building Computer-Supported Learning Communities*, Proceedings of European Conference on Computer-Support Collaborative Learning, (Euro-CSCL'2001), Maastricht – The Netherlands, 2001
- [69] Grudin, J., *Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus*, Computer, Vol. 27, No. 5, pp. 19-26, 1994
- [70] Ellis, C.A., Rein, G.L., *Groupware: Some Issues and Experiences*, Communications of the ACM, Vol. 34, No. 1, pp. 38-58, 1991
- [71] Kreijns, K., Kischner, P.A., *Group Awareness Widgets for Enhancing Social Interaction in Computer-Supported Collaborative Learning Environments: Design and Implementation*, 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston - MA, 2002
- [72] Avendaño, D., Bustillo, C., Rentarúa, W., Vargas, E., Figueroa, J., *Análisis Multidimensional de Plataformas Computacionales para Educación a Distancia*, En J. Figueroa-Nazuno, E. Vargas-Medina y N. Cruz-Cortés (Eds.), Metodología para la Educación a Distancia, (METODOLOGIA-2007), pp. 19-29, 2007
- [73] Belanger, F., Jordan, D.H., *Evaluation and Implementation of Distance Learning Technologies: Tools and Techniques*, Hershey, PA: Idea Group Publishing, 2000
- [74] Beasley, N., Smyth, K., *Expected and Actual Student Use of an Online Learning Environment: A Critical Analysis*, Electronic Journal of e-Learning, Vol. 2, No. 1, pp. 43-50, 2004
- [75] Renzi, S., Klobas, J., *Step Toward Computer-Supported Collaborative Learning for Large Classes*, Educational Technology & Society, Vol. 3, No. 3, pp. 317-328, 2000
- [76] Fjuk, A., Ludvigsen, S., *The Complexity of Distributed Collaborative Learning: Unit of Analysis*, Proceedings European Perspectives on Computer-Support Collaborative Learning. (EuroCSCL-2001). P. Dillenbourg, A. Euvelings y K. Haskaveinen (Eds.), pp. 237-243, 2001
- [77] Lonchamp, J., *Towards a Web Platform for Collaborative Learning Practices, Evaluation and Dissemination*, Journal of Computers, Vol. 2, No. 5, 2007
- [78] Singh, G., Hawkins, L., Whymark, G., *An Integrated Model of a Collaborative Knowledge Building*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 3, pp. 85-105, 2007
- [79] Morgan, G., *Faculty Use of Course Management System*, ECAR Key Findings, 2003
- [80] Lytras, M.D., Pouloudi, A., Poulymenakou, A., *A Framework for Technology Convergence in Learning and Working*, Educational Technology & Society, Vol. 5, No. 2, pp. 99-106, 2002
- [81] Aroyo, L., Dicheva, D., *The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web*, Educational Technology & Society, Vol. 7, No. 4, pp. 59-69, 2004

- [82] Delgado, C., Pardo, A., Muñoz, M., De la Fuente, L., *E-LANE: an E-learning Initiative Based on Open Source as a Basic for Sustainability*, International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning, Vol. 17, No. 1, pp. 57-66, 2007
- [83] Gynn, C.M., Acker, S.R., *Learning Objects: Contexts and Connections*, Ohio State University, 2003
- [84] Paulsen, M.F., *Online Education and Learning Management Systems. Global E-learning in a Scandinavian Perspective*, NKI Forlaget, 2003
- [85] Watson, W.R., Watson, S.L., *An Argument for Clarity: What are Learning Management System, What are They Not, and What Should They Become?*, TechTrends, Vol. 51, No. 2, pp. 28-34, 2007
- [86] Koskela, M., Kiltti, P., Vilpola, I., Tervonen, J., *Suitability of Virtual Learning Environment for Higher Education*, The Electronic Journal of e-Learning, Vol. 3, No. 1, pp. 21-30, 2005
- [87] Pozo, J., *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*, 3ra. Edición, Mundi-Prensa, Madrid, 1994
- [88] Richey, R.C., *Agenda-Building and its Implications for Theory Construction in Instructional Technology*, Educational Technology, Vol. 37, No. 1, pp. 5-11, 1997
- [89] Paavola, S., Lipponen, L., Hakkarainen, K., *Epistemological foundation for CSCL: A Comparison of Three Models of Innovative Knowledge Communities*, Proceeding of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL2002), pp. 24-32, 2002
- [90] Driscoll, M., *Psychology of Learning for Instruction*, Needhan Heights, MA: Prentice Hall, 1994
- [91] Schunk, D.H., *Learning Theories: An Educational Perspective*, 5th Edition, Prentice Hall, 2008
- [92] Shuell, T.J., *Cognitive Conception of Learning*, Review of Educational Research, Vol. 56, No. 4, pp. 411-436, 1986
- [93] Bates, A.W., *Managing Technological Change: Strategies for Collage and University Leaders*, Jossey-Bass Publisher, 2000
- [94] Vygotsky, L.S., *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge MA: Harvard University Press, 1978
- [95] Lave, J., Wenger, E., *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Cambridge University Press, 1991
- [96] Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P., *Situated Cognition and the Culture of Learning*. Educational Researcher, Vol. 18, No. 1, pp. 32-42, 1989
- [97] Piaget, J., *The Construction of Reality in the Child*, 1955

- [98] Bruner, J., *Toward a Theory of Instruction*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966
- [99] Jonassen, D.H., Peck, K.L., Wilson, B.G., *Learning with Technology: A Constructivist Perspective*, 1st Edition, Prentice Hall, 1998
- [100] Baptista, M., McPherson, *Constructivism vs. Objectivism: Where is the Difference for Designers of e-Learning Environments?* , Proceedings of The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT'03), 2003
- [101] Ogalde, I., González, M., *Nuevas Tecnologías y Educación: Diseño, Desarrollo, Uso y Evaluación de Materiales Didácticos*, Editorial Trillas, 2008
- [102] Caeiro, M., Anido, L., Santos, J.M., Rodríguez, J., *Towards the Standardization of Collaborative Learning System*, Proceeding of the Eleventh IEEE International Workshop on Enabling Technologies, Infrastructure for Collaboration Enterprises, (WETICE'02), 2002
- [103] Lehtinen, E., *Computer-Supported Collaborative Learning: An Approach To Powerful Learning Environments*, In E. de Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle, J. van Merriënboer (Eds.), *Unravelling Basic Components and Dimensions of Powerful Learning Environments*, EARLI Advances in Learning and Instruction Series, 2003
- [104] Stahl, G., Koschmann, T., Suthers, D., *Computer Supported Collaborative Learning: An Historical Perspective*, In R.K. Sawyer (Ed.), *Cambridge Handbook of the Learning Science*, Cambridge University Press, pp. 409-426, 2006
- [105] Diez, D., Fernández, C., Dodero, J.M., *A Systems Engineering Analysis Method for Development of Reusable Computer-Supported Learning System*, *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects*, 4, pp. 243-257, 2008
- [106] Resta, P., Christal, M., Ferneding, K., Puthoff, A.K., *CSCL as a Catalyst for Changing Teacher Practice*, Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'99), pp. 488-495, 1999
- [107] Williams, A., Roberts, T.S., *Computer Supported Collaborative Learning: Strengths and Weakness*, Proceedings of the International Conference on Computers in Education, (IEEE-ICCE'02), pp. 328-331, 2002
- [108] Maznah, R., Hussain, R., *A Collaborative Learning Experience of Evaluating a Web-Based Learning Tool*, *Malaysian Online Journal of Instructional Technology*, Vol. 1, No. 2, 2004
- [109] Piaget, J., *The Psychology of Intelligence*, Routledge, New York, 1950
- [110] Kirschner, P.A., *Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry-Based Teaching*, *Educational Psychologist*, Vol. 41, No. 2, pp. 75-86, 2006

- [111] Savery, J. R., Duffy, T.M., *Problem Based Learning: An instructional Model and Its Constructivist Framework*, Educational Technology, Vol. 35, No. 5, pp. 31-38, 1995
- [112] Boud, D., Feletti, G., *The Challenge of Problem-Based Learning*, 2nd Edition, Published by Kogan Page, London and St Martin's Press, New York, 1997
- [113] Barrows, H.S. *A Taxonomy of Problem-based Learning Methods*, Medical Education, Vol. 20, No. 6, pp. 481-487, 1986
- [114] Polya, G., *Cómo Plantear y Resolver Problemas*, Editorial Trillas. México, 1965
- [115] Norman, G., Schmidt, H.G., *The Psychological Basis of Problem-Based Learning: a Review of the Evidence*, Academic Medicine, Vol. 67, pp. 557-567, 1992
- [116] Sweller, J. Cooper, G.A., *The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra*, Cognition and Instruction, Vol. 2, No. 1, pp. 59-89, 1985
- [117] Newell, A., Simon, H.A., *Computers Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search*, Communications of the ACM, Vol. 19, No. 3, pp. 113-126, 1976
- [118] Dunbar, K., *Problem Solving*, In W. Bechtel & G. Graham (Eds.), *A companion to Cognitive Science*, London, England, Blackwell, pp. 289-298, 1998
- [119] Bruner, J.S., *The Act of Discovery*, Harvard Educational Review, Vol. 31, pp. 21-32, 1961
- [120] Reimann, P., *Detecting Functional Relations in a Computerized Discovery Environment*, Learning and Instruction, Vol. 1, pp. 45-65, 1991
- [121] Rivers, R.H., Vockell, E., *Computer Simulations to Stimulate Scientific Problem Solving*, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 24, pp. 403-415, 1987
- [122] Friedler, Y., Nachmias, R., Linn, M.C., *Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-based Laboratories*, Journal of Research in Science Teaching, 27, pp. 173-191, 1990
- [123] de Jong, T., Njoo, M., *Learning and Instruction with Computer Simulations: Learning Processes Involved*, In E. de Corte, M. Linn, H. Mandl & L. Verschaffel (Eds.), *Computer-based Learning Environment and Problem Solving*, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1992
- [124] Simon, H.A., Lea, G., *Problem Solving and Rule Induction: a Unified View*, In L.W. Gregg (Ed.), *Knowledge and Cognition*, Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 105-128, 1974
- [125] Kulkarni, D., Simon, H.A., *The Processes of Scientific Discovery: The Strategy of Experimentation*, Cognitive and Instruction, Vol. 9, pp. 285-327, 1988
- [126] Qin, Y., Simon, H.A., *Laboratory Replication of Scientific Discovery Processes*, Cognitive Sciences, Vol. 14, pp. 281-312, 1990

- [127] Klahr, D., Dunbar, K., *Dual Space Search During Scientific Reasoning*, Cognitive Science, Vol. 12, pp. 1-48, 1998
- [128] Lee, V.S., *Teaching and Learning Through Inquiry*, Sterling, VA, Stylus Publishing, 2004
- [129] Bateman, W., *Open to Question: The Art of Teaching and Learning by Inquiry*, San Francisco: Jossey-Bass Publisher, 1990
- [130] Sandoval, W.A., *Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry*, Science Education, Vol. 89, No. 4, pp. 634-656, 2005
- [131] Walter, M.D., *Teaching Inquiry-Based Science A Guide for Middle and High School Teachers*, Corwin-Press, 2007
- [132] Jonassen, D.H., Rohrer-Murphy, L., *Activity Theory as a Framework for Designing Constructivist Learning Environments*, Educational Technology, Research and Development, Vol. 47, No. 1, pp. 61-79, 1999
- [133] Knabe, A.P., *Constructivist Learning Perspectives in the Online Public Relations Classroom*, PRism, 2004
- [134] Wilson, B.G., *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*, Englewood Cliffs, 1996
- [135] Bereiter, C., Scardamalia, M., *Intentional Learning As a Goal of Instruction*, In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 361-392, 1989
- [136] Scardamalia, M., Bereiter, C., *Computer Support for Knowledge-Building Communities*, The Journal of The Learning Science, Vol. 3, No. 3. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 265-283, 1994
- [137] Redondo, M.A., Bravo, C., Bravo, J., Ortega, M., *Planificación, Simulación y Colaboración en Educación a Distancia*, Ciencia al Día, Vol. 2, No. 3, 1999
- [138] Moallen, M., *Applying Constructivist and Objectivist Learning Theories in the Design of a Web-Based Course: Implications for Practice*, Educational Technology & Society, Vol. 4, No. 3, pp. 113-125, 2001
- [139] Martínez, M.A., Gómez, A.F., Martínez, E., Mora, M., *COLAB: A Collaborative Platform for Simulations in Virtual Laboratories*, Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, Vol. 24, pp. 45-53, 2004
- [140] Zhuge, H., Li, Y., *Active E-Course for Constructivist Learning*, Proceedings of the 13th International World Wide Web Conference, pp. 246-247, New York - NY, USA, 2004

- [141] Yueh, H., Lin, W., *Developing a Web-based Environment in Supporting Students Team-working and Learning in a Problem-based Learning Approach*, Proceedings of the Third International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing, (IEEE-C5'05), pp. 145-149, 2005
- [142] Kurhila, J., *Tools to Support On-Line Communities for Learning*, Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT'03), pp. 518-519, 2003
- [143] Maia, L.P., Berenguer, F., Pacheco, A.C. Jr, *A Constructivist Framework for Operating Systems Education: a Pedagogical Proposal Using the SOsim*, Annual Joint Conference Integrating Technology into Computer Science Education. Proceeding of the 9th annual SIGCSE Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, (ACM- ITiCSE'05), pp. 218-222, Monte de Caparica - Portugal, 2005
- [144] Mor, Y., Tholander, J., Holmberg, J., *Designing for Constructivist Web-Based Knowledge Building*, In Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'05), Taipei-Taiwan, 2005
- [145] Chernobilsky, E., Nagarajan, A., Hmelo-Silver, C.E., *Problem-based Learning Online: Multiple Perspectives on Collaborative Knowledge Construction*, Proceedings of Computer-Support for Collaborative Learning Conference, (CSCL'05), 2005
- [146] Dougiamas, M., *Moodle*, Moodle Organization, 2007
- [147] Chieu, V.M., *COFALE: An Authoring System for Supporting Cognitive Flexibility*, Proceedings of Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT'06), 2006
- [148] Suthers, D., *Technology Affordances for Intersubjective Learning: A Thematic Agenda for CSCL*, International Conference of Computer Support for Collaborative Learning (CSCL2005), Taipei, Taiwan, 2005
- [149] Edmund, M.W., *The General Pattern of The Scientific Method (SM14)*, 2nd Student Edition, Edmund Scientific Co., 1994
- [150] Fernández, H., *La Naturaleza de la Ciencia y el Método Científico*, Psicología y Psicopedagogía, Vol. II, No. 5, 2001
- [151] Bunge, M., *La Ciencia: Su Método y su Filosofía*, Siglo Veinte, 1979
- [152] Popper, K.K., *Conocimiento Objetivo*, Tecnos, Madrid, 1974
- [153] Kuhn, M.T., *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1978
- [154] Kolakowski, L., *La Filosofía Positiva*, Ediciones Cátedra, 1966
- [155] Davenport, T.H., Prusak, L., *Working Knowledge: How Organizations Manage, What They Know*, Harvard Business School Press, 1998

- [156] Gómez, A., Juristo, N., Montes, C., Pazos, J., *Ingeniería del Conocimiento*, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces SA, 1997
- [157] Guarino, N., *Understanding Building and Using Ontologies: A Commentary to Using Explicit Ontologies in KBS Development*, International Journal of Human and Computer Studies, Vol. 46, pp. 293-310, 1997
- [158] Quillan, M.R., *Word Concepts: A Theory and Simulation of Some Basic Semantic Capabilities*, Behavioral Science, Vol. 12, pp. 410-440, 1967
- [159] M.L., Minsky., *A Framework for Representing Knowledge*, Mind Design, Cambridge, MA: Press, 1975
- [160] Sowa, J.F., *Information Processing in Mind and Machine*, Addison-Wesley Publ., Reading, MA, 1984
- [161] Brewster, C., O'Hara, K., *Knowledge Representation with Ontologies: The Present and Future*, IEEE Intelligent Systems, Published by the IEEE Computer Society, Vol. 19, No. 1, pp. 72-81, 2004
- [162] Breuker, J., Muntjewerff, A., Bredeweg, B., *Ontological Modeling for Designing Educational Systems*, Proceedings of the Workshop on Ontologies for Educational Systems, (AI-ED'99), IOS Press, 1999
- [163] Chandrasekaran, B., Josephson, J.R., Benjamins, V.R., *What Are Ontologies, and Why Do We Need Them?*, IEEE Intelligent Systems, Vol. 14, No. 1, pp. 20-26, 1999
- [164] Sowa, J.F., *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations*, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000
- [165] Devedžič, V., *Understanding Ontological Engineering*, Communications of the ACM, Vol. 45, No. 4, pp. 136-141, 2002
- [166] Gruber, T.R., *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*, In Guarino N, Poli R (Eds.), International Workshop on Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation, Kluwer Academic Publishers, Padova - Italy, 1993
- [167] Borst, W.N. *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*, Centre for Telematica and Information Technology, University of Tweente, The Netherlands, 1997
- [168] Uschold, M., Grüninger, M., *Ontologies: Principles, Methods and Applications*, Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No. 2, pp. 93-155, 1996
- [169] Gómez, A., *Some Ideas and Examples to Evaluate Ontologies*, Proceedings of the 11th IEEE Conference on Artificial Intelligence Applications, IEEE Computer Society Press, pp. 299-305, 1995

- [170] Noy, N.F., McGuinness, D.L., *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*, Stanford Knowledge System Laboratory, Technical Report KSL-01-05, Stanford University, 2001
- [171] Heijst, G., Schreiber, Th., Wielinga, B.J., *Using Explicit Ontologies in KBS Development*, International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 46, No. 2/3, pp. 183-292, 1997
- [172] Gómez, A., *Knowledge sharing and reuse*, In J. Liebowitz (Ed.), The Handbook of Applied Expert Systems, CRC, 1998
- [173] Fernández, M., *Overview of Methodologies for Building Ontologies*, Proceedings of the IJCAI Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, Stockholm – Sweden, 1999
- [174] Corcho, O., Fernández, M., Gómez, A., López, A., *Building Legal Ontologies with METHONTOLOGY and WebODE*, Lecture Notes in Computer Science 3369, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 142-157, 2005
- [175] Fox, M.S., Chionglo, J.F., Fadel, F.G., *A Commonsense Model of the Enterprise*, In Proceedings of the 2nd Industrial Engineering Research Conference, pp. 425-429, 1993
- [176] Swartout, B., Ramesh, P., Knight, K., Russ, T., *Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies*, Symposium on Ontological Engineering of AAI, pp. 138-148, 1997
- [177] Fernández, M., Gómez, A., Juristo, N., *METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering*, Spring Symposium on Ontological Engineering of AAI, Stanford University, California, pp. 33-40, 1997
- [178] Navarro, A., Sierra, J.L., Fernandez, A., Hernanz, H., *From Chasqui to Chasqui II: An Evolution in the Conceptualization of Virtual Objects*, Journal of Universal Computer Science, Vol. 11, No. 9, pp. 1518-1529, 2005
- [179] Friesen, N., *What are Educational Objects?*, Interactive Learning Environments, Vol. 9, No. 3, pp. 219-230, 2001
- [180] Convertini, V.N., Albanese, D., Marengo, A., Marengo, V., Scalera, M., *The OSEL Taxonomy for Classification of Learning Objects*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, 2, pp. 125-138, 2007
- [181] Jacobsen, P., *Reusable Learning Objects: What does the Future Hold?*, LTI Newslines, 2001
- [182] Polsani, P.R., *Use and Abuse of Reusable Learning Objects*, Journal of Digital Information, Vol. 3, No. 4, 2003
- [183] Mohan, P., Daniel, B.K., *A New Distance Educational Model for the University of the West Indies: A Learning Objects' Approach*, Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04), pp. 938- 942, 2004

- [184] Nielsen, J., Loranger, H., *Prioritizing Web Usability*, New Riders Press, Berkely CA, 2006
- [185] Godwin, R., *Emerging Technologies Learning Objects: Scorn or SCORM?*, Language Learning & Technology, Vol. 8, No. 2, pp. 7-12, 2004
- [186] Aguilar, J., Zechinelli, J.L., Muñoz, J., *Hacia la Creación y Administración de Repositorios de Objetos de Aprendizaje*, Taller de Objetos de Aprendizaje del 4to. Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación, (ENC'03), Apizaco - Tlaxcala, México, 2003
- [187] López. C., *Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning*, Tesina doctoral, Universidad de Salamanca, 2005
- [188] Downes, S., *Design and Reusability of Learning Objects in an Academic Context: A New Economy of Education?*, USDLA Journal, Vol. 17, No. 1, 2003
- [189] Smith, L.A., Smith, E.T., Melder, T.F., *A Taste of MERLOT: Tutorial Presentation*, Journal of Computing Sciences in Colleges, Vol. 22, No. 5, pp. 147-148, 2007
- [190] Kaczmarek, J., Landowska, A., *Model of Distributed Learning Objects Repository for a Heterogenic Internet Environment*, Interactive Learning Environment, Vol. 14, No. 1, pp. 1-15, 2006
- [191] Nash, S.S., *Learning Objects, Learning Objects Repositories and Learning Theory: Preliminary Best Practices for Online Courses*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, 1, pp. 217-228, 2005
- [192] Bloom, B.S., *A Taxonomy of Educational Objectives*, McKay, 1957
- [193] Gašević, D., Jovanović, J., Devedžić, V., Bošković, M., *Ontologies for Reusing Learning Object Content*, Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, (ICALT'05), IEEE Computer Society, 2005
- [194] Jovanović, J., Gašević, D., Knight, C., Richards, G., *Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Setting*, Educational Technology & Society, Vol. 10, No. 3, pp. 47-59, 2007
- [195] Yang, S.J.H., Chen, I.Y.L., Shao, N.W.Y., *Ontology Enabled Annotation and Knowledge Management, for Collaborative Learning in Virtual Learning Community*, Educational Technology & Society, Vol. 7, No. 4, pp. 70-81, 2004
- [196] Verbert, K., Gašević, D., Jovanović, J., Duval, E., *Ontology-based Learning Content Repurposing*, Proceeding of WWW 2005, pp. 1140-1141, 2005
- [197] Knight, C., Gašević, D., Richards, G., *An Ontology-Based Framework for Bridging Learning Design and Learning Content*, Educational Technology & Society, Vol. 9, No. 1, pp. 23-37, 2006

- [198] Snae, C., Brueckner, M., *Ontology-Driven E-learning System Based on Roles and Activities for Thai Learning Environment*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 3, 2007
- [199] Paquete, G., *An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management*, Educational Technology & Society, Vol. 10, No. 3, pp. 1-21, 2007
- [200] Patanasri, N., Tanaka, K., *Construction of an Entailment Ontology for Enhancing Comprehension of Search Results inside e-Learning Materials*, In Sixth International Conference on Creating, Connecting and Collaborative through Computing, IEEE Computer Society, pp. 124-130, 2008
- [201] Friss, I., Azpiazu, J., Silva, A., *Use of Ontologies in a Learning Environment Model*, Proceedings of Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2003), Rhodes - Greece, 2003
- [202] Henze, N., Dolog, P., Nejd, W., *Reasoning and Ontologies for Personalized E-learning in the Semantic Web*, Educational Technology & Society, Vol. 7, No. 4, pp. 82-97, 2004
- [203] Moreale, E., Vargas-Vera, M., *Semantic Services in e-Learning: an Argumentation Case Study*, Educational Technology & Society, Vol. 7, No. 4, pp. 112-128, 2004
- [204] Zhifeng, X., Yongzhao, Z., Qirong, M., Liting, X., *Awareness Ontology Model in the Collaborative Learning Environment*, Proceedings of 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, (CAIDCD'06), pp. 1-6, 2006
- [205] Abel, M.-H., Benayache, A., Lenne, D., Moulin, C., Barry, C., Chaput, B., *Ontology-based Organizational Memory for e-Learning*, Educational Technology & Society, Vol. 7, No. 4, pp. 98-111, 2004
- [206] Soto, J., Sanchez, S., Sicilia, M.A., *Flexibility in Semantic Learning Object Repositories*, Recent Research Development in Learning Technologies, 2005
- [207] Sicilia, M.A., Cuadrado, J., Rodriguez, D., *Ontologies of Software Artifacts and Activities: Resource Annotation and Application to Learning Technologies*, Proceedings of The 17th International Conference, (SEKE), Taipei, Taiwan, China, 2005
- [208] Dong, A., Li, H., *Ontology-based Information Integration in Virtual Learning Environment*, Proceedings of the 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI'05), pp. 762-765, 2005
- [209] Wang, S., *Ontology of Learning Objects Repository for Pedagogical Knowledge Sharing*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 4, pp. 1-12, 2008
- [210] Ding, L., Pan, R., Finin, T., Joshi, A., Peng, Y., Kolari, P., *Finding and Ranking Knowledge on the Semantic Web*, Lecture Notes in Computer Science 3729, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 156-170, 2005

- [211] Miles, A., Matthews, B., Beckett, D., Brickley, D., Wilson, M., Rogers, N., *SKOS: A Language to Describe Simple Knowledge Structures for the Web*, XTech – XML, 2005
- [212] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassilla, O., *The Semantic Web*, Scientific American, 2001
- [213] Zouaq, A. Nkambou, R., Frasson, C., *An Integrated Approach for Automatic Aggregation of Learning Knowledge Objects*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 3, pp. 135-162, 2007
- [214] Yordanova, K., *Meta-data Application in Development, Exchange and Delivery of Digital Reusable Learning Content*, Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects, Vol. 3, pp. 229-237, 2007
- [215] van Joolingen, W.R., *Cognitive Tools to Support Discovery Learning*, Lecture Notes in Computer Science 1452, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 5, 1998
- [216] Martinez, M.A., Martinez, E., Gómez, A.F., *Filling the Gap Between Middleware and User Interactions in a Discovery Learning Environment*, Lecture Notes in Computer Science 1469, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 876-887, 2007
- [217] Ritchey, T., *Analysis and Synthesis: On Scientific Method – Based on a Study by Bernhard Riemann*, System Research, Vol. 8, No. 4, pp. 21-41, 1991
- [218] Serain, D., *Middleware*, Springer-Verlag, 1999
- [219] Britton, C., *It Architectures and Middleware. Strategies for Building Large, Integrated System*, Addison-Wesley Professional, 2001
- [220] Cole, J., Foster, H., *Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course*, 2nd Edition, O'Reilly, 2007
- [221] Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R.L., Stein, C., *Introduction to Algorithms*, 2nd Edition, MIT Press and McGraw-Hill, 2001
- [222] Knuth, D., *The Art of Computer Programming*, 3rd Edition, Addison-Wesley, 1997
- [223] Deitel, H.M., Deitel, P.J., *Cómo Programar en C/C++*, Prentice-Hall, 1999
- [224] Bowman, C., *Algoritmos y Estructuras de Datos: Aproximación en C*, Oxford University Press, 1999
- [225] Aho, A.V., Hopcroft, J.E., Ullman, J.D., *Estructuras de Datos y Algoritmos*, Addison-Wesley Iberoamericana, S.A., 1988
- [226] Harris, T.R., Bransford, J.D., Brophy, S.P., *Roles for Learning Sciences and Learning Technologies in Biomedical Engineering Education: A Review of Recent Advances*, Annual Review of Biomedical Engineering, Vol. 4, pp. 29-48, 2002

- [227] Bottino, R.M., *The Evolution of ICT-based Learning Environments: Which Perspectives for the School of the Future?*, British Journal of Education Technology, Vol. 35, No. 5, pp. 553-567, 2004
- [228] Lim, B.R., *Challenges and Issues in Designing Inquiry on the Web*, British Journal of Education Technology, Vol. 35, No. 5, pp. 627-643, 2004
- [229] Westera, W., Brouns, F., Pannekeet, K., Janssen, J., Manderveld, J., *Achieving E-learning with LMS Learning Design – Workflow Implications at the Open University of the Netherlands*, Educational Technology & Society, Vol. 8, No. 3, pp. 216-225, 2005
- [230] Whitworth, A., *The Politics of Virtual Learning Environments: Environmental Change, Conflict and E-learning*, British Journal of Educational Technology, Vol. 36, No. 4, pp. 685-691, 2005
- [231] McGill, L., Nicol, D., Littlejohn, A., Grierson, H., Juster, N., Ion, W.J., *Creating an Information-rich Learning Environment to Enhance Design Student Learning: Challenges and Approaches*, British Journal of Education Technology, Vol. 36, No. 4, pp. 629-642, 2005
- [232] Bell, M., Bell, W., *It's Installed... Now Get on with It!. Looking Beyond the Software to the Cultural Change*, British Journal of Education Technology, Vol. 36, No. 4, pp. 643-656, 2005
- [233] Diaz, G., Perez, M.A., *Towards an Ontology of LMS: A Conceptual Framework*, 8th International Conference on Enterprise Information System, pp. 161-164, 2006

Artículos Publicados

Como resultado de la investigación se han realizado las siguientes publicaciones en congresos internacionales con arbitraje estricto:

- Diez, H., Olmedo, O., “**Discovery, Dissemination and Integration of Knowledge in a CSCL System**”, *Mexican International Conference on Computer Science*, (ENC06), IEEE Computer Society, pp. 62-69, San Luis Potosí - SLP, México, 2006

Indexada por IEEE Computer Society Digital Library

- Diez, H., Olmedo, O., “**Interoperability and Reusability of Knowledge in a constructivist Web-based Learning CSCL System**”, *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, (CERMA06), IEEE Computer Society, pp. 343-348, Cuernavaca - Morelos, México, 2006

Indexada por IEEE Computer Society Digital Library

- Diez, H., Olmedo, O., “**Administración del conocimiento en Entornos Virtuales de Aprendizaje Constructivista mediante ontologías**”, *Segundo Congreso Internacional sobre Metodología y Desarrollo de Materiales para la Educación a Distancia*, (METODOLOGIA-2007), pp. 115-126, Ciudad de México, México, 2007

- Diez, H., Olmedo, O., “**Ontology-guided Problem-Based Learning**”, *9th Conference on Computing*, (CORE 2008), Research in Computing Science, Vol. 34, Advanced in Computer Science and Engineering, pp. 175-185, Ciudad de México, México, 2008

Indexada por LATINDEX⁴⁰

⁴⁰ LATINDEX: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

- Diez, H., Olmedo, O., “**Improving Search and Publish of Knowledge by Means of Ontology in a Virtual Learning Environment**”, *4th International Congress on Electronics and Biomedical Engineering, Computer Science and Informatics*, (CONCIBE SCIENCE 2008), Research in Computing Science, Vol. 35, Special Issue in Electronics and Biomedical Engineering, Computer Science and Informatics, pp. 127-136, Guadalajara – Jalisco, México, 2008

Indexada por LATINDEX

Aceptado para publicar en congreso internacional con arbitraje estricto

- Diez, H., Morales, G., Olmedo, O., “**Ontology-based Knowledge Retrieval**”, *7th Mexican International Conference on Artificial Intelligence, (MICAI-2008)*, Poster Session, Ciudad de México, México, 27-31/Octubre, 2008

Bajo proceso de revisión en revista especializada con arbitraje estricto:

- Diez, H., Olmedo, O., “**EnEMoCi: Un Entorno Virtual de Aprendizaje Basado en el Método Científico para el Aprendizaje Basado en Problemas**”, *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, (IEEE-RITA)

Aceptado Primera Etapa
Revisión Segunda Etapa

Descripción de servicios de RibONTOMiddleware

Descripción de servicios

RibONTOMiddleware brinda 2 tipos de servicios: servicios de usuarios y servicios de soporte.

I. Servicios de usuarios

| | |
|-------------|---|
| Nombre | Listar Conceptos |
| Descripción | Devuelve un listado de los conceptos abstractos que están representados en la ontología y el nombre para su uso |
| Entrada | ninguna |
| Salida | Clases que representan conceptos del dominio |

Para listar los conceptos se ejecutan los siguientes pasos:

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Listar Conceptos.
- Paso 2: la capa *middleware* lee la ontología correspondiente las subclases de la clase Concepts.
- Paso 3: la capa *middleware* devuelve los resultados al estudiante, brindándole los nombres de las subclases. Estos valores son los que deben ser utilizados para hacer búsquedas.

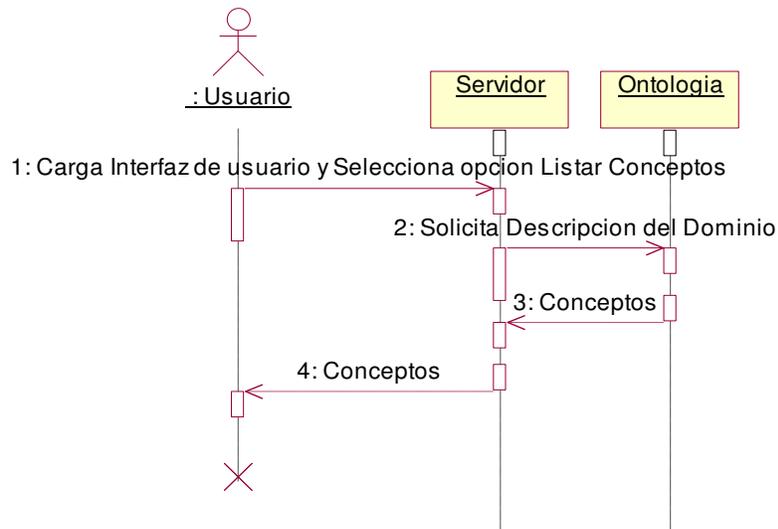


Figura B.1: Diagrama de secuencia del servicio Listar Conceptos



Figura B.2: Interfaz de resultados de Listar Conceptos

| | |
|-------------|---|
| Nombre | Consulta |
| Descripción | Realiza una búsqueda de las soluciones que satisfacen los requerimientos especificados. |
| Entrada | consulta, ontología |
| Salida | soluciones, objetos de aprendizaje que describen las soluciones |

Para realizar una consulta se ejecutan los siguientes pasos:

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar el buscador, accediendo a través del enlace que se brinda embebido en el módulo de administración de la lección (sección o tema) correspondiente y seleccionar opción Consulta.
- Paso 2: el estudiante formula la consulta en términos concretos y hace la petición correspondiente a *RibONTOMiddleware*.
- Paso 3: la capa *middleware* lee la ontología correspondiente y aplica el algoritmo de búsqueda.
- Paso 4: la capa *middleware* devuelve los resultados al estudiante, brindándole como respuestas enlaces a los objetos de aprendizaje de los algoritmos que satisfacen la consulta realizada.
- Paso 5: el estudiante carga los objetos de aprendizaje a partir del enlace proporcionado y explora en ellos el conocimiento que necesita para satisfacer las necesidades de conocimiento para resolver el problema. La información se obtiene de dos fuentes: 1) los OA básicos, del enlace al objeto de aprendizaje que proporciona el profesor o experto y 2) los OA suplementarios, elaborados por los estudiantes, pero que han sido publicados bajo la supervisión del profesor.

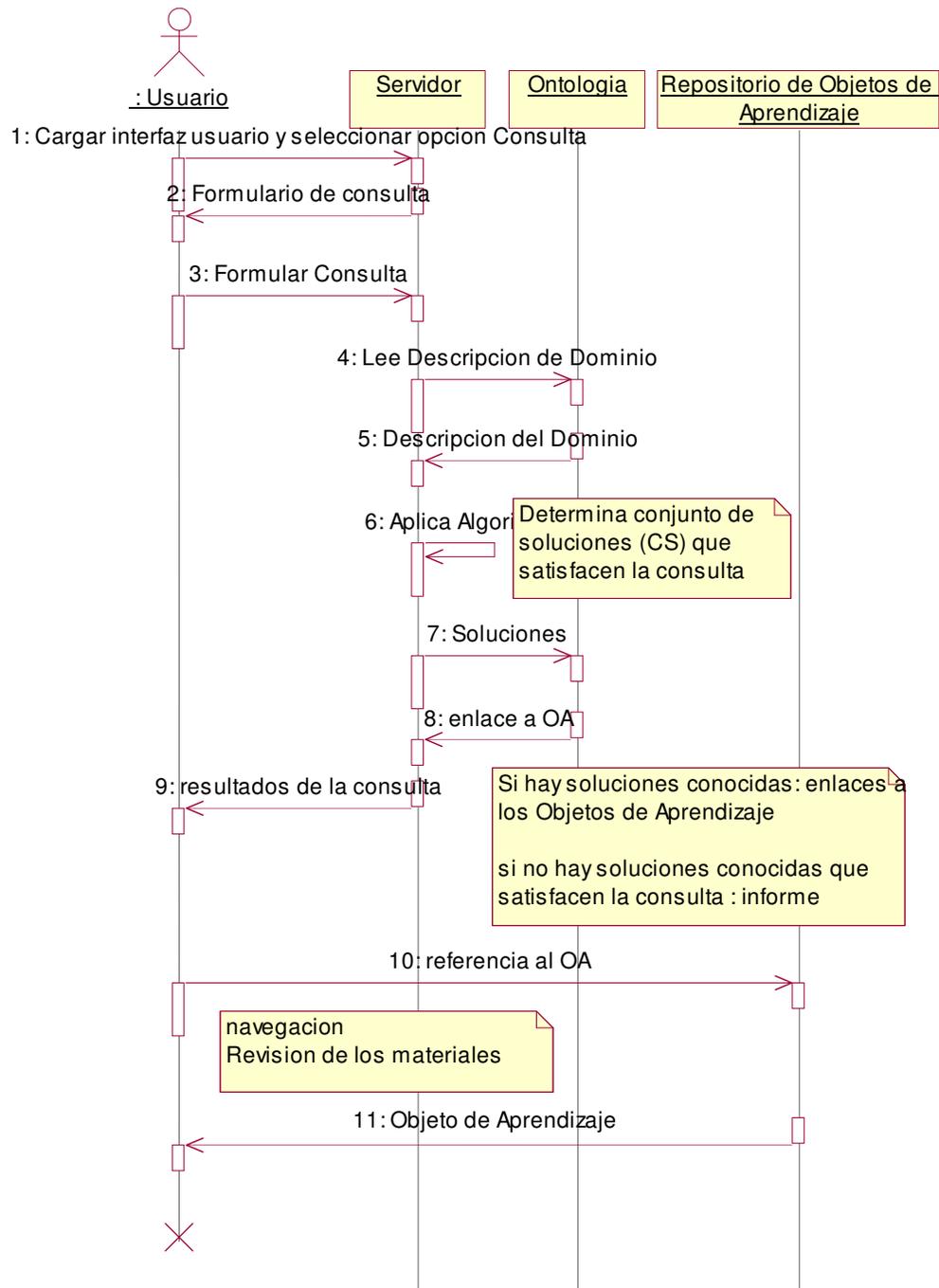


Figura B.3: Diagrama de secuencia del servicio Consulta

3 Resultados de la consulta: algoritmos de grafo dirigido para calcular ruta mas corta

| Algoritmos | OA Relacio |
|--|------------|
| <u>Dijkstra</u> Calcula el camino mas corto en un grafo con peso de arcos no negativos. | |
| <u>Floyd-Warshall</u> Soluciona el problema de la trayectoria más corta en un grafo dirigido pesado. | |
| <u>Bellman Ford</u> Calcula el camino mas corto en un grafo pesado, donde algunos de los pesos de los arcos pueden ser negativos. | |

Figura B.4: Interfaz de resultados de una consulta mediante RibONTOMiddleware

| | |
|---|---|
| Nombre | Preparar Plantilla Etapa 1 |
| Descripción | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 1: Analizar Problema, del ABMC. El estudiante debe especificar si el problema es de resolución simple o compleja, además debe especificar la categoría a la que pertenece el problema (en relación con la descripción de la ontología) y argumentar su elección. |
| | Como resultado se obtiene un documento etiquetado que el estudiante debe someter al profesor para su evaluación. |
| Entrada | Categoría, Argumentación |
| Salida | Documento etiquetado |
| Para generar la plantilla de la etapa 1 se ejecutan los siguientes pasos: | |
| Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Etapa 1. | |
| Paso 2: la capa <i>middleware</i> proporciona el formulario de la plantilla Analizar Problema | |
| Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa <i>middleware</i> . | |
| Paso 4: la capa <i>middleware</i> procesa los datos, si los datos están completos se genera el documento, de lo contrario, se ejecuta el paso 2. | |
| Paso 5: la capa <i>middleware</i> genera el documento de la etapa 1. | |

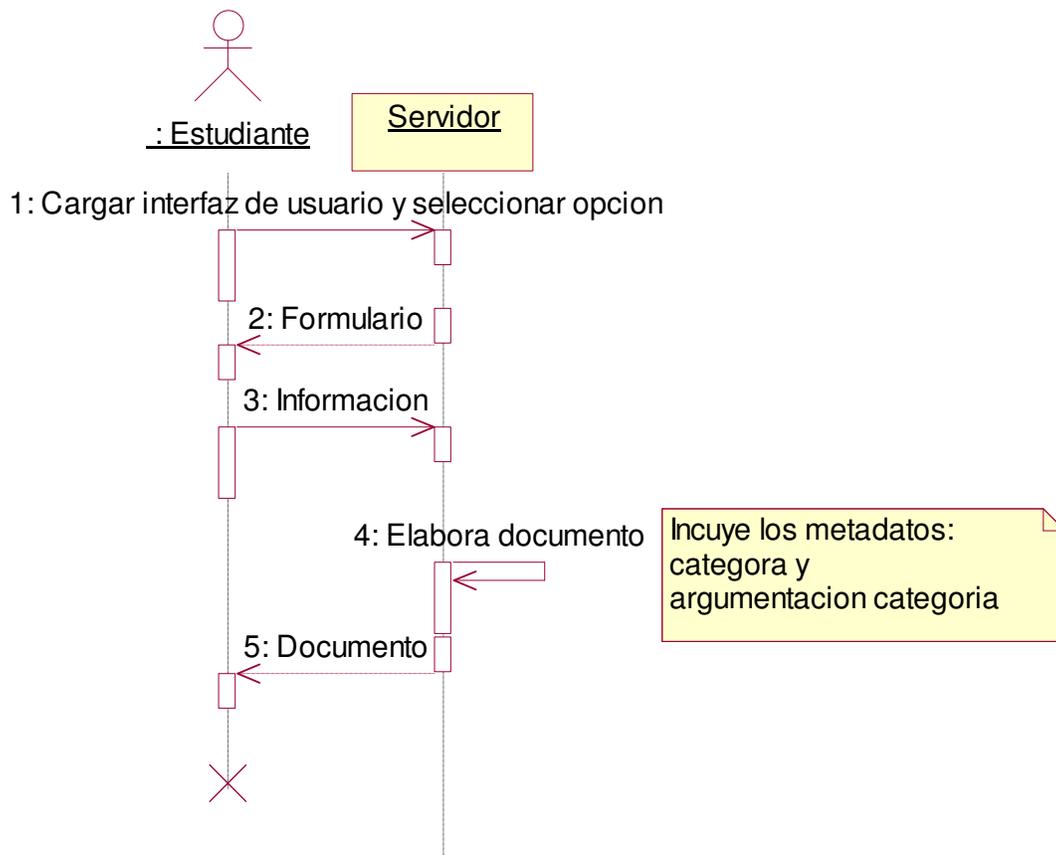


Figura B.5: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 1

Prepara Plantilla etapa 1

Tipo de Problema (*) Campo Obligatorio

Problema de Resolución Simple
 Problema de Resolución Compleja

Categoría: (*) Campo Obligatorio

Argumentación:

Describir contenido aquí

Nombre Archivo: (*) Campo Obligatorio

Figura B.6: Formulario correspondiente a la plantilla 1

| | |
|---|---|
| Nombre | Preparar Plantilla Etapa 2 |
| Descripción | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 2: Formular hipótesis, del ABMC. El estudiante debe argumentar y describir la hipótesis en función de los términos descritos en la ontología que describen el dominio. Como resultado se obtiene un documento etiquetado que el estudiante debe someter al profesor para su evaluación. |
| Parámetros de entrada | Términos abstractos, términos concretos y argumentación |
| Salida | Documento etiquetado |
| Para generar la plantilla de la etapa 2 se ejecutan los siguientes pasos: | |

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Etapa 2.
- Paso 2: la capa *middleware* proporciona el formulario de la plantilla Formular hipótesis.
- Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa *middleware*.
- Paso 4: la capa *middleware* procesa los datos, si los datos están completos se genera el documento, de lo contrario, se ejecuta el paso 2.
- Paso 5: la capa *middleware* genera el documento de la etapa 2.

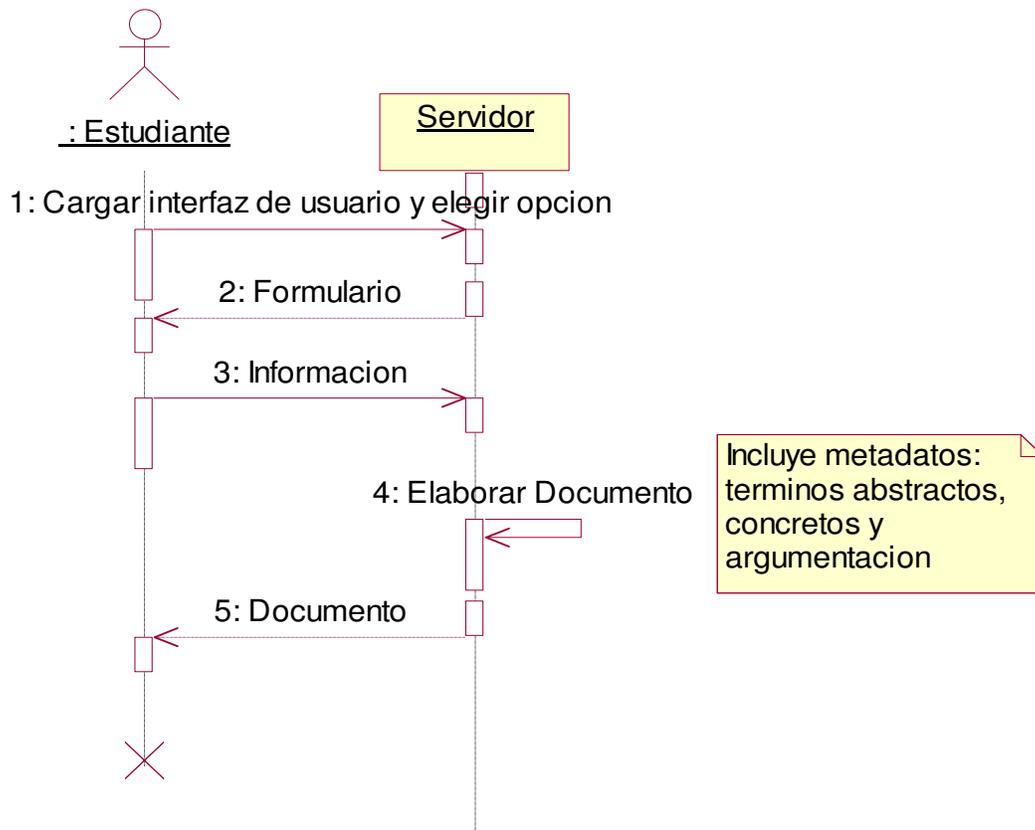


Figura B.7: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 2

Plantilla para Trabajos Relacionados

| Complete la argumentacion de los trabajos relacionados (Puede hacer hasta 10 trabajos relacionados) | | |
|--|------------|---------------|
| Parte | Referencia | Argumentacion |
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |
| 8 | | |
| 9 | | |
| 10 | | |

Figura B.8: Formulario correspondiente a la plantilla 2

| | |
|---|--|
| Nombre | Preparar Plantilla Etapa 3 |
| Descripción | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 3: Buscar Soluciones Conocidas, del ABMC. El estudiante debe argumentar y describir los trabajos previos obtenidos al realizar la consulta apropiada. |
| Parámetros de entrada | Como resultado se obtiene un documento etiquetado que el estudiante debe someter al profesor para su evaluación. Trabajos relacionados y argumentación |
| Salida | Documento etiquetado |
| Para generar la plantilla de la etapa 2 se ejecutan los siguientes pasos: | |
| Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Etapa 3. | |
| Paso 2: la capa <i>middleware</i> proporciona el formulario de la plantilla Buscar Soluciones Conocidas | |
| Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa <i>middleware</i> . | |
| Paso 4: la capa <i>middleware</i> procesa los datos, si los datos están completos se genera el documento, de lo contrario, se ejecuta el paso 2. | |
| Paso 5: la capa <i>middleware</i> genera el documento de la etapa 3. | |

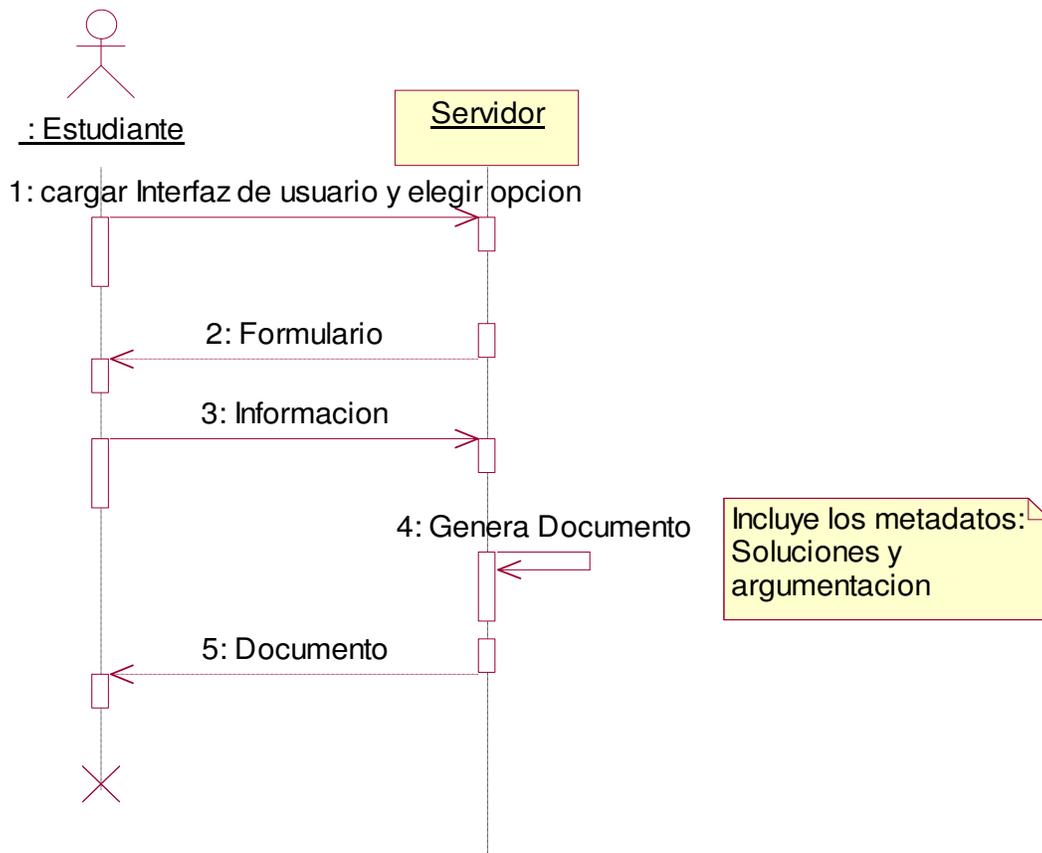


Figura B.9: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 3

The screenshot shows the user interface for the 'Prepara Plantilla etapa de experimentacion' service. At the top, the title 'RibONTOMiddleware' is displayed in a dark blue bar. Below it, the specific service name 'Prepara Plantilla etapa de experimentacion' is shown in another dark blue bar. The main form area contains a text input field with the placeholder text 'Describir contenido aqui' and a vertical scrollbar. Above this field is the label 'Expresar la descripción de su solución:'. Below the text field is a label 'Nombre Archivo:' followed by an empty text input field and the text '(*) Campo Obligatorio'. At the bottom of the form is a button labeled 'AplicarE'.

Figura B.10: Formulario correspondiente a la plantilla 3

| | |
|---|---|
| Nombre | Preparar Plantilla Etapa 4 |
| Descripción | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 4: Experimentar Solución, del ABMC. El estudiante debe realizar la descripción de la solución al problema. |
| Parámetros de entrada | Como resultado se obtiene un documento etiquetado que el estudiante debe someter al profesor. |
| Salida | Descripción y argumentación de la solución |
| Para generar la plantilla de la etapa 4 se ejecutan los siguientes pasos: | Documento etiquetado |

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Etapa 4.
- Paso 2: la capa *middleware* proporciona formulario de la plantilla Experimentar Solución.
- Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa *middleware*.
- Paso 4: la capa *middleware* procesa los datos, si los datos están completos se genera el documento, de lo contrario, se ejecuta el paso 2.
- Paso 5: la capa *middleware* genera el documento de la etapa 4.

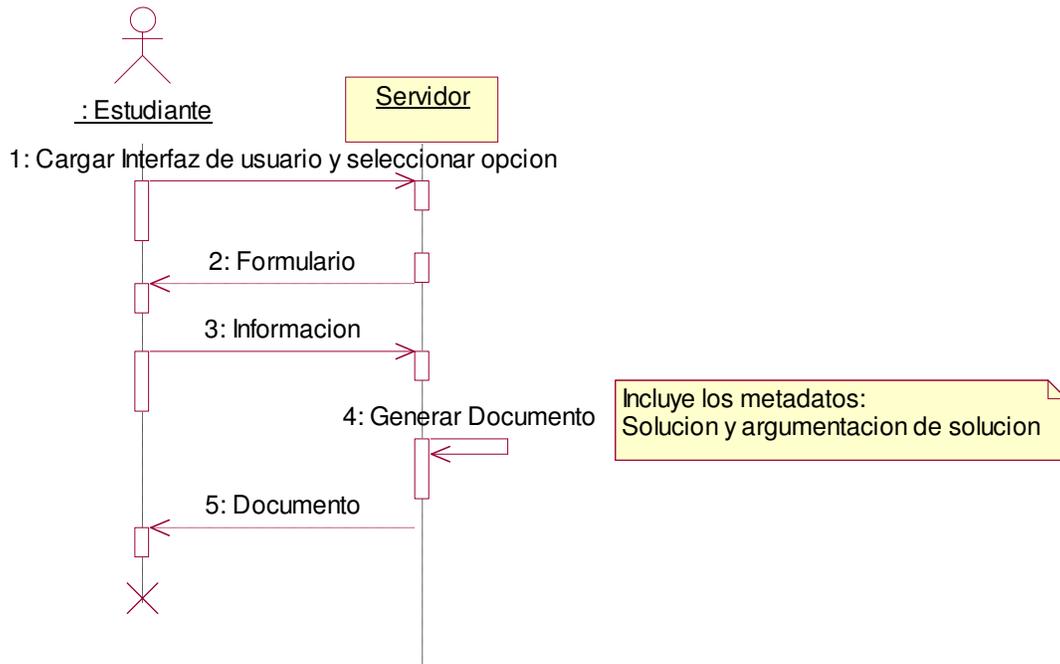


Figura B.11: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 4

RibONTOMiddleware

Prepara Plantilla etapa de comprobacion de hipotesis

Exprese la valoracion de su trabajo

Describir contenido aqui

Nombre Archivo: (*) Campo Obligatorio

AplicarCh

Figura B.12: Formulario correspondiente a la plantilla 4

| | |
|---|--|
| Nombre | Preparar Plantilla Etapa 5 |
| Descripción | Este servicio genera un documento que permite evaluar los resultados de la etapa 5: Revisar hipótesis, del ABMC. El estudiante debe argumentar si la experimentación realizada pudo comprobar la hipótesis y describir las conclusiones a las que le condujo la resolución del problema. |
| Parámetros de entrada | Conclusiones y argumentación |
| Salida | Documento etiquetado |
| Para generar la plantilla de la etapa 5 se ejecutan los siguientes pasos: | |

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Etapa 5.
- Paso 2: la capa *middleware* proporciona formulario de la plantilla Revisar hipótesis.
- Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa *middleware*.
- Paso 4: la capa *middleware* procesa los datos, si los datos están completos se genera el documento, de lo contrario, se ejecuta el paso 2.
- Paso 5: la capa *middleware* genera el documento de la etapa 5.

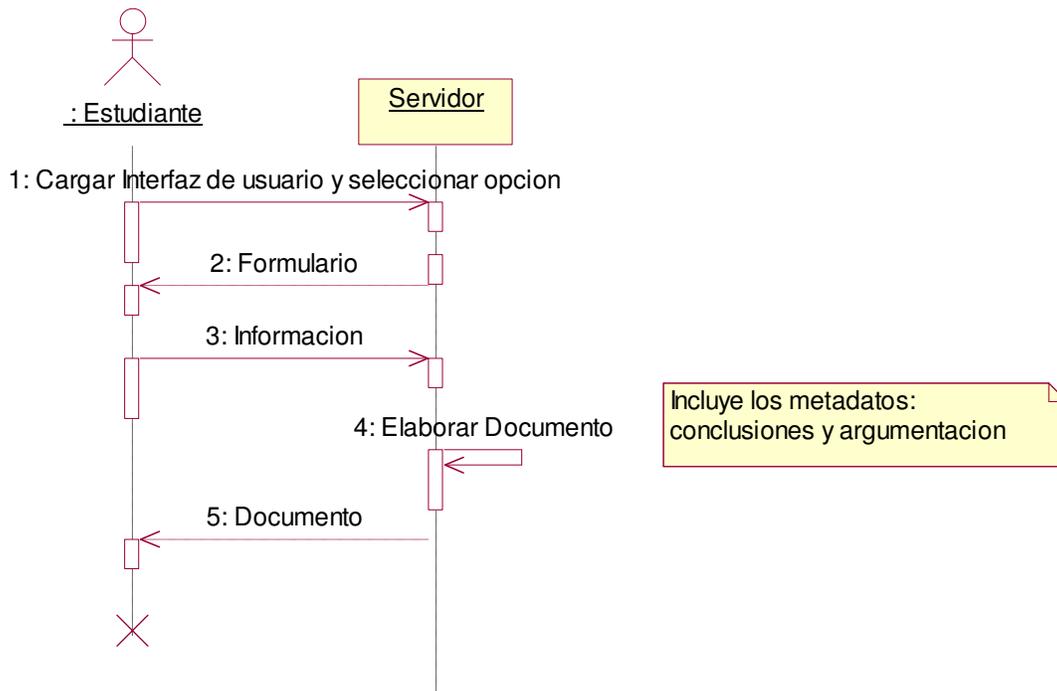


Figura B.13: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Etapa 5

The image shows a web interface for RibONTOMiddleware. It features two dark blue header bars. The top bar contains the text "RibONTOMiddleware" in white. The second bar contains "Pantilla de Integracion" in white. Below these is a form with a light beige border. The form contains a text input field labeled "Nombre usuario:" followed by a small asterisk and the text "Campo Obligatorio". Below the input field is a button labeled "Aplicar!".

Figura B.14: Formulario correspondiente a la plantilla 5

Nombre **Preparar Plantilla Integrar**
 Descripción Este servicio genera un documento que permite integrar los resultados de aplicar el ABMC al problema planteado y documentarlo para su publicación.

Como resultado se obtiene un Objeto de Aprendizaje para ser publicado dentro del repositorio de conocimiento.

Parámetros de entrada Problema, estudiante
 Salida Documento

Para generar el OA se ejecutan los siguientes pasos:

- Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Preparar Plantilla Integrar.
- Paso 2: la capa *middleware* proporciona formulario de la plantilla integrar
- Paso 3: el estudiante completa el formulario de la plantilla y lo envía a la capa *middleware*. Observe que sólo debe especificar el nombre de usuario.
- Paso 4: la capa *middleware* procesa los datos, si los datos están completos se procesan, de lo contrario se ejecuta el paso 2.
- Paso 5: la capa *middleware* genera el OA. Si el estudiante no completó alguna etapa, el documento no se genera y se envía un mensaje indicando cual etapa no fue completada.

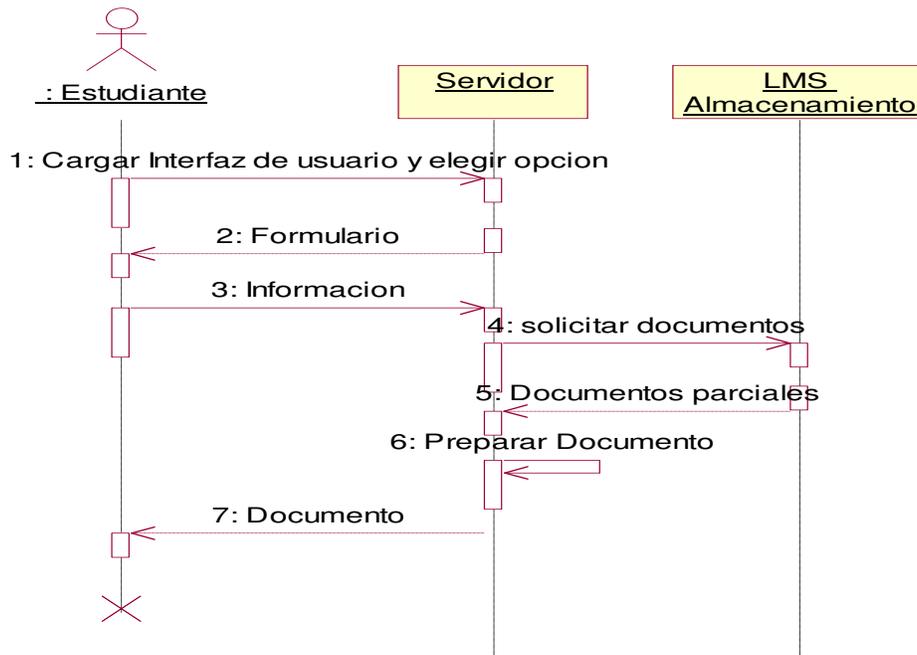


Figura B.15: Diagrama de secuencia del servicio Preparar Plantilla Integrar

II. Servicios de soporte

| | |
|-----------------------|--|
| Nombre | Listar Soluciones |
| Descripción | Devuelve un listado de los algoritmos que están registrados en la ontología. |
| Parámetros de entrada | ninguno |
| Parámetros de salida | Clases que representan las soluciones del dominio |

Para listar las soluciones se ejecutan los siguientes pasos:

Paso 1: el estudiante o usuario del sistema debe cargar la interfaz de servicio de la capa de gestión, accediendo a través del enlace correspondiente y seleccionar la opción Listar Soluciones.

Paso 2: la capa *middleware* lee la ontología correspondiente las subclases de la clase Solutions.

Paso 3: la capa *middleware* devuelve los resultados al estudiante, brindándole los nombres de las soluciones.

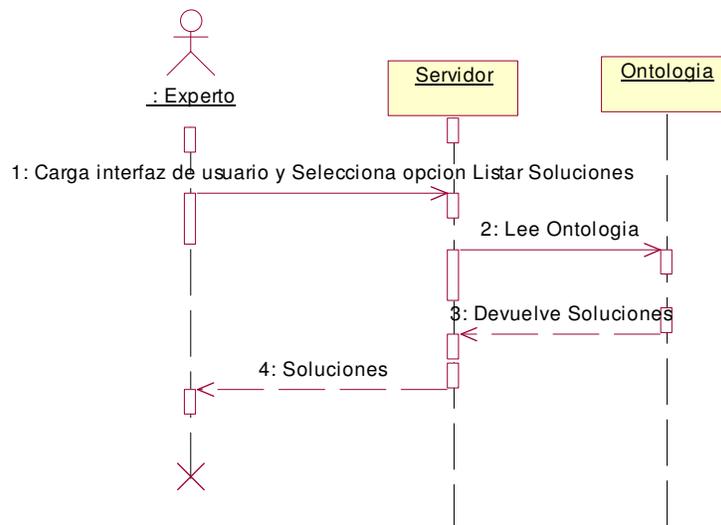


Figura B.16: Diagrama de secuencia del servicio Listar Soluciones

RibONTOMiddleware

Lista de Soluciones

| Nombre Algoritmo | campo name |
|-------------------|-------------------|
| Bellman_Ford | Bellman Ford |
| Boruvka | Boruvka |
| Dijkstra | Dijkstra |
| Floyd_Washall | Floyd-Warshall |
| Ford_Fulkerson | Ford-Fulkerson |
| Kruskal | Kruskal |
| Nearest_neighbour | Nearest Neighbour |
| Prim | Prim |
| Woodhouse_Sharp | Woodhouse-Sharp |

Figura B.17: Interfaz de resultados de Listar Soluciones

| | |
|-----------------------|--|
| Nombre | Añadir Nuevo Concepto |
| Descripción | Adiciona un nuevo concepto abstracto que describe el dominio. Con este servicio se especifican nuevos conceptos que son introducidos en la ontología. Para ello hay que especificar el nombre con el cual se hará referencia en las búsquedas y las soluciones con las que este concepto este relacionado. |
| Parámetros de entrada | <i>nuevoConcepto: String</i> |
| Parámetros de salida | <i>notificacionop: boolean</i> |

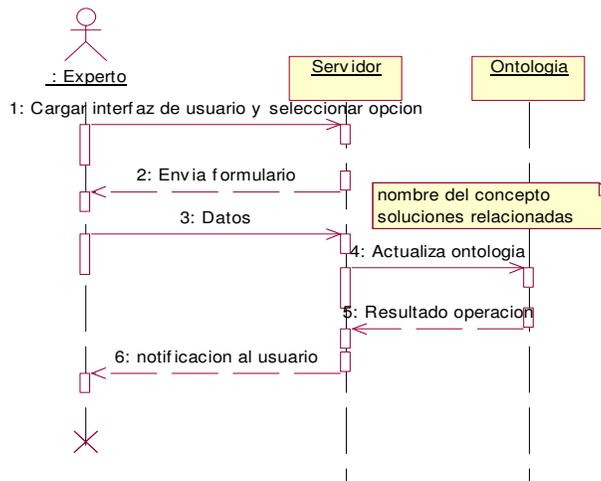


Figura B.18: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Nuevo Concepto

RibONTOMiddleware

Añadir Concepto Abstracto

nombre del nuevo concepto abstracto: (*) Campo Obligatorio

Solucion Asociada:

Se Relaciona con las soluciones:

- Bellman Ford
- Boruvka
- Dijkstra
- Floyd-Warshall
- Ford-Fulkerson
- Kruskal
- Nearest Neighbour
- Prim
- Woodhouse-Sharp

Figura B.19: Formulario correspondiente al servicio Añadir Nuevo Concepto

| | |
|-----------------------|---|
| Nombre | Añadir Nueva Solución |
| Descripción | Adiciona una nueva solución. Con este servicio se actualizan las soluciones. Para añadir una nueva solución se deben especificar el nombre de referencia. |
| Parámetros de entrada | <i>nuevaSolucion: String</i> |
| Parámetros de salida | <i>notificacionop: boolean</i> |

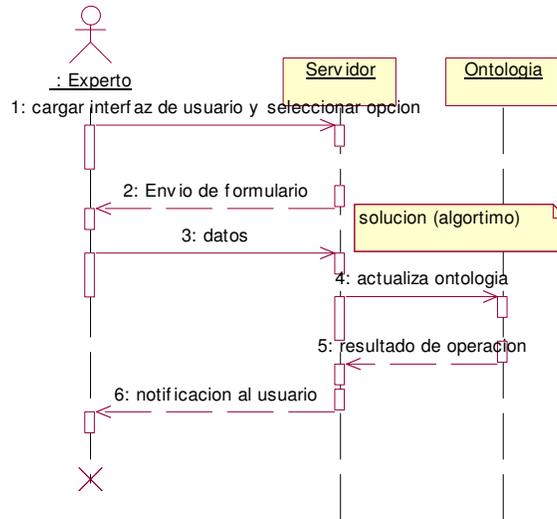


Figura B.20: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Nueva Solución

RibONTOMiddleware

Añadir Nueva Solucion (Algoritmo)

Nombre Solucion: (*) Campo Obligatorio

Dominio Relacionado:

- A_Graph
- A_OA
- A_Search
- A_Sorting

Figura B.21: Formulario correspondiente al servicio Añadir Nueva Solución

| | |
|-----------------------|--|
| Nombre | Añadir Relación |
| Descripción | Define las soluciones relacionadas con un concepto abstracto. Se utiliza para actualizar las relaciones entre conceptos y soluciones. Para añadir una relación a un concepto abstracto se debe seleccionar el concepto y las soluciones (al menos 1) con las que esta relacionado (se resuelve o se satisface). |
| Parámetros de entrada | <i>concepto: String</i> <i>soluciones: set of String</i> |
| Parámetros de salida | <i>notificacionop: boolean</i> |

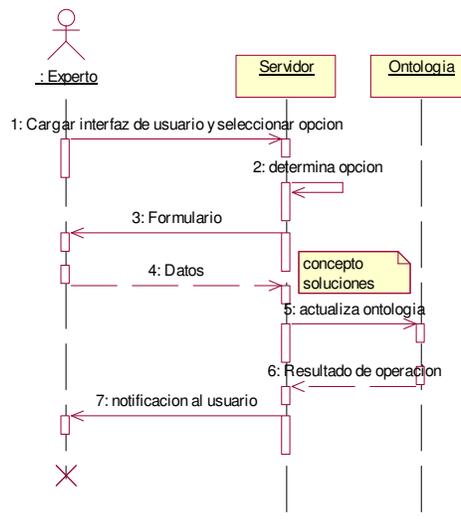


Figura B.22: Diagrama de secuencia del servicio Añadir Relación

| | |
|-----------------------|---|
| Nombre | Publicar Solución |
| Descripción | Realiza la publicación de nuevas soluciones (conocimientos). Mediante este servicio se actualiza el repositorio de Objeto de Aprendizaje. Para publicar un OA solamente es necesario especificar el nombre de la solución con la cual está relacionado. |
| Parámetros de entrada | <i>nuevoMaterial</i> : OA <i>solucionRelacionada</i> : String |
| Parámetros de salida | <i>notificacionop</i> : boolean |

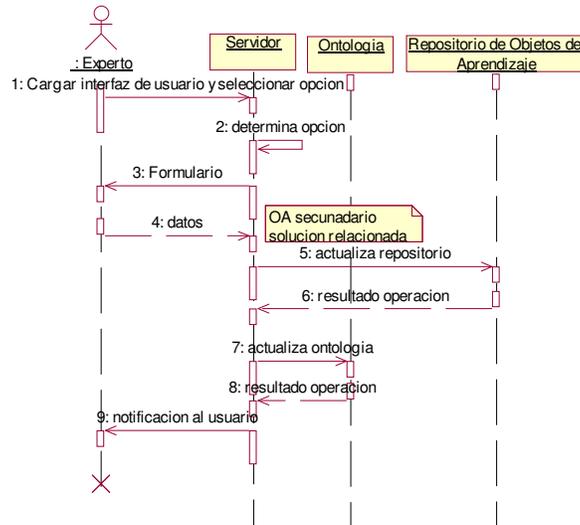


Figura B.23: Diagrama de secuencia del servicio Publicar Solución

RiBONTOMiddleware

Datos del archivo a Publicar como OA

Nombre del archivo: (*) Campo Obligatorio

algoritmo Relacionado:
 (*) Campo Obligatorio
 A_Graph
 Bellman_Ford
 Boruvka
 Dijkstra
 Floyd_Washall
 Ford_Fulkerson
 Kruskal
 Nearest_neighbour
 Prim
 Woodhouse_Sharp

Figura B.24: Formulario correspondiente al servicio Publicar

RELOAD EDITOR

RELOAD EDITOR (*Reusable eLearning Object Authoring & Delivery*) es un editor de metadatos y empaquetador de contenidos. Con RELOAD Editor se puede crear, importar, editar y exportar paquetes de contenidos.

Organizar los archivos

Un paquete de contenidos es una forma de transferir un conjunto de recursos, desde una locación a otra y de conservar su estructura y las relaciones entre los recursos. Cuando se crea un paquete de contenidos, se está creando un espacio en los que todos los archivos se almacenarán, en una carpeta base.

Etapas para realizar un empaquetamiento de contenidos SCORM con RELOAD Editor

- 1) Crear Paquete SCORM. al crear el SCORM CP, RELOAD Editor crea automáticamente 5 archivos: *imsmanifest.xml*, *adlcp_rootv1p2.xsd*, *imscp_rootv2p1p2.xsd*, *imsmd_rootv1p2p1.xsd*, *ims_xml.xsd*. El primer archivo es el archivo manifiesto del paquete de contenido y describe los contenidos del paquete y puede incluir una descripción de la estructura del contenido, su nombre es obligatorio y el archivo debe aparecer en la raíz de cualquier paquete SCORM válido. Los restantes archivos son copias locales de los documentos xml de esquemas.
- 2) Añadir los recursos. Un SCORM CP puede manejar dos tipos de recursos: *SCO* (*Shareable Content Object* – Contenidos Educativos Reutilizables) y *Asset* (Recurso).

SCO: son los archivos que se comunican con el LMS por medio de SCORM.

Asset: son los archivos complementarios que están vinculados al SCO, pueden ser archivos *.jpg*, *.swf* (*flash*), *.css*, entre otros. Los "*asset*" no pueden establecer comunicación directa con el LMS.

- 3) Añadir una organización
- 4) Añadir un *item*
- 5) Exportar como SCORM CP. Crea el archivo *.zip* que representa al Objeto de Aprendizaje.