MODELO MULTI-AGENTE PARA LA PLANIFICACIÓN INSTRUCCIONAL Y SELECCIÓN DE CONTENIDOS EN CURSOS VIRTUALES ADAPTATIVOS

FRANCISCO JAVIER ARIAS SÁNCHEZ, Ing.

Tesis de Maestría presentada como
requisito parcial para optar al título de
Magíster en Ingeniería - Ingeniería de Sistemas

Director
DEMETRIO ARTURO OVALLE CARRANZA, Ph.D.
Ingeniero de Sistemas y Computación, Universidad de los Andes, Colombia
Magíster en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble, Francia
Doctor en Informática de la Université Joseph Fourier, Francia
Línea de Investigación: **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Co-director
Julian Moreno Cadavid, M.Sc.
Ingeniero de Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
Magíster en Ingeniería de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
Línea de Investigación: **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA –SEDE MEDELLÍN-
FACULTAD DE MINAS, ESCUELA DE SISTEMAS
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
MEDELLÍN
2009

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

COLCIENCIAS (Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología), quien me apoyó y favoreció financieramente con la Convocatoria Jóvenes Investigadores (2008-2009), en la cual se desarrolló el Proyecto “Modelo Multi-Agente para la Planificación Instruccional en Cursos Virtuales Adaptativos siguiendo el estándar SCORM” y fue parte de este trabajo de tesis de maestría.

DIME (Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín), quien financió el proyecto de investigación “Modelo de Sistema Multi-Agente de Cursos Adaptativos Integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje”, el cual fue parte de este trabajo de tesis de maestría.

Facultad de Minas por la beca de posgrado con exención de matricula concedida parar llevar a cabo los estudios de maestría.

Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, quien me apoyó financieramente con la Convocatoria Nacional de Investigación 2009 Modalidad V “Apoyo a tesis de posgrado”, para desarrollar este trabajo de tesis de Maestría.

Demetrio Arturo Ovalle Carranza PhD., profesor de la Universidad Nacional de Colombia, director de la tesis; por sus valiosas y oportunas orientaciones, lo mismo que su dedicación para culminar con éxito el presente trabajo.

Julian Moreno Cadavid MSc., profesor de la Universidad Nacional de Colombia, por sus valiosos aportes en la co-dirección de la tesis.

Jovani Alberto Jimenez Builes PhD., por su conocimiento y por tener el honor de ser jurado de la presente tesis.

Marcela Jiménez Sánchez MSc., por sus valiosos aportes y por dedicar su tiempo en la revisión de la presente tesis.

A mis ilustres compañeros de maestría, por todos los momentos que vivenciamos juntos.

A mis distinguidos amigos (as) y profesores.

Finalmente un agradecimiento especial a mi familia: A mis padres Javier Alonso Arias Restrepo y Clara Beatriz Sánchez Jaramillo, por el apoyo, voluntad y persistencia que presentaron durante toda la vida para formarme. A mis hermanos Juan David Arias Sánchez y Daniel Arias Sánchez, por su amistad constante y por estar presentes en los momentos más importantes de mi vida. A mi esposa Paola Margarita Menco González quien me ha brindado su amor y apoyo incondicional en todo momento. A mi hija María Paulina Arias Menco quien es mi fuente de inspiración y el motor de mi vida.

Tabla de Contenido

Lista de figuras **8**

Lista de tablas **11**

Glosario **13**

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA 17

1.1 Motivación 17
1.2 Aportes 18
1.3 Definición del problema de investigación 19
1.4 Hipótesis de investigación 20
1.5 Preguntas de investigación 20
1.6 Objetivos 21
1.7 Alcance 21
1.8 Metodología de trabajo 22
1.9 Organización del documento 24
1.10 Difusión de resultados 24

CAPITULO 2

CONCEPTOS PRINCIPALES SOBRE SISTEMAS DE E-LEARNING 27

2.1 Cursos virtuales 27
2.2 Contenidos educativos y objetos de aprendizaje 28
2.3 Estándares 29
2.3.1 Organismos e instituciones que participan en los procesos de estandarización en e-learning 30
2.3.2 Estándar IEEE LOM (Learning Object Metadata) 31
2.3.3 Estándar Dublin Core 36
2.4 Sistemas multi-agente pedagógicos 39
2.5 Otros enfoques de e-Learning 41
2.5.1 Aprendizaje colaborativo 41
2.5.2 Sistema hipermedia adaptativo 42

2.5.3 Evaluación adaptativa 43
2.5.4 Repositorios de objetos de aprendizaje 44

CAPÍTULO 3

PLANIFICACIÓN INSTRUCCIONAL Y SELECCIÓN DE CONTENIDOS 45

3.1 Planificación instruccional: marco teórico 45
3.1.1 Planes instruccionales prefijados 46
3.1.2 Planificadores algorítmicos 47
3.1.3 Razonamiento basado en casos 47
3.1.4 Planificación instruccional basada en secuenciamiento de curriculo 49
3.2 Planificación instruccional: estado del arte 50
3.3 Selección de contenidos: marco teórico. 51
3.3.1 Estilos de aprendizaje (test Felder & Sylverman) 51
3.3.2 Cociente mental tríadico 53
3.4 Selección de contenidos: estado del arte. 54

CAPÍTULO 4

ARQUITECTURA PROPUESTA PARA CURSOS VIRTUALES ADAPTATIVOS 55

4.1 Arquitectura básica del curso virtual adaptativo propuesta 55
4.1.1 Modelo del alumno 56
4.1.2 Modelo del dominio 57
4.1.3 Modelo del tutor (o pedagógico) 59
4.2 Estrategia propuesta de planificación instruccional 59
4.2.1 Componentes de la estrategia 60
4.2.2 Desarrollo de la strategia 62
4.3 Estrategia Propuesta para la selección de contenidos 64

CAPÍTULO 5

MODELO MULTI-AGENTE PEDAGOGICO PROPUESTO 71

5.1 Fase de conceptuación 71
5.1.1 Identificación y descripción de los actores 71
5.1.2 Casos de uso 72
5.2 Fase de análisis 75
5.2.1 Modelo de agente 75

5.2.2 Modelo de organización 77
5.2.3 Modelo de tareas 87
5.2.4 Modelo de la experiencia 89
5.2.5 Modelo de coordinación (agente-agente) y comunicación (humano-agente) 95
5.3 Fase de diseño 101

CAPÍTULO 6

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO Y RESULTADOS 105

6.1 Inscripción de estudiantes en el sistema 106
6.2 Inscripción de profesores en el sistema 110
6.3 Solicitud de Planes Instruccionales y Selección de Contenidos 111

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO 117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 119

Lista de Figuras

Figura 2-1. Concepto de OA. 28

Figura 2-2. Concepto de OA 32

Figura 3-1. Plan instruccional prefijado 46

Figura 3-2. Plan generado con un planificador algorítmico 47

Figura 3-3. Componentes de los casos. 48

Figura 3-4. Plan generado con razonamiento basado en casos. 49

Figura 3-5. Cerebro Triádico 53

Figura 4-1. Arquitectura básica CVA. 55

Figura 4-2. Modelo del alumno 57

Figura 4-3. Estructura general. 59

Figura 4-4. Subdivisión de cursos con restricciones de primer nivel. 61

Figura 4-5. Instancia de un Curso Según la Arquitectura Propuesta. 63

Figura 4-6. Estructura de las variables de entrada SID 1. 65

Figura 4-7. Estructura de la variable de salida SID 1. 65

Figura 4-8. SID 1 propuesto. 66

Figura 4-9. Estructura de las variables de entrada SID 2. 67

Figura 4-10. Estructura de la variable de salida “Tipo de Recurso”. 67

Figura 4-11. Estructura de la variable de salida “Tipo de Formato”. 67

Figura 4-12. SID 2 propuesto. 68

Figura 4-13. SID integrado en la estrategia de selección de contenidos. 68

Figura 5-1. Caso de uso actor profesor. 73

Figura 5-2. Caso de uso actor estudiante. 73

Figura 5-3. Caso de uso actor Planificador. 73

Figura 5-4. Caso de uso actor Evaluador. 73

Figura 5-5. Modelo de la Organización. 77

Figura 5-6. Modelo de tareas representado a través de un árbol jerárquico. 88

Figura 5-7. Ontología enfocada al manejo de la información de los Cursos. 91

Figura 5-8. Ontología enfocada al manejo de los estudiantes. 92

Figura 5-9. Diagrama de flujo “ST2.1 Adaptar Planes Instruccionales” 93

Figura 5-10. Diagrama de flujo “ST2.2 Seleccionar Contenidos Educativos” 94

Figura 5-11. Diagrama de secuencia para crear un curso (parte A). 95

Figura 5-12. Diagrama de secuencia para crear un curso (parte B). 96

Figura 5-13. Diagrama de secuencia para solicitar información (Profesores). 97

Figura 5-14. Diagrama de secuencia para solicitar resultados de evaluación (Profesores). 97

Figura 5-15. Diagrama de secuencia para realizar inscripciones (Estudiantes). 98

Figura 5-16. Diagrama de secuencia para Generar, Ejecutar y Evaluar Plan Instruccional. 99

Figura 5-17. Diagrama de secuencia para solicitar información y resultados de evaluación (Estudiantes). 100

Figura 5-18. Diagrama de despliegue. 101

Figura 6-1. Interfaz de inicio. 106

Figura 6-2. Formulario de datos personales. 107

Figura 6-3. Formulario con las preguntas del test Felder. 108

Figura 6-4. Formulario con las preguntas del test RCMT. 109

Figura 6-5. Interfaz principal del sistema correspondiente a los usuarios tipo “estudiante” 110

Figura 6-6. Interfaz principal del sistema correspondiente a los usuarios “profesor”. 110

Figura 6-7. Opción cursos disponibles. 111

Figura 6-8. Estado inicial de cada estudiante. 112

Figura 6-9. Temas disponibles según la planificación. 112

Figura 6-10. Actividades planificadas. 113

Figura 6-11. Contenido educativo seleccionado. 113

Figura 6-12. Evaluación adaptada al plan instruccional. 114

Figura 6-13. Avance de un estudiante en un curso. 115

Figura 6-14. Estado final. 115

Figura 6-15. Replanificación de temas. 115

Figura 6-16. Diagrama de secuencias de los mensajes enviados por los agentes. 116

Lista de Tablas

Tabla 1-1. Metodología de trabajo 22

Tabla 2-1. Categoría General. 32

Tabla 2-2. Categoría Ciclo de Vida. 33

Tabla 2-3. Categoría Meta-Metadatos. 33

Tabla 2-4. Categoría Técnica. 34

Tabla 2-5. Categoría Educacional. 34

Tabla 2-6. Categoría Derechos. 34

Tabla 2-7. Categoría Relación. 35

Tabla 2-8. Categoría Anotación. 35

Tabla 2-9. Categoría Clasificación. 35

Tabla 2-10. Elementos relacionados principalmente con el contenido del recurso. 38

Tabla 2-11. Elementos relacionados principalmente con el recurso cuando es visto como una propiedad intelectual. 38

Tabla 2-12. Elementos relacionados principalmente con el recurso cuando es visto como una propiedad intelectual. 38

Tabla 3-1. Dimensiones dicotómicas. 52

Tabla 3-2. Evaluación test Felder & Sylverman. 52

Tabla 4-1. Sistema de reglas para determinar el hemisferio cerebral más utilizado por un estudiante. 66

Tabla 4-2. Sistema de reglas para seleccionar el tipo de recurso y el formato. 68

Tabla 4-3. Ejemplo de Aplicación del Test Felder & Sylverman modificado. 70

Tabla 4-4. Ejemplo de combinaciones entre las tablas “Top de recursos” y “Top de Formatos”. 70

Tabla 5-1. Plantilla para describir el caso de usos “Realizar Inscripción” correspondiente al actor estudiante. 74

Tabla 5-2. Información objetivos y servicios del agente humano profesor. 78

Tabla 5-3. Información objetivos y servicios del agente humano estudiante. 80

Tabla 5-4. Información objetivos y servicios del agente de software profesor. 83

Tabla 5-5. Información objetivos y servicios del agente de software estudiante. 84

Tabla 5-6. Información objetivos y servicios del agente de software planificador. 85

Tabla 5-7. Tarea “ST2 presentar planes instruccionales”. 89

Glosario

ACA: Abreviatura de *Ambiente Colaborativo de Aprendizaje*, es un entorno que se comparte con otras personas para llevar a cabo actividades conjuntas mediante la interacción física o virtual.

Agente de Software: Programa auto contenido capaz de controlar su proceso de toma de decisiones y de actuar, basado en la percepción de su ambiente, con el fin de lograr de uno o varios objetivos. Poseen adicionalmente características de autonomía, deliberación y proactividad.

ALS: Abreviatura de *Adaptive Learning System,* consiste en una aplicación cuyo propósito es proveer un servicio personalizado y adaptativo, diferenciándose así de los sistemas tradicionales de enseñanza virtual.

CE: Abreviatura de *Contenido Educativo*, es un recurso digital que puede ser usado para ayudar en el aprendizaje. Por ejemplo documentos, diapositivas, graficas, sonidos, videos, simulaciones, juegos, entre otros.

CIA: Abreviatura de *Cursos Inteligentes Adaptativos*, Es un sistema que planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para un curso virtual en el área de IA, adapta las evaluaciones y replanifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

CVA: Abreviatura de *Cursos Virtuales Adaptativos,* herramienta que es capaz de guiar al alumno durante el proceso de enseñanza-aprendizaje a lo largo de un dominio en especifico del conocimiento.

CSCL: Abreviatura de *Computer Supported Collaborative Learning,* es un área de investigación en la cual se busca que los estudiantes trabajen en grupo y desarrollen estrategias de aprendizaje colaborativo para resolver un problema utilizando sistemas basados en TICs (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones).

EAC: Abreviatura de *Enseñanza Asistida por Computador,* se refiere a las diferentes formas de impartir conocimiento apoyándose en las TICs.

E-learning: Es un concepto de educación a distancia en el que se integra el uso de las tecnologías de la información y otros elementos pedagógicos (didácticos) para la formación, capacitación y enseñanza de los usuarios o estudiantes en línea. Es decir, se puede entender como una modalidad de aprendizaje dentro de la educación a distancia.

IA: Abreviatura de *Inteligencia Artificial*, es la rama de las ciencias computacionales que se enfoca en el diseño de sistemas computarizados inteligentes que tengan capacidades humanas tales como: comprensión del lenguaje, aprendizaje, razonamiento, resolución de problemas, entre otros.

JADE: Abreviatura de *Java Agent Development Framework*, es un entorno de desarrollo para construir aplicaciones basadas en agentes, soportado en las especificaciones de FIPA para sistemas multi-agente.

LMS: Abreviatura de *Learning Management System,* es un programa (aplicación de software) instalado en un servidor, que se emplea para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación presencial o e-learning/aprendizaje-electrónico de una institución u organización.

Modelo del Dominio ó Módulo Experto: Contiene el conocimiento acerca de la materia o tema que enseña un STI.

Modelo del Estudiante ó Módulo del Alumno: Almacena toda la información relativa al estudiante que se genera durante la interacción con el STI.

Modelo Pedagógico ó Módulo Tutor ó Modulo Instructor: Maneja los planes y decisiones pedagógicas del STI.

Modelo Interfaz ó Modulo Entorno: Gestiona la interacción de los otros componentes del sistema y controla la interfaz hombre-máquina del STI.

OI: Abreviatura de *Objetivo Instruccional*, define las habilidades y destrezas que debe adquirir el estudiante al finalizar el estudio de un tema específico.

OA: Abreviatura de Objeto de Aprendizaje, se define como un contenido educativo compuesto de uno o varios elementos digitales, descrito con metadatos, que pueda ser utilizado dentro de un entorno enseñanza-aprendizaje.

Planificación en IA: Procedimiento que permite encontrar un conjunto de acciones que permitan alcanzar un estado objetivo, a partir de un estado inicial. Las acciones deben ser formuladas sobre un conjunto de elementos (propios del dominio) y pueden ser llevadas a cabo, siempre y cuando se cumplan un conjunto de restricciones previamente definidas.

ROA: Abreviatura de Repositorios de Objetos de Aprendizaje, colección de objetos de aprendizaje que tienen información (metadatos) detallada que es accesible vía Internet. Además de alojar los OA los ROA pueden almacenar las ubicaciones de aquellos objetos almacenados en otros sitios, tanto en línea como en ubicaciones locales.

SEA: Abreviatura de *Sistemas de Enseñanza Adaptativo*, se asemejan a los STI en lo que concierne a la aplicación de técnicas propias de IA y se caracterizan principalmente porque se enriquecen de sus usuarios para poder llevar a cabo las actividades de adaptación.

SHA: Abreviatura de *Sistema Hipermedia Adaptativo*, es un sistema de hipermedia (texto, video, audio, entre otros.) capaz de ajustar su presentación y navegación a las caracteristicas de los usuarios, reduciendo así los problemas de desorientación y falta de comprensión, propios de los sistemas hipermedia no adaptativos.

SID: Abreviatura de *Sistema de Inferencia Difusa*, forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano.

STI: Abreviatura de *Sistema Tutorial Inteligente,* es un sistema cuyo objetivo es lograr el aprendizaje de un dominio específico del conocimiento por parte del estudiante mediante la utilización de herramientas propias de la informática y de la inteligencia artificial.

Test Felder: Consiste en un conjunto de preguntas que permiten determinar los estilos de aprendizaje o preferencias de una persona cuando está en un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Test Revelador del Cociente Tríadico: Consiste en un conjunto de preguntas que permiten determinar que hemisferio cerebral es más utilizado por un persona

TICs: Abreviatura de *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones*. Son un conjunto de servicios, redes, software y dispositivos que tienen como fin mejorar la calidad de vida de las personas dentro de un entorno apoyados por tecnología informática.

UBA: Abreviatura de *Unidad Básica de Aprendizaje,* corresponde a una subdivisión de cursos y son similares a los capítulos de un libro. Una UBA no puede ser evacuada en una sola sesión de un curso.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Este capítulo tiene como objetivo presentar globalmente el contenido de la tesis, dar un vistazo a los orígenes de esta investigación y mostrar dónde se enmarca en los interrogantes de la comunidad científica. Igualmente se presenta el aporte, los objetivos planteados, el alcance, la metodología de trabajo y la difusión de resultados. Al final se explica cómo está organizado el resto del documento.

1.1 Motivación

Gracias al acercamiento de las Tecnologías de la Información (TICs) con los procesos de enseñanza-aprendizaje surgen los Cursos Virtuales Adaptativos (CVA). El objetivo básico de este tipo de cursos es lograr el aprendizaje de un dominio específico del conocimiento por parte del estudiante mediante la utilización de herramientas propias de la informática y de la inteligencia artificial.

Como su nombre lo indica, uno de los aspectos más importantes de los CVA es la capacidad de adaptación. A través de esta habilidad, se pretende que el sistema permita que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea planificado y ejecutado de acuerdo a las características de cada estudiante y a su ritmo de estudio de forma individualizada.

Existen diversos tipos de adaptación (Jiménez, 2006):

- Adaptación de planes instruccionales: busca determinar una secuencia de acciones consistentes, coherentes y continuas, teniendo en cuenta principalmente los Objetivos Instruccionales (OI) de un curso y el nivel de conocimiento de un estudiante. Cabe resaltar que una buena planificación de la instrucción debe facilitar la evaluación continua y sistemática de cada uno de los elementos que integran los procesos de enseñanza-aprendizaje.

- Adaptación de evaluaciones: busca determinar un conjunto de preguntas relacionadas con una secuencia de acciones determinada previamente, teniendo en cuenta el nivel de conocimientos y el plan instruccionales que está siguiendo un alumno.

- Adaptación de contenidos: busca seleccionar los mejores contenidos educativos (CE) según las características particulares que posee cada estudiante.

Hoy en día se han realizado diversos trabajos que se enfocan en la adaptación de planes instruccionales haciendo uso de técnicas tales como: la planificación instruccional prefijada, planificadores algorítmicos, entre otros; dejando de lado las teorías de planificación en inteligencia artificial (IA) y el nivel de conocimientos de los estudiantes, el cual puede ser un factor muy relevante en el momento de proponer un plan instruccional.

Además es muy común encontrar que la adaptación sólo se enfoca hacia la planificación instruccional, dejando de lado la posibilidad de mejorar otros aspectos que también influyen en la calidad del curso como puede ser la adaptación de contenidos.

En la actualidad se están haciendo investigaciones para llevar a cabo el desarrollo de CVA bajo el paradigma de los Sistemas Multi-Agente (SMA), los cuales pueden representar en forma distribuida conocimiento pedagógico y/o desempeñar tareas de tutoría para soportar y facilitar el aprendizaje humano.

Es por esta razón que se propone en este trabajo de tesis un modelo multi-agente para la planificación instruccional y selección de contenidos en cursos virtuales adaptativos, el cual permita brindar un apoyo efectivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje (planificación y selección de contenidos) que se llevan a cabo en un CVA.

1.2 Aportes

Los aportes de esta tesis se pueden resumir en los siguientes:

- Una estrategia de planificación instruccional que tiene en cuenta una estructura conceptual de cursos y los elementos necesarios para realizar planificación desde la perspectiva de la IA.

- Una estrategia para la selección de contenidos, la cual se fundamenta en los estilos de aprendizaje de los estudiantes y en los hemisferios cerebrales más utilizados por estos. Cabe resaltar que dicha estrategia utiliza un sistema de inferencia difuso compuesto por 5 variables de entrada y 2 de salida.

- Un modelo multi-agente que permite integrar las estrategias de planificación y de selección de contenidos en un ambiente virtual de aprendizaje.

1.3 Definición del problema de investigación

Con el crecimiento y popularidad del Internet, los cursos virtuales están volviéndose más atractivos y útiles. Sin embargo, la mayoría de estos no son más que una red de páginas con contenido estático.

Dichos cursos virtuales no están desarrollados bajo estructuras que permitan llevar a cabo planificación de actividades de forma adaptativa para cada estudiante, por lo cual no tienen en cuenta las siguientes características:

- Modelos que incluyen los componentes que hacen parte del dominio de conocimientos de un curso (por ejemplo unidades básicas de aprendizaje, temas, objetivos instruccionales, actividades, entre otros).

- Técnicas de planificación en IA que permitan realizar un control sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes y que se acoplen a los programas académicos de los cursos que son desarrollados hoy en día por los docentes.

Adicionalmente, los cursos virtuales desarrollados hoy en día tampoco cuentan con un modelo para la selección de contenidos educativos que esté basado en una representación formal (basada en metadatos), que permita obtener para cada estudiante el mejor recurso según su estilo de aprendizaje.

En conclusión, la problemática que será abordada en este proyecto de tesis de maestría es el desarrollo de un modelo para la planificación instruccional y selección de contenidos en cursos virtuales adaptativos, basado en el paradigma multi-agente, el cual permitirá brindar un apoyo efectivo en los procesos de enseñanza-aprendizaje (planificación y selección de contenidos) que se llevan a cabo en un CVA. Este modelo

posibilitará la planificación instrucconal teniendo en cuenta el nivel de conocimientos de los estudiantes y la teoría de planificación de la IA; y la selección de contenidos educativos teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes y los metadatos de los contenidos educativos.

1.4 Hipótesis de investigación

Los procesos de enseñanza-aprendizaje pueden ser mejorados a través de un modelo multi-agente que permita llevar a cabo la planificación instruccional y selección de contenidos en cursos virtuales adaptativos.

1.5 Preguntas de investigación

Una vez identificadas las limitaciones presentes en la problemática de investigación a través de la revisión del estado del arte y definido el problema, surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la estrategia de planificación que debe ser implementada en el modelo?

- ¿Cuál es la estrategia de selección de contenidos que debe ser implementada en el modelo?

- ¿Cuál es el estándar de metadatos más apropiado para llevar a cabo la selección de contenidos educativos?

- ¿Qué elementos se deben tener en cuenta de los modelos del dominio, del tutor y del alumno, para realizar planificación instruccional y selección de contenidos de forma adaptativa?

- ¿Cuál es el modelo multi-agente más apropiado que permita realizar planificación instruccional y selección de contenidos educativos?

1.6 Objetivos

General

Proponer un modelo que integre por medio de un sistema multi-agente los enfoques de planificación instruccional y selección de contenidos educativos siguiendo un estándar específico, permitiendo así adaptación de los cursos a partir del nivel de conocimientos y los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Específicos

1. Caracterizar los conceptos principales de sistemas multi-agentes, cursos virtuales adaptativos y estándares para la construcción de objetos de aprendizaje.

2. Caracterizar las estrategias de planificación instruccional y selección de contenidos que serán utilizados en el modelo.

3. Proponer una arquitectura básica para los modelos del dominio, del tutor y del alumno, que contemple los elementos principales para realizar planificación instruccional y selección de contenidos de forma adaptativa y estandarizada.

4. Proponer un modelo multi-agente que contemple estrategias de planificación instruccional y estrategias de selección de contenidos, bajo un ambiente estandarizado y adaptativo.

5. Desarrollar un prototipo que valide el modelo propuesto a través de un caso de estudio específico.

1.7 Alcance

En el trabajo de investigación que se propone en esta tesis no se tendrán en cuenta los siguientes aspectos, por considerarlos tema de otras investigaciones o posibles trabajos futuros:

- No se tiene previsto desarrollar un sistema para la recuperación de contenidos educativos (contenidos educativos, diapositivas, cursos, simulaciones, entre

otros.) en la Web. Se parte del supuesto que los contenidos educativos se encuentran almacenados en fuentes diversas (repositorio de CE, bases de datos, entre otros.) y su selección se hará teniendo en cuenta su estructura de metadatos.

- No se contempla desarrollar un sistema para la creación de contenidos educativos, sino, que se dará apoyo al docente para la integración de éstos al sistema que maneja los CVA, a partir de sus metadatos.

- En el modelo se hará especial énfasis en la técnica de planificación en IA y de "Secuenciamiento del Currículo" y por lo tanto no serán tenidas en cuenta las demás técnicas de planificación que son descritas en la literatura (solución de problemas basado en casos, análisis inteligente de las soluciones, soporte colaborativo adaptativo, entre otros).

1.8 Metodología de trabajo

Una vez se han planteado los objetivos que señalan el alcance de este trabajo de investigación, se presenta en la tabla 1-1 la metodología descrita a través de cinco fases que permitirán el logro de los objetivos propuestos.

Tabla 1-1. Metodología de trabajo

FASE	OBJETIVOS	ACTIVIDADES
Fase 1: Conformación del marco teórico y revisión del estado del arte.	Caracterizar los conceptos principales de sistemas multi-agentes, cursos virtuales adaptativos y estándares para la construcción de objetos de aprendizaje. Caracterizar las estrategias de planificación instruccional y selección de contenidos que serán utilizados en el modelo.	1.1 Revisión bibliográfica sobre sistemas multi agente: características, arquitecturas, metodologías y plataformas. 1.2 Revisión bibliográfica sobre cursos virtuales adaptativos. 1.3 Revisión bibliográfica de diferentes estándares como: LOM, Dublin Core, Came Core. 1.4 Revisión bibliográfica sobre técnicas de planificación instruccional. 1.5 Revisión bibliográfica sobre recuperación de contenidos teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje.

Fase 2: Especificación de requerimientos.	Proponer una arquitectura básica para los modelos del dominio, del tutor y del alumno, que contemple los elementos principales para realizar planificación instruccional y recuperación de contenidos de forma adaptativa y estandarizada.	2.1 Seleccionar el/los estándar(es) que serán implementados en la propuesta. 2.2 Identificar los elementos principales del modelo del dominio, del tutor y del alumno. 2.3 Definir de forma detallada las relaciones existentes entre cada modelo. 2.4 Complementar el/los modelos con la información de estándares de metadatos.
Fase 3: Diseño del modelo propuesto.	Proponer un modelo multi-agente que contemple estrategias de planificación instruccional y estrategias de selección de contenidos.	3.1 Definir los agentes que serán implementados, para llevar a cabo las diferentes tareas en el sistema (principalmente planificación y recuperación de contenidos). 3.2 Definir las relaciones que existen entre cada agente. 3.3 Definir la arquitectura multi-agente.
Fase 4: Implementación y validación del modelo propuesto.	Desarrollar un prototipo que valide el modelo propuesto y realizar pruebas para un caso de estudio especifico.	4.1 Seleccionar la metodología Multi-Agente que complementará el modelo propuesto. 4.2 Desarrollar la metodología seleccionada para el sistema multi-agente propuesto. 4.3 Seleccionar la plataforma multi-agente que se utilizará para el desarrollo del sistema. 4.4 Implementar el sistema. 4.5 Validar el sistema.
Fase 5: Producción de informes, artículos, etc.	Todos	5.1 Elaborar informes y artículos.

1.9 Organización del documento

Este documento de tesis se ha estructurado de la siguiente forma: en el capítulo dos se presentan los conceptos principales sobre sistemas de e-learning. En el capítulo tres se muestra el marco teórico y el estado del arte sobre planificación instruccional y selección de contenidos. En el capítulo cuatro se detalla el curso virtual adaptativo propuesto, con enfasis principalmente en la estructura del curso y las estrategias de planificación y de selección de contenidos desarrolladas. En el capítulo cinco se describe el modelo multi-agente propuesto que permite integrar las estrategias de planificación y selección de contenidos. En el capítulo seis se presenta el desarrollo del prototipo que valida el modelo propuesto y los resultados obtenidos.

1.10 Difusión de resultados

A continuación se presentan las publicaciones en revistas científicas y en memorias de congresos nacionales e internacionales que se han realizado y han permitido la difusión de esta investigación.

Publicaciones en Revistas Indexadas y Capítulos de Libro

- Guía Metodológica para la Construcción de Cursos Virtuales Personalizados y Colaborativos con Enfoque Multi-Agente. Revista Educación en Ingeniería. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. ISSN 1900-8260, Junio 7, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

- Modelo para la Selección de Objetos de Aprendizaje Adaptados a los Estilos de los Estudiantes. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 6, Número 1, pp. 57-67, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

- Modelo de Planificación Instruccional en Sistemas Tutoriales Inteligentes. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 6, Número 1, pp. 155-164, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

- Un Acercamiento Ontológico para Modelar el Paradigma Orientado a Objetos. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 5, Número 3, pp. 177-188, 2008. Autores: Francisco Arias, Gloria Giraldo, Carlos Zapata, Andrés Hoyos, Lorena Cadavid.

- Construcción de Cursos Virtuales Adaptativos con Énfasis en Aprendizaje Personalizado Activo. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 5, Número 1, pp. 214 -221, 2008. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

- Una Aproximación Metodológica par a la Construcción de Sistemas Tutoriales Adaptativos Multi-Agente con Énfasis en el Modelo Pedagógico. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 4, Número 3, pp. 77-86, 2007. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

Publicaciones en Congresos internacionales

- Integration Model of E-Learning based on Pedagogical Software Agents and Collaborative Learning Environments. 9th IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE 2009). Organised by UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) & IDESTI (Instituto de Capacitação, Pesquisa e Desenvolvimento Institucional em Gestão Social de Tecnologia de Informação). Julio 27 – 31, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

- Modelo Multi-Agente basado en la Web para planificación instruccional y evaluación adaptativa en cursos virtuales. IX Congreso Iberoamericano de Informática Educativa RIBIE 2008. Universidad Metropolitana Caracas, Venezuela, Marzo 6-8, 2008. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Marcela Jiménez.

Publicaciones en Congresos Nacionales

- Utilización de Técnicas de Inteligencia Artificial para el Diseño y Desarrollo de Cursos Virtuales Adaptativos. Encuentro Nacional de Investigaciones de Posgrado (ENIP). Bogota, Colombia, Diciembre 2 – 4, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

- Modelo de Inferencia Difusa para la Selección de Objetos de Aprendizaje en Cursos Virtuales. Reunión Nacional y Expo Ingeniería ACOFI. Santa Marta, Colombia, Septiembre 16 – 18, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

- Modelo de Planificación Instruccional en Sistemas Tutoriales Inteligentes. IV Congreso Colombiano de Computación. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia, Abril 23 – 25, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

- Modelo para la Selección de Objetos de Aprendizaje Adaptados a los Estilos de los Estudiantes. IV Congreso Colombiano de Computación. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia, Abril 23 – 25, 2009. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

- Construcción de Cursos Virtuales Adaptativos con Énfasis en Aprendizaje Personalizado Activo. III Congreso Colombiano de Computación. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín y EAFIT, Auditorio Fundadores, Medellín, Colombia, Abril 27 – 29, 2008. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Jovani Jiménez.

Artículos en Revisión

- Modelo de Inferencia Difusa para la Selección de Objetos de Aprendizaje Adaptados a los Perfiles de los Estudiante. Revista Colombiana de Computación ISSN 1657-2831. Autores: Francisco Arias, Demetrio Ovalle y Julián Moreno.

CAPITULO 2

CONCEPTOS PRINCIPALES SOBRE SISTEMAS DE APOYO E-LEARNING

E-learnins es un concepto de educación a distancia en el que se integra el uso de las tecnologías de la información y otros elementos pedagógicos (didácticos) para la formación, capacitación y enseñanza de los usuarios o estudiantes en línea. Es decir, se puede entender como una modalidad de aprendizaje dentro de la educación a distancia.

En este capítulo se presentaran algunos conceptos básicos para los sistemas de apoyo e-learning que serán de gran importancia para el desarrollo de este trabajo, como son: cursos virtuales, objetos de aprendizaje, estándares y sistemas multi-agente pedagógicos. Posteriormente se presentarán otros conceptos propios de los sistemas de e-learning que no fueron abordados para el desarrollo de este trabajo de tesis, pero que podrán ser tenidos en cuenta en investigaciones futuras, como son: aprendizaje colaborativo, sistema hipermedia adaptativo, evaluación adaptativa y repositorios de objetos de aprendizaje.

2.1 Cursos virtuales

Según (Pérez, 2005), los Cursos Virtuales (CV) fueron sometidos a tres etapas específicas de desarrollo e implementación y el progreso de cada curso en cada una de estas etapas permite clasificarlos en alguno de los siguientes tipos: curso de consulta, curso de apoyo a clases, curso en línea y cursos adaptativos.

Para desarrollar un CV de primer tipo (curso de consulta), bastaría tan solo con publicar en una página Web el programa, los contenidos, los objetivos, el temario, la metodología, la evaluación, la bibliografía recomendada y los apuntes de la asignatura; de tal manera que la información sea asequible por los alumnos.

Para el desarrollo de un CV de segundo tipo (curso de apoyo a clases), se requiere de la elaboración de material didáctico electrónico dirigido al alumnado para que estudie la asignatura de modo autónomo en su hogar o fuera del aula convencional.

Si se pretende desarrollar un CV de tercer tipo (curso en línea) se requiere la incorporación de distintos recursos telemáticos que permitan la comunicación entre docente y alumnado (a través de correo electrónico, chat, foros de debate, entre otros).

Finalmente están los Cursos Virtuales Adaptativos (CVA), los cuales son la evolución de los cursos en línea. Un CVA es una herramienta que es capaz de guiar al alumno a lo largo de un dominio en particular del conocimiento, resolviendo durante el proceso tareas tales como la elaboración de una estrategia de planificación de actividades, adaptación de contenidos y la evaluación del desempeño de los alumnos en el desarrollo de un curso (Ovalle et ál, 2007).

2.2 Contenidos educativos y objetos de aprendizaje

Según (Wiley, 2000) los Objetos de Aprendizaje (OA) son elementos que se fundamenta en la corriente de las ciencias de la computación conocida como orientación a objetos (Coad & Jill, 1993), la cual se basa en la creación de entidades con la intención de que puedan ser reutilizadas en múltiples aplicaciones. Esta misma idea se sigue para la construcción de los OA. Es decir, los diseñadores instruccionales pueden desarrollar componentes instruccionales pequeños que pueden ser reutilizados en diferentes aplicaciones educativas (Wiley, 2000).

Debido a que en la literatura se presenta una gran cantidad de definiciones, así como la diversidad de recursos que pueden considerarse como OA, es difícil llegar a un término específico. Pero podemos considerar que cualquier recurso con una intención formativa, compuesto de uno o varios contenidos educativos, descrito con metadatos, que pueda ser utilizado dentro de un entorno enseñanza-aprendizaje puede considerarse un OA (Figura 2-1).

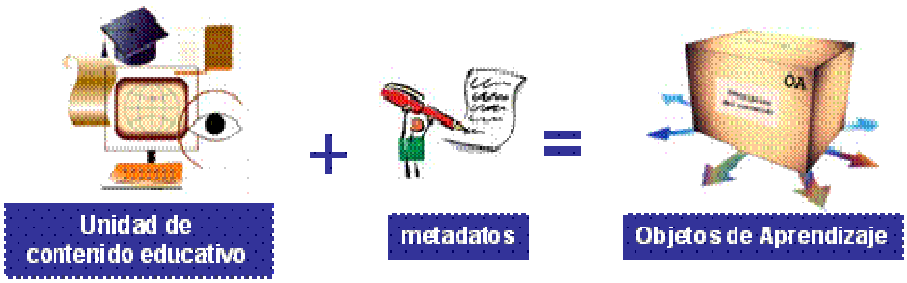


Figura 2-1. Concepto de OA [Tomado de (López, 2005)].

Los beneficios que los objetos de aprendizaje pueden tener en un contexto educativo son los siguientes:

- Flexibilidad: el mismo recurso puede utilizarse en distinto contextos.

- Administración del contenido: gestión de los recursos que están descritos con metadatos que permiten su control.

- Adaptabilidad: debido a que el OA debe ser un recurso modular se facilita al diseñador poder seleccionar y componer recursos según la aplicación.

- Interoperabilidad: ya que se eliminan los problemas de incompatibilidad entre plataformas.

Los OA podrán utilizarse y/o reutilizarse en la medida en que su diseño haya sido el adecuado. Es decir, que sus objetivos estén claros y que sea fácilmente integrable a diversas aplicaciones, tanto por su contenido como por la descripción que se haga de él y que le permita ser identificado adecuadamente, de esto se encargan su granularidad y sus metadatos. En la sección 2.3 se presentarán ejemplos de OA basados en los estándares correspondientes.

2.3 Estándares

La estandarización es la redacción y elaboración de normas que se establecen para garantizar el acoplamiento de elementos construidos independientemente. Así mismo garantizar la calidad de los elementos fabricados o desarrollados y asegurar su respectivo funcionamiento.

En e-learning, una de las principales funciones de los estándares es servir como facilitadores de la durabilidad, reutilización en el tiempo de los contenidos y de la interoperabilidad. Es decir, facilitar el intercambio de los contenidos entre diversas plataformas y sistemas.

2.3.1 Organismos e instituciones que participan en los procesos de estandarización en e-learning

A continuación se presentará una breve descripción de las principales organizaciones de América, que participan en los procesos de estandarización en e-learning.

- Institute for Electrical and Electronic Engineers Learning Technology Standards Committee (IEEE, 2002): Su misión principal es desarrollar estándares técnicos, prácticas recomendadas y guías para componentes de software, herramientas, tecnologías y métodos de diseño que faciliten el desarrollo, implantación, mantenimiento e interoperabilidad de implementación de sistemas educativos. En estos momentos su área de mayor impacto es la relacionada con los metadatos de los recursos educativos, ya que el estándar Learning Object Metadata (LOM) es el estándar oficial que más se está utilizando actualmente en e-learning.

- Dublin Core Metadata Initiative (Powell et ál, 2007): es un foro abierto dedicado al desarrollo de estándares de metadatos de propósito general enfocado principalmente a la localización y catalogación de recursos.

- Instructional Management Systems (IMS) Global Consortium (IMS, 2003): Actualmente es el principal promotor y desarrollador de especificaciones abiertas orientadas a la enseñanza electrónica. Su objetivo es que, a partir de estas especificaciones, se consiga la interoperabilidad de aplicaciones y servicios en la enseñanza electrónica para que los autores de contenidos y de entornos puedan trabajar conjuntamente. IMS tiene muchas especificaciones (actualmente tiene 16 especificaciones) ya que cada una de ellas está enfocada en una necesidad distinta del proceso de enseñanza. Hay especificaciones que se refieren a metadatos de los contenidos educativos, al formato de empaquetamiento y distribución de los cursos, a la información del usuario, a la secuenciación de contenidos educativos, o incluso al diseño de la actividad educativa en su conjunto.

- Advanced Distributed Learning (ADL, 2006): ADL se ha centrado desde un principio en el aprendizaje sobre la Web. Su principal resultado es un conjunto de especificaciones que, bajo la denominación Shareable Content Object

Reference Model (SCORM) (ADL, 2006) propone un modelo de agregación de contenidos (Content Aggregation Model, CAM), un entorno de tiempo de ejecución (Run-Time Environment, RTE) y la secuenciación y navegación (Sequencing and Navigation, SN) de los contenidos.

A continuación se describirán brevemente los dos estándares más utilizados.

2.3.2 Estándar IEEE LOM (Learning Object Metadata)

En este estándar una instancia de metadatos para un objeto de aprendizaje describe las características relevantes del contenido y están agrupados en nueve categorías (IEEE, 2002).

- La categoría general: agrupa la información general que describe un contenido educativo de manera global.

- La categoría ciclo de vida: agrupa las características relacionadas con la historia y el estado actual del contenido educativo, y aquellas que le han afectado durante su evolución.

- La categoría meta-metadatos: agrupa la información sobre la propia instancia de los metadatos (en lugar del contenido educativo descrito por la instancia de los metadatos).

- La categoría técnica: agrupa los requerimientos y características técnicas del contenido educativo.

- La categoría uso educativo: agrupa las características educativas y pedagógicas del contenido.

- La categoría derechos: agrupa los derechos de propiedad intelectual y las condiciones para el uso del contenido educativo.

- La categoría relación: agrupa las características que definen la relación entre este contenido educativo y otros contenidos educativos relacionados.

- La categoría anotación: permite incluir comentarios sobre el uso educativo del contenido educativo e información sobre cuándo y por quién fueron creados dichos comentarios.

- La categoría clasificación: describe este contenido educativo en relación a un determinado sistema de clasificación.

A continuación se describirán los metadatos de un contenido educativo de tipo imagen (ver tablas 2 – 1 a 2 – 9) que ilustra el gráfico correspondiente a una campana de Gauss (ver figura 2-2), haciendo uso de este estándar.

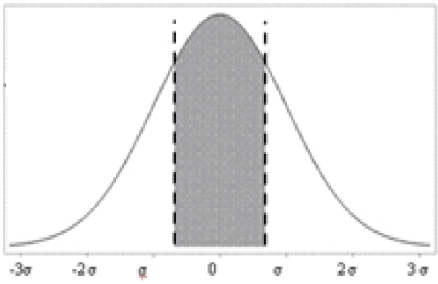


Figura 2-2. Concepto de OA [Tomado de (López, 2005)].

Tabla 2-1. Categoría general.

Categoría General	
Metadato	**Valor**
Identificador	Fig00089
titulo	Función de densidad de probabilidad Normal
Entrada de Catalogo	*Fig00089* en catálogo *Imágenes*
Lenguaje	ES
Descripción	Gráfico de la función de densidad de probabilidad de una normal.
Palabras Clave	Probabilidad Estadística Función de densidad Normal Campana de Gauss
Cobertura	1823
Estructura	Atómico (vocabulario LOM)
Nivel de Agregación	1 (vocabulario LOM)

Tabla 2-2. Categoría ciclo de vida.

Categoría Ciclo de Vida	
Metadato	**Valor**
versión	3.0
Estado	final
Contribuyente	Primer contribuyente * Papel: Proveedor del contenido * Identidad: Francisco * Fecha: 20/04/2008 Segundo contribuyente * Papel: Validador educacional * Identidad: Pedro * Fecha: 24/04/2008

Tabla 2-3. Categoría meta-metadatos.

Categoría Meta-Metadatos	
Metadato	**Valor**
Contribuyente	Primer contribuyente * Papel: creador * Identidad: Lula Hacker * Fecha: 30/05/2008 Segundo contribuyente * Papel: validador * Identidad: Mike Hammer * Fecha: 1/06/2008
Esquema de Metadatos	LOMv1.0
Lenguaje	ES

Tabla 2-4. Categoría técnica.

Categoría Técnica	
Metadato	**Valor**
formato	imagen/jpeg
Tamaño	512456
Localización	ftp://images/math/gauss.jpg
Requerimientos	* Tipo: Explorador * Nombre: Cualquiera
Observaciones de instalación	Basta disponer de un visualizador de imágenes JPG como añadido al navegador
Otros requerimientos de la plataforma	Opcionalmente, cualquier otro tipo de visualizador

Tabla 2-5. Categoría educacional.

Categoría Educacional	
Metadato	**Valor**
Tipo de interactividad	Expositiva
Tipo de fuente de aprendizaje	Figura
Nivel de interactividad	Muy baja
Densidad Semántica	Alta
Uso destinado	Aprendizaje
contexto	Educación Superior
Rango de edades típicas	16-20
dificultad	Media
Tiempo de aprendizaje típico	30 minutos
Descripción	Entendimiento cualitativo de los principales parámetros de la normal univariante.
Lenguaje	ES

Tabla 2-6. Categoría derechos.

Categoría Derechos	
Metadato	**Valor**
costo	no
derecho de copia y otras restricciones	no
Descripción	Este recurso no está sujeto a derechos de autor alguno, porque las matemáticas son patrimonio universal de la humanidad.

Tabla 2-7. Categoría relación.

Relación	Recurso
Es parte de	Identificador: doc098765 Descripción: Manual sobre variables aleatorias unidimensionales
Es requerido por	Identificador: doc098765 Descripción: Manual sobre variables aleatorias unidimensionales
Es referenciado por	Identificador: e08765 Descripción: Manual sobre reconocimiento estadístico de patrones

Tabla 2-8. Categoría anotación.

Anotador	Fecha	Texto
Francisco	25/10/2008	Considero la combinación de la expresión formal y la representación gráfica muy adecuada para transmitir el concepto de normalidad.
Bacus Floyd	25/11/2008	El énfasis de la franja de normalidad es apropiado, aunque deberían resaltarse los puntos de inflexión.

Tabla 2-9. Categoría clasificación.

Propósito	Rutas	Descripción	Palabras Clave
disciplinar		Materia obligatoria en estadística	
disciplinar			* matemáticas * estadística * probabilidad
Nivel educacional	informática->primer ciclo-> estadística en carreras		
Nivel educacional	Nodo 455 en carreras		

2.3.3 Estándar Dublin Core

Este estándar se encuentra compuesto por 15 metadatos, los cuales pueden ser clasificados en 3 grupos que indican la clase o el ámbito de la información que contienen (DCMI, 2008):

Elementos relacionados principalmente con el contenido del recurso:

- Titulo: El nombre dado al recurso.
- Palabras clave: frases clave o códigos de clasificación que describen el tema del recurso.
- Descripción: La descripción puede ser detallada por medio de un resumen, tabla de contenidos, referencia a una representación gráfica de contenido o una descripción de texto libre del contenido.
- Fuente: Una referencia a un recurso del cual se deriva el recurso actual.
- Lenguaje: La lengua del contenido intelectual del recurso.
- Relación: Una referencia a un recurso relacionado.

Elementos relacionados principalmente con el recurso cuando es visto como una propiedad intelectual:

- Autor: La entidad primariamente responsable de la creación del contenido intelectual del recurso. Entre los ejemplos de un creador se incluyen una persona, una organización o un servicio.
- Editor: La entidad responsable de hacer que el recurso se encuentre disponible.
- Colaboradores: La entidad responsable de hacer colaboraciones al contenido del recurso.

- Derechos: La información sobre los derechos de propiedad intelectual y sobre el recurso.

Elementos relacionados principalmente con la instanciación del recurso:

- Fecha: típicamente, la fecha será asociada con la creación o disponibilidad del recurso.

- Tipo de recurso: El tipo incluye términos que describen las categorías generales, funciones, géneros o niveles de agregación del contenido. Algunos tipos de recurso pueden ser: ejemplo, animación, simulación, gráfico interactivo, glosario, ejercicio.

- Formato: El formato puede incluir el tipo de media o dimensiones del recurso. Podría usarse para determinar el software, hardware u otro equipamiento necesario para ejecutar u operar con el recurso. Algunos tipos de formatos pueden ser: pdf, doc, txt, swf, ppt, entre otros. Se recomienda seleccionar un valor de un vocabulario controlado (Por ejemplo MIME que define los formatos de medios de computador).

- Identificador: una referencia no ambigua para el recurso dentro de un contexto dado.

Ambos estándares representan los metadatos a través de lenguajes abiertos como XML (eXtended Markup Language), ya que se considera que los metadatos basados en tecnología XML son un elemento clave para la administración de repositorios digitales. Con esta alianza se puede llevar a cabo el intercambio de información y de contenidos entre plataformas y entre repositorios de forma transparente para el usuario.

A continuación se describirán los metadatos de un contenido educativo de tipo imagen (ver tablas 2 – 10 a 2 – 12) que ilustra el gráfico correspondiente a una campana de Gauss (ver figura 2-2), haciendo uso de este estándar.

Tabla 2-10. Elementos relacionados principalmente con el contenido del recurso.

Elementos relacionados principalmente con el contenido del recurso	
Metadato	**Valor**
Titulo	Función de densidad de probabilidad Normal
Palabras clave	Probabilidad estadística función de densidad normal campana de gauss
Descripción	Gráfico de la función de densidad de probabilidad de una normal.
Fuente	ftp://images/math/gauss.jpg
Lenguaje	ES
Relación	ftp://documentos/math/gauss.jpg

Tabla 2-11. Elementos relacionados principalmente con el recurso cuando es visto como una propiedad intelectual.

Elementos relacionados principalmente con el recurso cuando es visto como una propiedad intelectual	
Metadato	**Valor**
Autor	Francisco
Editor	Norma
Colaboradores	Universidad Nacional
Derechos	Libre

Tabla 2-12. Elementos relacionados principalmente con la instanciación del recurso.

Elementos relacionados principalmente con la instanciación del recurso	
Metadato	**Valor**
Fecha	20/04/2008
Tipo de recurso	figura
Formato	jpeg
Identificador	Fig00089

2.4 Sistemas Multi-Agente Pedagógicos

Según (Wooldridge & Jennings, 1995) “Un agente es un sistema computacional que está situado en un ambiente y que es capaz de acciones autónomas en este medio para alcanzar sus objetivos de diseño”. A partir de esta definición se define un Agente Pedagógico como un ente virtual que toma decisiones acerca de cómo maximizar el aprendizaje de un alumno, y el "entorno" que observa es un estudiante en su proceso de aprendizaje; para cumplir con sus metas. Un Agente Pedagógico puede actuar como un tutor virtual, como un estudiante virtual, o como un compañero de aprendizaje que ayuda al estudiante en su proceso de aprendizaje (Conati et ál, 2002).

Estas nuevas arquitecturas se basan en el enfoque de la IA distribuida, la cual estudia los agentes inteligentes situados en un mundo social y desde esta perspectiva se estudian además los mecanismos sociales, los comportamientos inteligentes colectivos, arquitecturas, teorías, lenguajes y tipos de agentes. Esta tecnología, aunque reciente, está lo suficientemente madura, y tiene numerosas aplicaciones en sistemas de e-learning. Algunos ejemplos de este tipo de sistemas son (Jiménez, 2006):

- **MACES** (Multi-Agent Architecture for an Collaborative Educational System) Como su nombre lo indica es un sistema educativo colaborativo para la educación a distancia desarrollado en la Universidad de Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) en Brasil. La arquitectura se basa en agentes humanos (usuarios y profesores) y en 5 clases de agentes de software: agente diagnóstico, mediador, colaborativo, social y semiótico (Bocca et ál, 2003).

- **AMPLIA** (Ambiente Multi-Agente ProbabiLístico Inteligente de Aprendizagem) Es un ambiente inteligente de aprendizaje, proyectado como un recurso adicional para la formación de los estudiantes de medicina, tiene como objetivo principal apoyar el desarrollo del razonamiento diagnóstico y el modelamiento de las hipótesis diagnósticas en el área médica (Vicari et ál, 2003). El ambiente fue desarrollado en la UFGRS en Brasil. AMPLIA tiene como objetivo suministrar una infraestructura y herramienta necesaria para ambientes de aprendizaje basados en SMA. Los usuarios son representados por agentes autónomos que hacen parte de una reunión social basada en objetivos, que se comunican, cooperan y negocian.

- **BAGHERA.** Es una comunidad educativa de agentes de software que interactúan entre sí de acuerdo a sus competencias y puntos de vista, cooperando y realizando colectivamente tareas educativas. La concepción de esta arquitectura utiliza la metodología de análisis y concepción AIEO (Agents, Interactions, Environment and Organization). Cada estudiante es soportado por 3 tipos de agentes: Compañero de Aprendizaje, Mediador y Tutor; el profesor es asistido por 2 tipos de agentes: Compañero de Enseñanza y Asistente (Webber, 2003).

- **JADE** (Java Agent Framework for Distance Learning Environments) Este Sistema Multi-Agente Pedagógico ofrece un conjunto de recursos para facilitar el desarrollo e implementación de ambientes computacionales para ser utilizados como instrumentos de la educación a distancia (EAD). Fue desarrollado en la UFRGS en Brasil (Silveira, 2001).

- **SMAW** (SMA para la Adaptación de Contenido Web) Este sistema integra tecnologías como SMA y sistemas hipermedia adaptativos para presentar contenido Web según las características del dispositivo de acceso de los usuarios, incorporando un modelo del estudiante que tiene en cuenta los estilos de aprendizaje al entregar el material adecuado a cada usuario (Vélez et ál, 2007).

- **ALLEGRO:** Es un Ambiente Multi-Agente de Enseñanza-aprendizaje conformado por un STI el cual permite brindar aprendizaje en forma individualizada y por un CSCL que ofrece aprendizaje de forma colaborativa. El ambiente fue modelado a través del enfoque de SMA, debido a que ofrece las siguientes cualidades: Autonomía, flexibilidad y adaptabilidad. La planificación instruccional en MILLENNIUM se lleva a cabo a través de la técnica de CBR (Cases-Based Reasoning) donde se utiliza la experiencia acumulada de soluciones exitosas de problemas similares ejecutados anteriormente (Jiménez, 2006).

2.5 Otros enfoques de e-learning

A continuación se presentarán otros enfoques que aunque no son utilizados para el desarrollo de esta tesis de maestría se han aplicado en el campo de e-learning y pueden ser considerados como trabajo futuro para otras investigaciones en el área de la informática educativa.

2.5.1 Aprendizaje colaborativo

Esta rama de la investigación pretende que los estudiantes trabajen en grupos apoyados por el computador para resolver un problema. En ella de crean entornos de aprendizaje en los que el estudiante puede trabajar con compañeros tanto reales como simulados y de esta manera puede aprender de los comentarios de los demás y puede enseñarles lo que él sabe (learning by teaching). Ejemplos de este tipo de entornos son los siguientes:

- **SHACA:** Es un modelo basado en Sistemas Hipermedia Adaptativos integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje. Su principal fortaleza es proveer adaptatividad tanto en el aspecto individual como colaborativo del estudiante (Arteaga & Fabregat, 2002).

- **COLAB** (Collaborative Laboratories) Es un entorno colaborativo basado en las técnicas de CSCL para el aprendizaje de fenómenos físicos. Ofrece un entorno de simulación en el que se presentan diferentes espacios por los que los estudiantes se pueden desplazar para ver diferentes fenómenos físicos. Provee herramientas tanto asíncronas como síncronas para la comunicación y la colaboración (Mora et ál, 2004).

- **Synergeia:** Está diseñado para apoyar la construcción colaborativa de conocimientos en las aulas de las escuelas. Proporciona una visión común, estructurada, basada en la Web de tal forma que es un espacio de trabajo colaborativo en el que el aprendizaje puede tener lugar. Este sistema se basa en el enfoque BSCW (Basic Support Cooperative Work) como una herramienta que implementa el trabajo cooperativo (Stahl, 2002).

- **ESCOLE** (Environment for Supporting COllective Learning Enthusiasts) Es una plataforma que proporciona servicios básicos de cooperación, instrumentos y

herramientas de CSCL, accesibles desde diferentes lugares de trabajo (Lonchamp, 2006).

- **gStudy:** Es un sistema que le permite a un alumno o un instructor crear o importar contenidos sobre casi cualquier tema. La información acerca de los temas se hace utilizando el lenguaje HTML, la cual puede incluir texto, fotos, gráficos, tablas, audio y clips de video, es decir, los formatos de información común para la biblioteca de recursos impresos y en Internet. gStudy proporciona las herramientas cognitivas para que los alumnos creen, compartan e intercambien información y objetos (Winne et ál, 2007).

- **I-MINDS** es un Sistema Multi-Agente inteligente para el Aprendizaje Colaborativo y la administración de aulas de clase. Este sistema está compuesto por un SMA, herramientas colaborativas e implementa la estrategia de aprendizaje Jigsaw. Tiene un agente grupal, el cual se encarga de construir perfiles de los alumnos, basado en el comportamiento que éstos tienen al interior del sistema (con quién se comunican, tipos de preguntas, entre otros.); perfil que posteriormente utiliza para ejecutar la conformación de grupos (Soh et ál, 2008).

2.5.2 Sistema Hipermedia Adaptativo

Según (González, 2004) un Sistema Hipermedia Adaptativo (SHA) se define como todo sistema hipertexto e hipermedia que refleja algunas características del usuario en un modelo y aplica este modelo en adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario.

Estos sistemas resultan verdaderamente útiles en cualquier área de aplicación dónde se espera que el sistema sea usado por personas con diferentes objetivos y conocimientos y dónde el hiperespacio de búsqueda de la información sea razonablemente grande.

Es importante aclarar que la adaptación que realiza este tipo de sistemas es solo para la navegación y podrán guiar al usuario limitando el espacio de búsqueda, sugiriéndole los enlaces más relevantes a seguir ó dándole comentarios adaptados a su perfil de usuario.

En síntesis, un SHA debe satisfacer tres criterios:

- Debe ser un hipertexto o hipermedia.
- Debe tener un modelo de usuario.
- Debe adaptar el hipermedia usando este modelo o perfil del usuario.

2.5.3 Evaluación adaptativa

El objetivo principal de esta tipo de evaluaciones es generar preguntas adaptadas a las necesidades de cada estudiante (en forma individualizada), teniendo en cuenta sus habilidades o destrezas y teniendo en cuenta sus estilos de aprendizaje.

Según (Jiménez, 2009) Una de las técnicas más importantes de evaluación adaptativa se conoce como TAI (Test Adaptativo Informatizado) y son ampliamente usados en el campo de la educación. Un TAI es necesariamente administrado por computador y consiste en un algoritmo iterativo que realiza una estimación inicial del nivel de conocimiento del estudiante a partir de una pregunta introductoria y según la respuesta escoge la siguiente pregunta. Este proceso continúa hasta que se cumple un criterio de finalización preestablecido.

Para desarrollar un sistema de evaluación de este tipo, es necesario tener acceso a cierto tipo de información como puede ser:

- Los temas estudiados por el alumno.
- El desempeño académico del estudiante en el curso actual o en los cursos anteriores que se traduce en objetivos educativos alcanzados (información incorporada al modelo del estudiante).
- Los resultados de las pruebas presentadas al inscribirse en el curso: pruebas psicológicas y test para determinar estilos de aprendizaje (perfil del estudiante).

- El estilo de aprendizaje es uno de los aspectos que permite adaptar la forma como se presentan los contenidos del curso y las evaluaciones de acuerdo a las preferencias de cada estudiante. Ésto con el fin de facilitar al examinado la comprensión de lo que se le está evaluando. Una de las herramientas que permite caracterizar los estilos de aprendizaje es el test de Felder y Silverman (Felder et ál, 1994) (Felder et ál, 2005). Mediante el análisis de 44 preguntas se determina cuáles son los estilos de aprendizaje o las preferencias predominantes en una persona a la hora de aprender.

2.5.4 Repositorios de objetos de aprendizaje

Debido a que la reutilización es uno de los beneficio asociados a los Objetos de Aprendizaje, es necesario un lugar destinado para su almacenamiento y clasificación que facilite posteriormente su mantenimiento, localización y también permita compartir ese OA con otros sistemas para aplicaciones diversas. Este almacén es lo que se conoce como Repositorio de Objetos de Aprendizaje (ROA).

Según (López, 2005) los ROA son un tipo de bibliotecas digitales especializadas en recursos educativos que utilizan los estándares de metadatos que han desarrollado los organismos encargados de la estandarización de Objetos de Aprendizaje.

Principalmente se identifican dos tipos de ROA (Downes, 2004) (Rehak & Mason, 2003):

- Los que contienen los contenidos educativos y sus metadatos. En éstos los contenidos y sus descriptores se encuentran dentro de un mismo sistema e incluso dentro de un mismo servidor.

- Los que contienen sólo los metadatos. En este caso el repositorio contiene sólo los descriptores y se accede al contenido educativo a través de una referencia a su ubicación física que se encuentra en otro sistema o repositorio de Objetos de Aprendizaje.

También es común encontrar repositorios mixtos, en los que se hace una combinación de estos dos tipos de ROA.

CAPÍTULO 3

PLANIFICACIÓN INSTRUCCIONAL Y SELECCIÓN DE CONTENIDOS

En este capítulo se presentará el marco teórico y la revisión del estado del arte sobre los conceptos que intervienen en la problemática de estudio, como son: planificación instruccional y selección de contenidos.

3.1 Planificación instruccional: marco teórico

La planificación instruccional se refiere a la forma en que se planifican los procesos de enseñanza-aprendizaje, tomando como base los contenidos significativos de la disciplina, concebidos como ejes integradores. Esta forma de organizar conocimientos y experiencias debe considerar la diversidad de elementos que contextualizan el proceso (nivel de desarrollo del alumno, medio sociocultural y familiar, proyecto curricular, recursos disponibles) para regular la práctica de los contenidos, seleccionar los objetivos básicos que pretende conseguir, las pautas metodológicas con las que trabajará, las experiencias de enseñanza-aprendizaje y los mecanismos de control del proceso de enseñanza-aprendizaje necesarios para perfeccionar dicho proceso (Brusilovsky et ál, 2004).

La planificación instruccional tiene como principal objetivo lograr procesos de enseñanza-aprendizaje de calidad, pertinentes desde el punto de vista social, tecnológica y científica, los cuales permitan a los estudiantes alcanzar aprendizajes significativos y su formación integral. Es importante destacar que la planificación instruccional es para los docentes y los estudiantes como una especie de brújula, la cual sirve de guía a la hora de seleccionar y organizar los contenidos, medios, estrategias, metodologías, tiempo y duración de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

De esta forma se puede decir entonces que la planificación instruccional constituye una de las tareas más importantes en los sistemas educativos para lograr la adaptación de la instrucción al aprendiz. Es el componente encargado de determinar la secuencia de las acciones (plan) de manera consistente, coherente y continua, que

maximiza las actividades de aprendizaje de cada alumno para alcanzar los Objetivos Instruccionales (OI) durante una sesión de aprendizaje.

Cabe resaltar que una buena planificación de la instrucción debe facilitar la evaluación continua y sistemática de cada uno de los elementos que integran los procesos de enseñanza-aprendizaje.

A continuación se presentarán cuatro técnicas para realizar planificación instruccional.

3.1.1 Planes instruccionales prefijados

Estos planes definen los cursos mediante una secuencia de actividades de enseñanza estableciendo ciertos puntos de decisión, en los que dependiendo de las necesidades del aprendiz se puede tomar un camino u otro (ver figura 3-1) (Jiménez, 2006).

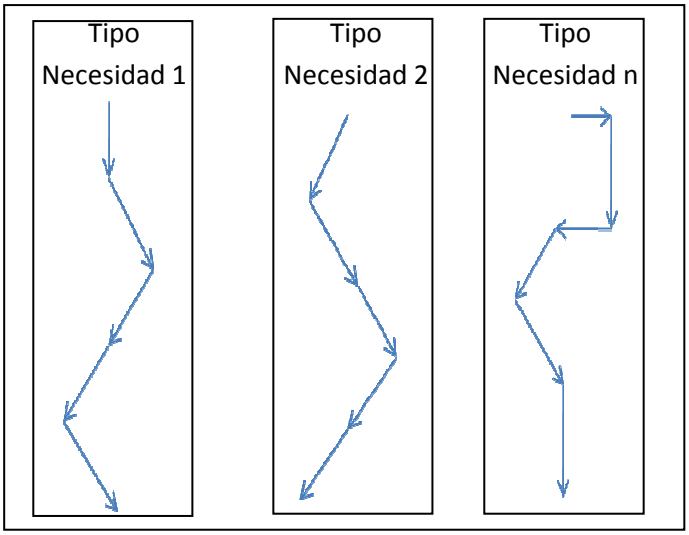


Figura 3-1. Plan instruccional prefijado

Es claro entonces que para generar un curso que satisfaga a todos los estudiantes, se requiere identificar todas las necesidades y generar un plan instruccional por cada tipo de necesidad, por lo cual crear cursos siguiendo planes instruccionales prefijados resulta muy costoso y difícil de modificar.

3.1.2 Planificadores Algorítmicos

Para desarrollar un planificador de este tipo se deben identificar los objetivos educativos y relacionarlos entre sí (Duque, 2005), identificar las necesidades de los estudiantes y con la ayuda de un planificador (Planificación por red jerárquica de tareas HTN, Planificador Simple Hierarchical Ordered Planner 2, entre otros) generar un plan de principio a fin (ver figura 3-2).

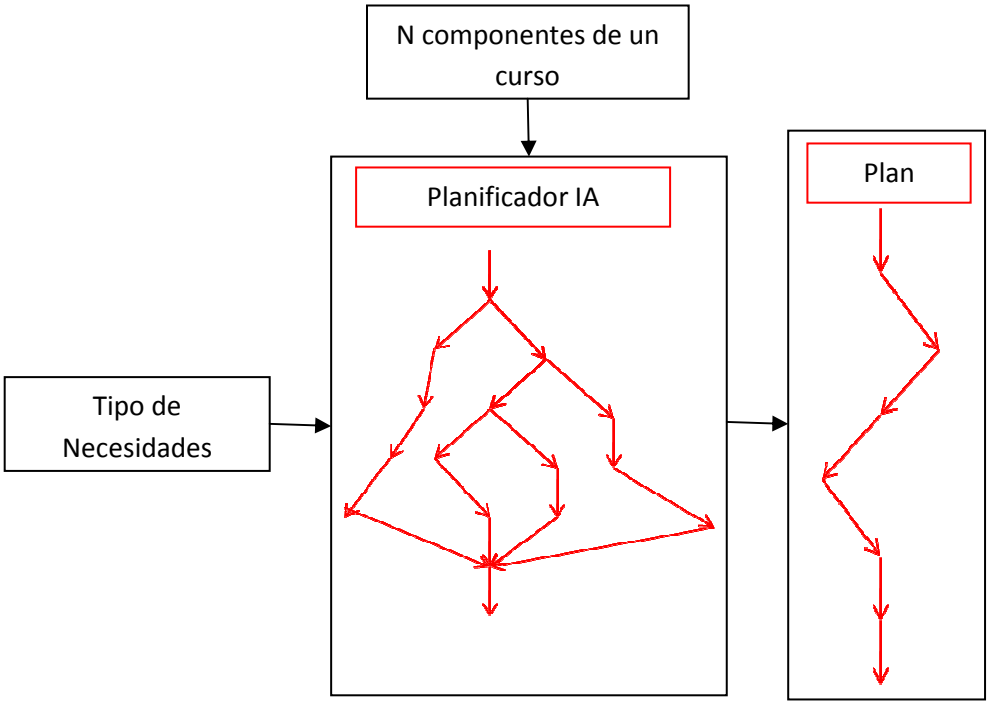


Figura 3-2. Plan generado con un planificador algorítmico

3.1.3 Razonamiento Basado en Casos

El Razonamiento Basado en Casos (CBR por sus siglas en inglés) es una técnica de la IA que intenta llegar a la solución de nuevos problemas de forma similar a como lo hacen los seres humanos utilizando la experiencia acumulada hasta el momento en acontecimientos similares. Un nuevo problema se compara con los casos exitosos almacenados previamente en la base de casos (Memoria de Casos) y se recuperan uno o varios casos. Posteriormente se utiliza y evalúa una solución sugerida, por los casos que han sido seleccionados con anterioridad, para tratar de aplicarlos al problema actual (Jiménez, 2006).

Un caso se compone de tres elementos (ver figura 3-3): La descripción del problema, la solución que se aplicó y el resultado de la solución. El conjunto de casos se organiza en una estructura llamada Memoria de Casos (Jiménez, 2006).

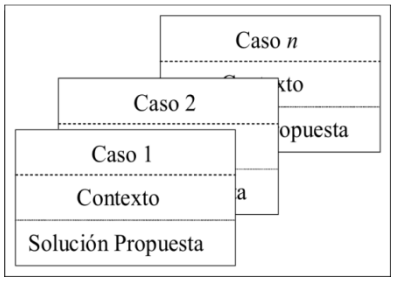


Figura 3-3. Componentes de los casos.

Según (Jiménez, 2006) Las fases del CBR son:

- Recuperación. En la fase de recuperación se analiza el problema actual y se utilizan sus características principales para buscar en la memora de casos aquellos casos que más se parezcan a la situación actual, entre los casos recuperados, se selecciona el más apropiado. Si se recuperan casos similares, el sistema estima el grado de similitud de los casos buscados usando valores fijos en sus umbrales o extremos.

- Adaptación. Una vez que se ha determinado el caso más parecido al problema actual, el sistema debe adaptarlo para que se ajuste a sus peculiaridades.

- Revisión. Después de aplicar la solución, el siguiente paso consiste en la revisión de los resultados obtenidos en la aplicación para comprobar si la solución propuesta ha tenido éxito o no. Si la solución ha fracasado, se intentan explicar las causas del fallo y se repara la solución para evitarlo en el futuro.

- Almacenamiento. En esta última fase, el sistema almacena en la memora de casos la nueva experiencia a través de un caso que incorpora el problema actual, la solución y sus resultados. Si la solución fracasó, se almacena la información necesaria para prevenir fracasos similares. El nuevo caso se integra en la MC y se actualizan los índices.

En la figura 3-4 se representa la forma cómo se utiliza el razonamiento basado en casos para seleccionar un plan instruccional de un estudiante con necesidades similares a las de otro estudiante. Es importante aclarar que el caso que se representa en la figura debe ser recuperado de la memoria de casos.

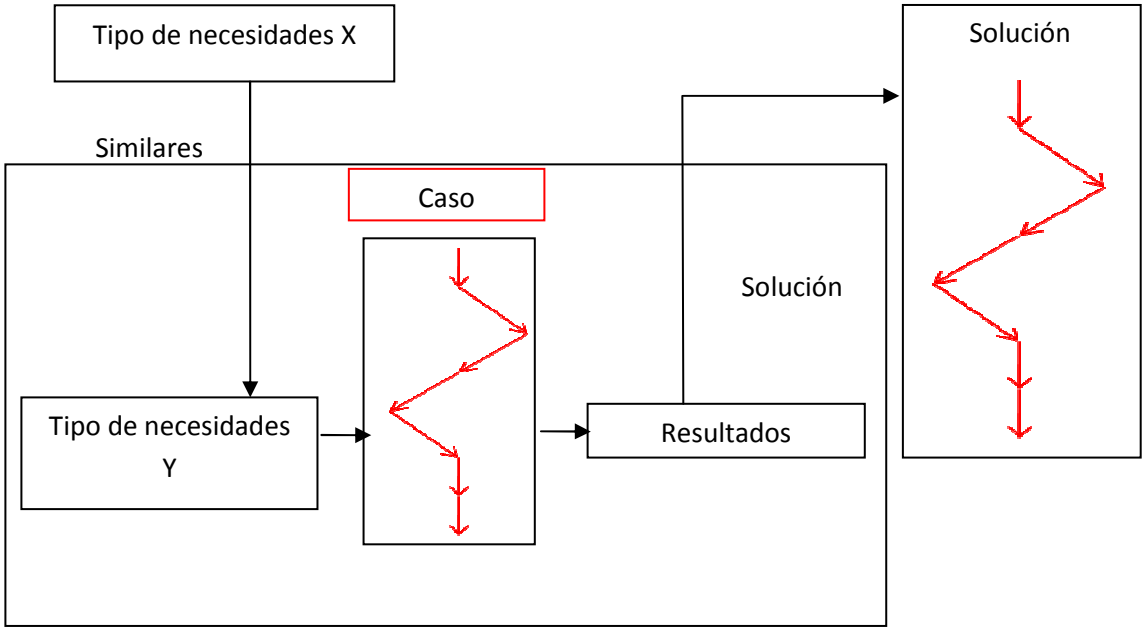


Figura 3-4. Plan generado con razonamiento basado en casos.

3.1.4 Planificación instruccional basada en secuenciamiento de currículo

La secuencia curricular se refiere al orden en qué se enseñarán los temas. Para determinar dicho orden por lo general, se debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál será el primer tema?
- ¿Qué tema debe seguir?
- ¿Cuál debe ser el último tema?
- ¿Los temas deben presentarse de forma secuencial?
- ¿Qué temas se pueden estudiar de forma paralela?

Por lo general el docente es el encargado de dar respuesta a dichas preguntas y es el encargado de crear y mantener la red semántica de su curso con base en dicho

secuenciamiento (el docente crea un mapa del curso basándose en la temática del curso).

Cuando se habla de planificación instruccional basada en el secuenciamiento currículo se refiere a que el proceso de aprendizaje de los estudiantes puede ser guiado según el mapa temático creado por el docente y según las habilidades que el estudiante posee.

3.2 Planificación instruccional: estado del arte

Algunos trabajos relacionados con el desarrollo de sistemas de enseñanza-aprendizaje y basados en técnicas de planificación instruccional son los siguientes:

Jiménez (Jiménez, 2006) propone un modelo de planificación instruccional usando cbr para sistemas multi-agente pedagógicos. El modelo permite adaptar la instrucción a las necesidades específicas de cada aprendiz, concediendo al ambiente de enseñanza-aprendizaje de flexibilidad y autonomía gracias a los atributos de los agentes de software. Adicionalmente el sistema integra ambientes colaborativos de aprendizaje apoyados por computador (CSCL, por sus siglas en ingles) que permiten propiciar procesos de enseñanza-aprendizaje de manera colaborativa.

Una limitación de este trabajo es que los planes de actividades pueden ser generados de forma incompleta si las características de los casos no cubren de manera adecuada la totalidad del espacio de soluciones por lo cual se requiere de un gran repositorio de casos que se puedan adaptar a las características de cada estudiante.

Duque presenta en (Duque, 2005) un modelo para la generación de cursos virtuales que se adaptan a las características propias de cada estudiante. El modelo está orientado por metas u objetivos educativos que se espera que cumpla un estudiante cuando toma un curso. En este trabajo se optó por técnicas de planificación inteligente.

Una limitación de este trabajo es que cuando un estudiante se inscribe en un curso, se genera un listado de actividades que deben ser realizadas por el estudiante en cualquier orden sin tener en cuenta su nivel de conocimiento.

En (Salcedo et ál, 2002) describe una aplicación que integra los SMAs con los STIs, llamada Mistral la cual es una herramienta que facilita la creación y administración de

cursos virtuales a distancia. Un aspecto especial de esta propuesta, que influye en la capacidad de adaptación al usuario, es la posibilidad de diagnosticar el nivel de conocimiento del estudiante, su perfil de usuario y sus estilos de aprendizaje. Esto se hace con el fin de poder elegir la mejor estrategia de enseñanza y el mecanismo de evaluación más adecuado para cada aprendiz.

Una limitación del trabajo de Salcedo es la generalidad para abarcar cualquier dominio del conocimiento pues algunas estrategias y actividades de enseñanza-aprendizaje son propias de ciertas áreas del conocimiento.

3.3 Selección de contenidos: marco teórico.

Según (Mohan et ál, 2003) uno de los problemas más frecuentes a la hora de trabajar con contenidos educativos (CE), es la dificultad que existe para encontrar el CE más apropiado. A continuación se presentarán los conceptos más importantes que pueden intervenir en la selección de contenidos.

3.3.1 Estilos de aprendizaje (test Felder & Sylverman)

La importancia de los estilos de aprendizaje en el mejoramiento de la calidad de la educación ha sido un foco crucial de investigación en los últimos años. Algunos estudios realizados revelan que el aprendizaje depende de varios factores personales que prácticamente todo individuo posee un estilo propio y que éste no siempre permanece invariable sino que puede cambiar con el tiempo y depender del contexto de las tareas educativas.

Según (Peña et ál, 2002) el modelo más apropiado para capturar los estilos de aprendizaje, es el modelo Felder y Silverman (FSLSM) (Felder et ál, 1994). Dicho modelo fue diseñado con dimensiones dicotómicas que pueden ser particularmente importantes si se aplican al campo de las ciencias de la educación especificamente al aprendizaje asistido por computador. En la tabla 3-1 se pueden observar tales dimensiones.

Tabla 3-1. Dimensiones dicotómicas.

DICOTOMÍA	
Activo	Reflexivo
Sensitivo	Intuitivo
Visual	Verbal
Secuencial	Global

Para capturar los estilos de aprendizaje se desarrolló un test compuesto por 44 preguntas (11 preguntas por dicotomía). Para calificar el test, se debe colocar un “1” en el espacio asignado, según sea el número de la pregunta y la respuesta elegida. Posteriormente se debe realizar la suma del total de respuestas acumuladas por columna y finalmente se debe establecer la diferencia entre las columnas de preguntas asociadas a cada dicotomía (Ver tabla 3-2, en calificación original).

Tabla 3-2. Evaluación test Felder & Sylverman.

ACT/REF			**SNS/INT**			**VIS/VRB**			**SEQ/GLO**		
Q	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**
1	1		**2**		1	**3**	1		**4**		1
5	1		**6**		1	**7**	1		**8**		1
9		1	**10**		1	**11**	1		**12**	1	
13		1	**14**		1	**15**	1		**16**	1	
17		1	**18**	1		**19**	1		**20**		1
21	1		**22**	1		**23**	1		**24**		1
25	1		**26**		1	**27**	1		**28**	1	
29	1		**30**		1	**31**		1	**32**	1	
33	1		**34**		1	**35**	1		**36**		1
37	1		**38**	1		**39**	1		**40**		1
41		1	**42**		1	**43**		1	**44**	1	
Calificación original	**Tot. Act/Ref**			**Tot. Sns/Int**			**Tot. Vis/Vrb**			**Tot. Seq/Glo**	
	a	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**
	7	4		3	8		9	2		5	6
3a			**5b**			**7a**			**1b**		
Calificación modificada	**Total Act/Ref**			**Tot. Sns/Int**			**Tot. Vis/Vrb**			**Tot. Sec/Glo**	
	a	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**
	7/11	**4/11**		**3/11**	**8/11**		**9/11**	**2/11**		**5/11**	**6/11**
	0.63	**0.37**		**0.27**	**0.73**		**0.82**	**0.18**		**0.45**	**0.55**

3.3.2 Cociente Mental Tríadico

Este test se origina a partir del modelo de cerebro tríadico desarrollado por Waldemar de Gregori en 1999 (De Gregori, 1999), el cual busca describir el comportamiento de las personas a partir de la identificación de los hemisferios cerebrales:

- Cerebro central o inteligencia operativa: se asocia con la acción, la experiencia, el pensamiento concreto y la administración.

- Cerebro izquierdo o inteligencia lógica: se relaciona con la ciencia, la matemática y el saber.

- Cerebro derecho o inteligencia emocional: se asocia a la intuición, la fe, la emotividad, el arte y la religión.

El RCMT es un modelo cuantitativo que de manera proporcional (no puntual) determina las inclinaciones del cerebro tríadico de acuerdo con: las posiciones frente al mundo, los temores las relaciones con los demás, los criterios para evaluar el arte y en general, su actuar en los contextos lógicos, motores y lúdicos.

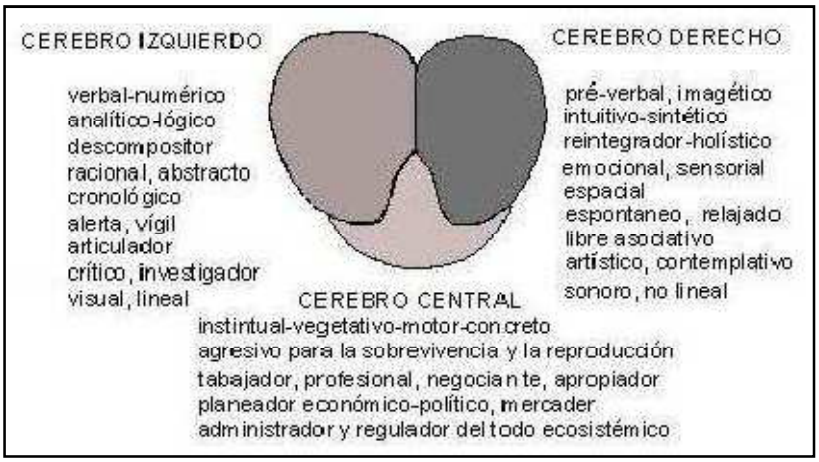


Figura 3-5. Cerebro Triádico (Tomado de: http://www.ciberneticasociale.org/Il_Cervello.php).

El modelo cuantitativo está compuesto por 28 preguntas: 9 asociadas al hemisferio izquierdo, 9 asociadas al hemisferio central y 9 asociadas al hemisferio derecho. Cada pregunta puede ser calificada con un valor de 1 a 5, por lo cual podemos obtener una calificación mínima de 9 y una calificación máxima de 45 para cada hemisferio cerebral.

3.4 Selección de contenidos: estado del arte.

En cuanto a los trabajos que se han enfocado en la reutilización de CE, podemos encontrar propuestas para realizar almacenamiento estandarizado y recuperación automática de contenidos. A continuación se presentará una breve descripción de algunos de estos trabajos:

Erla Morales, Ana Gil y Francisco García en su trabajo "Arquitectura para la recuperación de objetos de aprendizaje de calidad en repositorios distribuidos" (Morales et ál, 2007) proponen evaluar los objetos de aprendizaje desde una perspectiva técnica y pedagógica elaborando un rango de valoración que se incluirá en sus metadatos con el objetivo de que estos puedan ser buscados de forma automática través de agentes inteligentes incluyendo el criterio de la calidad del objeto de aprendizaje en su selección.

Una limitación de este trabajo es que la valoración de los objetos de aprendizaje se realiza de forma subjetiva y por lo cual la selección se realiza según dicha valoración sin tener en cuenta las características propias de los estudiantes.

Clara López Guzmán en su trabajo "Los repositorios de objetos de aprendizaje como soporte a un entorno e-learning" (López, 2005) realiza una investigación que busca definir un modelo conceptual para estructurar repositorios de objetos de aprendizaje de tal manera que se pueda dar la interoperabilidad entre distintos repositorios con componentes de un entorno e-learning. Lo cual es de gran interés para las comunidades que utilizan y gestionan recursos, además de aquéllas que desarrollan repositorios, principalmente del sector educativo.

El trabajo de López es de gran utilidad pues ofrece una estandarización para los OAs en entornos de e-learning. Sin embargo no provee de un modelo adaptativo que permita seleccionar OAs adecuados a las características de los estudiantes para un curso virtual especifico.

CAPÍTULO 4

ARQUITECTURA PROPUESTA PARA CURSOS VIRTUALES ADAPTATIVOS

En este capítulo se detallará la arquitectura propuesta en esta tesis de maestría, la cual permite llevar a cabo el desarrollo de CVA, teniendo en cuenta estrategias de planificación y de selección de contenidos educativos.

4.1 Arquitectura básica del curso virtual adaptativo propuesta

Los CVA son sistemas computacionales que están diseñados para impartir instrucción y apoyar inteligentemente los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la interacción con el alumno (Brusilovsky et ál, 2004). Estos cursos permiten a los estudiantes realizar un conjunto de actividades que les ayudarán a adquirir nuevo conocimiento.

Para poder llevar a cabo dichos procesos, los Cursos Virtuales Adaptativos hacen uso de 3 modelos: Estudiante, Dominio y Pedagógico (ver figura 4-1).

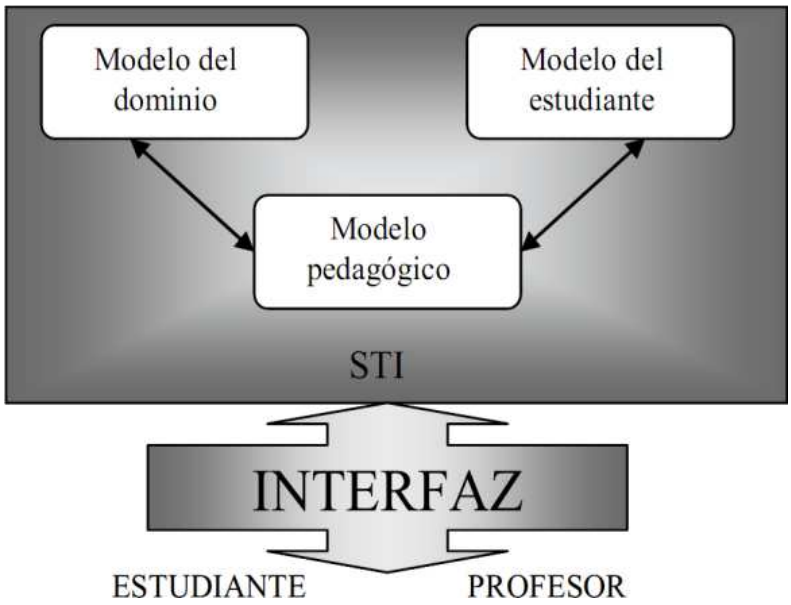


Figura 4-1. Arquitectura básica CVA. [Tomado de (Arias et ál, 2008)]

4.1.1 Modelo del alumno

Contiene el cuerpo de conocimientos que caracterizarán al usuario y lo representa desde perspectivas diferentes como son: los aspectos psico-sociológicos característicos que condicionan el proceso de aprendizaje, el conocimiento que éste tiene sobre el dominio del tema a tratar y las destrezas y habilidades mínimas que debe tener para realizar una tarea. Este modelo además, debe ser capaz de recoger el comportamiento evolutivo del alumno durante el trabajo en diferentes sesiones y modelar el estado mental del mismo, es decir "lo que sabe y lo que no sabe" y a partir de ésto adaptar el sistema sobre la base de sus respuestas.

Según (Jiménez, 2006) este modelo debe estar compuesto por los siguientes elementos (ver Figura 4-2):

- Objetivos logrados o alcanzados por cada estudiante: Tiene almacenado el nivel de comprensión del aprendiz y está directamente relacionado con los Objetivos Instruccionales de los cursos.

- Perfil colaborativo: Características propias de un estudiante, que permiten clasificar su personalidad para llevar a cabo trabajo grupal.

- Características contextuales: Aspecto que se refiere al dispositivo, sistema operativo, navegador y a la velocidad de la red, aspecto que influye en la información multimedia a mostrar al usuario.

- Estilos de aprendizaje: el aprendizaje depende de varios factores personales que prácticamente todo individuo posee en un estilo propio y que éste no siempre permanece invariable sino que puede cambiar con el tiempo y depender del contexto de las tareas educativas. Según (Peña et ál, 2002) el modelo más apropiado para capturar los estilos de aprendizaje, es el modelo de estilos de aprendizaje de Felder y Silverman (FSLSM) (Felder et ál, 1994).

- Perfil psico-sociológicos: tipo de inteligencia que posee el alumno. Según (Gardner, 1994) puede ser lingüística, logica-matematica, espacial, musical, corporal-cinestésica, intrapersonal, interpersonal, naturalista o emocional.

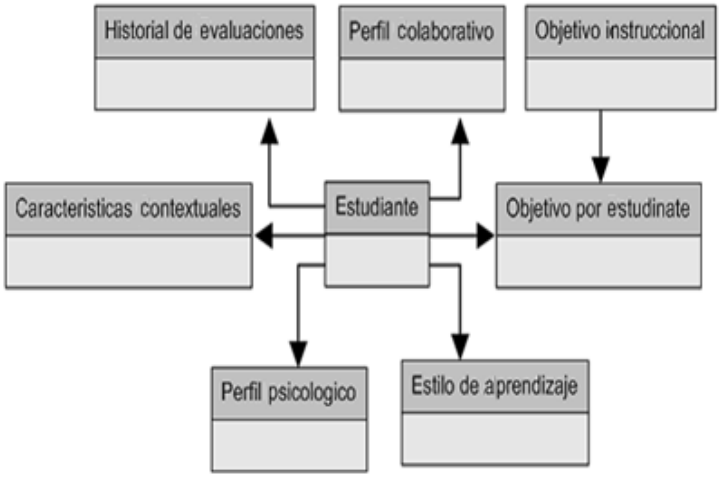


Figura 4-2. Modelo del alumno

4.1.2 Modelo del Dominio

En este modelo es donde se almacenará la estructura de los cursos y la base de conocimiento asociada a cada curso. Es importante aclarar que en este modelo no se obliga el uso de una estructura de cursos específica, pero se recomienda desarrollar una estructura que esté compuesta por los siguientes elementos (Arias et ál, 2008):

- Curso: son los elementos más generales de la arquitectura. Estos representan un marco en el cual los distintos protagonistas del proceso (profesores, monitores y alumnos) pueden interactuar entre sí de forma instantánea, en cualquier momento y directa, desde cualquier lugar.

- Unidad Básica de Aprendizaje (UBA): pueden verse como una subdivisión de los cursos y son similares a los capítulos de un libro. Una UBA no puede ser evacuada en una sola sesión de un curso.

- Tema: elemento que envuelve un conjunto de conceptos que son importantes según el profesor para el aprendizaje del estudiante. Un tema puede ser evacuado en una sesión del curso.

- Objetivos Instruccionales: demuestran la intención del maestro sobre lo que los estudiantes deben aprender. Un objetivo instruccional se alcanza mediante la realización de actividades educativas y las evaluaciones correspondientes.

- Prerrequisitos para los objetivo instruccional: especifican cuáles objetivos instruccionales deben ser aprobados para buscar el logro de otro objetivo instruccional. Cuando se tienen definidos todos los prerrequisitos para los objetivos instruccionales en un curso, es posible observar un mapa que ayuda al maestro y a los estudiantes a saber para dónde van y si llegaron a su destino. Los prerrequisitos de un curso son definidos a nivel de los objetivos instruccionales.

- Actividad: Es un conjunto de acciones que se llevan a cabo para adquirir el conocimiento necesario para alcanzar los objetivos instruccionales. Una actividad es realizada a través de uno o varios contenidos educativos.

- Objeto de Aprendizaje (OA): contenidos educativo compuesto por uno o varios elementos digitales, descrito con metadatos, que pueda ser utilizado dentro de un entorno de enseñanza-aprendizaje.

En la figura 4-3 podemos ver entonces que los cursos se componen de Unidades Básicas de Aprendizaje (UBAs) que están conformadas a su vez por temas. Cada tema tendrá asociado uno o varios objetivos instruccionales que podrán alcanzados por medio del desarrollo de una o varias actividades. Cada actividad puede tener asociado uno o varios objetos de aprendizaje.

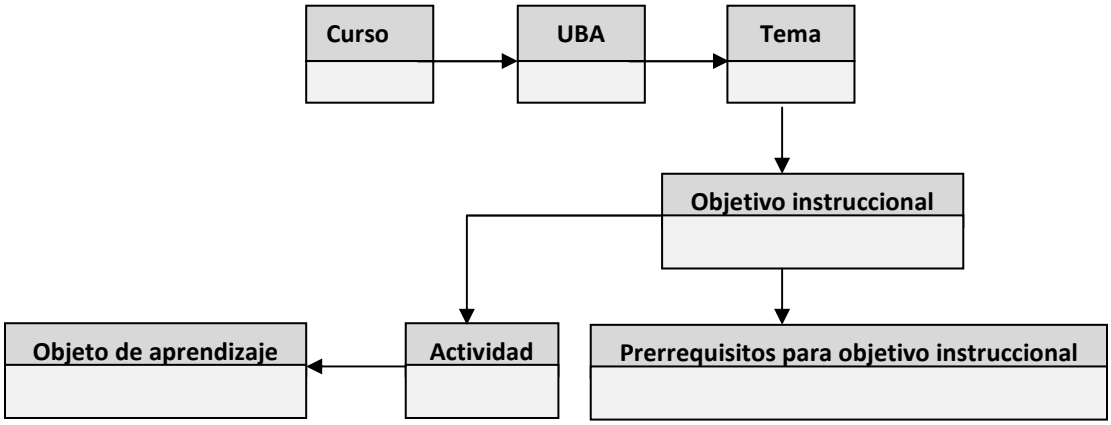


Figura 4-3. Estructura general.

4.1.3 Modelo del Tutor (o Pedagógico)

Cumple la función de tutor o profesor, y es por esta razón que es el encargado de llevar a cabo las estrategias de planificación instruccional y selección de contenidos descritas a continuación. Adicionalmente debe ser el encargado de generar reportes globales sobre el desempeño de los estudiantes.

4.2 Estrategia propuesta de planificación instruccional

Teniendo en cuenta la arquitectura básica del curso virtual adaptativo propuesto y los elementos necesarios para realizar planificación desde la perspectiva de la inteligencia artificial, se definirán a continuación cada uno de los componentes de la estrategia de planificación instruccional y posteriormente se explicará cómo se debe desarrollar dicha estrategia.

Es importante aclarar que la estrategia de planificación instruccional propuesta en esta tesis de maestría está basada en la técnica del secuenciamiento del currículo. Dicha técnica fue seleccionada por las siguientes razones:

- Crear y mantener la red semántica (mapa temático) es un procedimiento sencillo para los docentes, debido a la estructura de cursos que se trabajan hoy en día.

- Le brinda la posibilidad a los estudiantes de llevar a cabo su proceso de aprendizaje de forma semi-autónoma (no secuencial).

- Permite controlar temas de un curso que no sean aptos para un estudiante, según el nivel de conocimientos que posee.

Además las otras técnicas presentan las siguientes limitaciones:

- La técnica de CBR puede generar planes de actividades incompletos si las características de los casos no cubren de manera adecuada la totalidad del espacio de soluciones. Por lo cual se requiere de un gran repositorio de casos que se puedan adaptar a las características de cada estudiante.

- La técnica de planificadores algorítmicos genera planes de actividades en cualquier orden sin tener en cuenta el nivel de conocimientos de los estudiantes.

- La técnica de planes instruccionales prefijados resulta muy costosa y difícil de modificar, ya que para generar un curso que satisfaga a todos los estudiantes se deben identificar todas las necesidades y componer un plan instruccional por cada tipo de necesidad.

4.2.1 Componentes de la estrategia

A continuación los elementos que deben ser tenidos en cuenta para llevar a cabo la estrategia de planificación instruccional:

- Problema: los estudiantes buscan adquirir los conocimientos de un curso específico.

- Estado inicial: el estudiante posee conceptos básicos en el área, los cuales le ayudarán a entender y aprender nuevos conceptos.

- Estado final: el estudiante ha adquirido nuevo conocimiento logrando de esta manera alcanzar uno o varios objetivos instruccionales.

- Actividades: para nuestro caso las actividades deben ser predefinidas por los docentes en el momento de construir un curso y deben estar asociadas a los objetivos instruccionales. Las actividades deben estar enfocadas a la búsqueda del objetivo instruccional al que se encuentra asociada.

- Elementos: para nuestro caso los elementos son todos los contenidos educativos que serán utilizados cuando se realice una actividad. Estos contenidos educativos deben contar con metadatos específicos que permitan llevar a cabo la selección de contenidos de forma adaptativa.

- Restricciones: pueden ser formuladas a dos niveles; el primer nivel tiene que ver con la estructura del curso y pueden ser denominadas como prerrequisitos por objetivo instruccional. Estos prerrequisitos indican que objetivos deben ser alcanzados, para intentar lograr otro objetivo instruccional. Debido a la subdivisión de los cursos en los 4 componentes detallados anteriormente, cuando se define un prerrequisito sobre un objetivo instruccional, dicho prerrequisito también puede aplicarse sobre un tema, una UBA y un curso (ver figura 4-4).

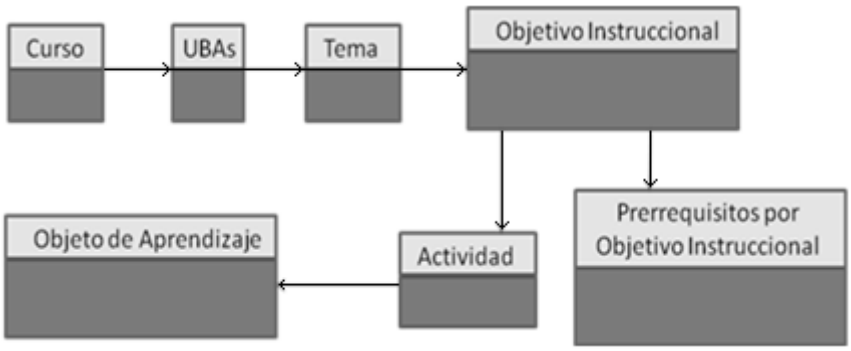


Figura 4-4. Subdivisión de cursos con restricciones de primer nivel.

El segundo nivel tiene que ver con la formación de los estudiantes y pueden ser denominadas como objetivos por estudiante. Los elementos de información del estudiante que el sistema almacenará con fines adaptativos son: datos y características personales, perfil académico, perfil personal, características contextuales, historial y conocimiento de las tareas.

4.2.2 Desarrollo de la estrategia

Para desarrollar la estrategia de planificación se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- Los docentes deben estructurar sus cursos según los elementos especificados en el modelo del dominio. Cuando el docente defina un curso a este detalle tendrá una estructura similar a la presentada en la figura 4-5. Las flechas continuas de la figura 4-5 representan los prerrequisitos que están asociados a cada objetivo instruccional. Cuando una flecha continua apunta a un tema, esto quiere decir que el objetivo instruccional tiene como prerrequisitos todos los objetivos instruccionales del tema apuntado. Es importante aclarar que debe existir al menos un objetivo instruccional sin prerrequisitos para que el sistema pueda planificar las actividades iniciales del curso.

- Cuando un estudiante ingrese en el curso de un docente, se deben verificar qué objetivos instruccionales puede estudiar el estudiante (verificando los prerrequisitos), de tal manera que se pueda generar un listado de temas que el estudiante pueda seleccionar para su respectivo estudio.

- Cuando el estudiante seleccione los temas que desea estudiar, el sistema genera un plan instuccional adaptado al nivel de conocimientos del estudiante y a sus gustos. Dicho plan se encuentra compuesto por uno o varios objetivos instruccionales que se pueden alcanzar llevando a cabo una o varias actividades.

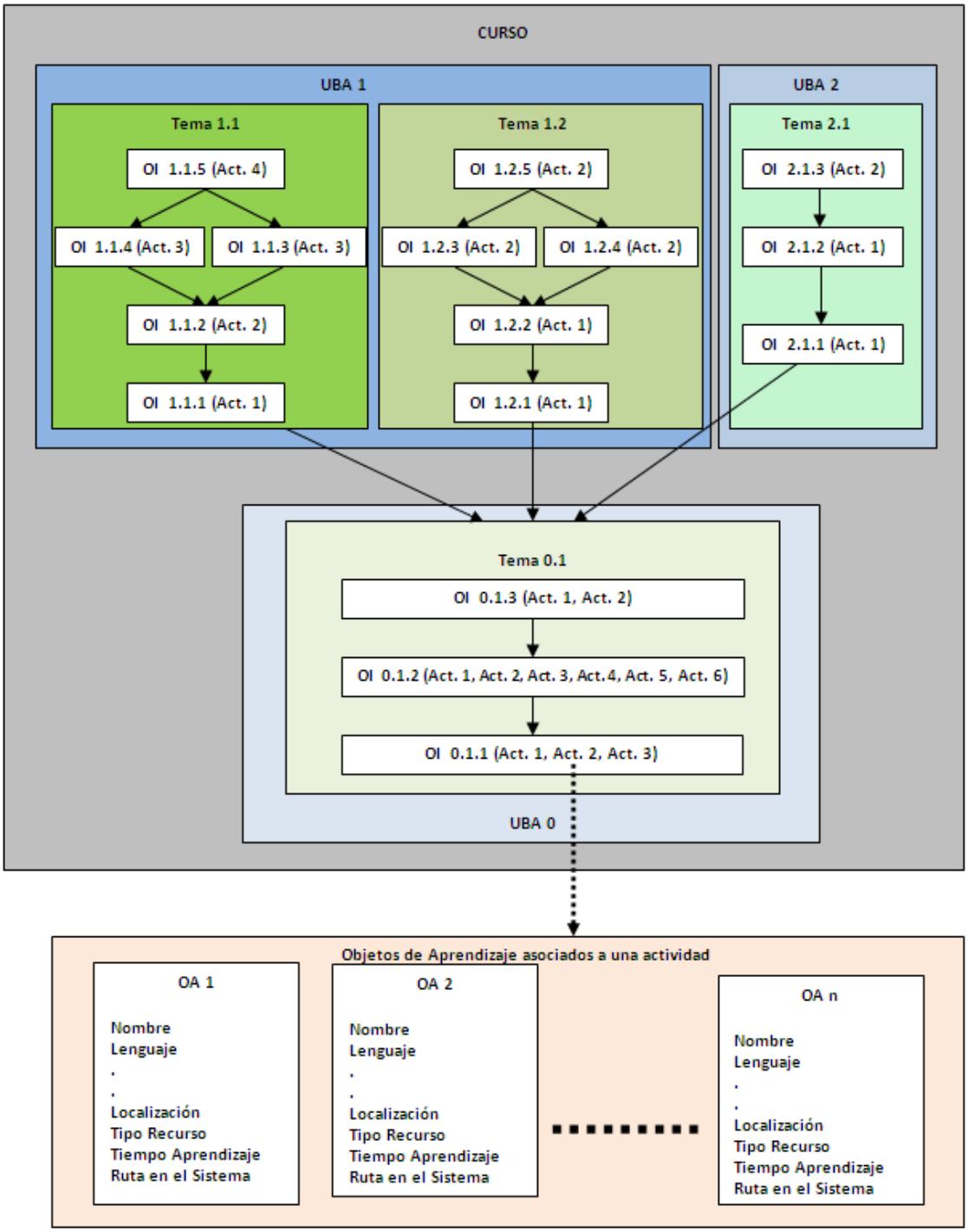


Figura 4-5. Instancia de un Curso Según la Arquitectura Propuesta.

- Guiar al estudiante a través de las actividades del plan instruccional. Es importante resaltar que cada actividad puede ser realizada por el estudiante haciendo uso de uno o varios contenidos educativos u objetos de aprendizaje, por lo cual se debe realizar una selección de contenidos teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje del alumno y los metadatos que lo describen.

- Cuando el estudiante realiza todas las actividades del plan instruccional, es necesario verificar sí el alumno aprendió los conceptos relacionados con los temas seleccionados, por lo cual se debe realizar una evaluación del plan al finalizar su respectiva revisión.

- Actualizar el nivel de conocimientos del estudiante (objetivos alcanzados por el estudiante), según los resultados obtenidos en la evaluación del plan instruccional. Cabe resaltar que al modificar el nivel de conocimientos del estudiante, se pueden habilitar nuevos temas del curso.

4.3 Estrategia propuesta para la selección de contenidos

Para llevar a cabo la selección de contenidos se tendrá en cuenta los estilos de aprendizaje capturados a través del test Felder & Sylverman (Felder et ál, 1994) y el hemisferio cerebral más utilizado por los estudiante capturado a través del test RCMT (De Gregori, 1999).

Cabe resaltar que la información suministrada por ambos test posee incertidumbre, ya que en muchos casos el estilo de aprendizaje y el hemisferio cerebral más utilizado por los estudiantes no se puede definir exactamente.

Por las razones expuestas anteriormente se vio la necesidad de integrar en la estrategia para la selección de contenidos educativos un sistema de inferencia difuso, el cual permite manejar el grado de incertidumbre que poseen los datos y de esta manera obtener los contenidos educativos más apropiados para todos los tipos de estudiantes.

Los Sistemas de Inferencia Difusa (SID) (Bojadziev et ál, 1997) son una forma de representar conocimientos y datos inexactos en forma similar a como lo hace el pensamiento humano. Los SID son altamente flexibles, tolerantes a imprecisiones en los datos y pueden trabajar con funciones no lineales de diversa complejidad; así mismo, se pueden modificar fácilmente dependiendo de la solución del problema que se requiera.

El sistema de inferencia difuso integrado en la estrategia para la selección de contenidos educativos se desarrolló en dos niveles como se describe a continuación:

Sistema de Inferencia Difuso del Nivel 1

Permite identificar el hemisferio cerebral de un estudiante, partiendo de los datos suministrados por el test RCMT (calificación hemisferio cerebral izquierdo, central y derecho).

Este sistema está compuesto por:

- **Tres variables de entrada:** hemisferio izquierdo, hemisferio central y hemisferio derecho (puntajes obtenidos en el Test RCMT). En la figura 4–6 se pueden observar los conjuntos difusos correspondientes a la variable hemisferio izquierdo, los conjuntos difusos de los otros hemisferios son similares a los conjuntos del hemisferio izquierdo.

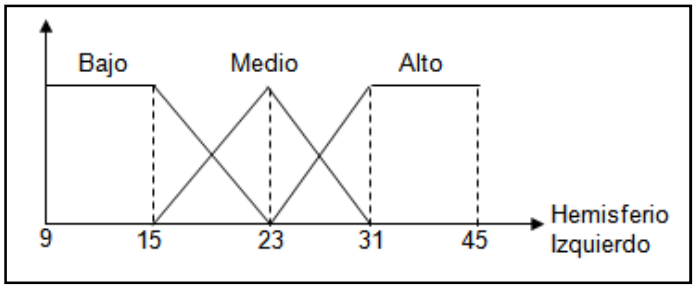


Figura 4-6. Estructura de las variables de entrada SID 1.

- **Una variable de salida:** Hemisferio cerebral. En la figura 4–7 se pueden observar los conjuntos difusos correspondientes a la variable Hemisferio cerebral.

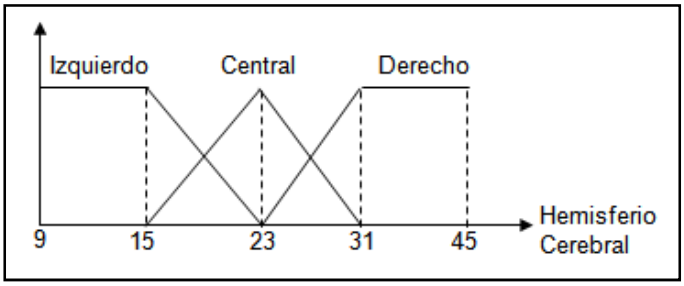


Figura 4-7. Estructura de la variable de salida SID 1.

En la figura 4-8 se puede observar la estructura del sistema de inferencia difusa del nivel 1 propuesto.

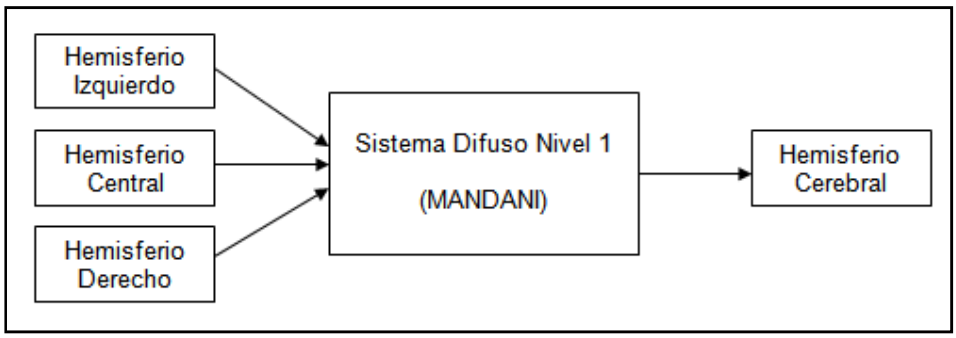


Figura 4-8. SID 1 propuesto.

En la tabla 4-1 se presentan de forma detallada la matriz de reglas propuesta para determinar el hemisferio cerebral más utilizado por un estudiante (Arias et ál, 2009 b).

Tabla 4-1. Sistema de reglas para determinar el hemisferio cerebral más utilizado por un estudiante.

		Hemisferio Central								
		Bajo			**Medio**			**Alto**		
Hemisferio Izquierdo	**Bajo**	**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**		
		Bajo	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**
		Central	Derecho	Derecho	Central	Derecho	Derecho	Central	Central	Central
	Medio	**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**		
		Bajo	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**
		Izquierdo	Central	Derecho	Izquierdo	Central	Derecho	Central	Central	Central
	Alto	**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**			**Hemisferio Derecho**		
		Bajo	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Bajo**	**Medio**	**Alto**
		Izquierdo	Izquierdo	Central	Izquierdo	Izquierdo	Central	Central	Central	Central

Sistema de Inferencia Difuso del Nivel 2

Permite identificar el tipo de recurso y el tipo de formato más adecuado para un estudiante según su estilo de aprendizaje y según el hemisferio cerebral más utilizado.

Este sistema está compuesto por:

- **Cinco variables de entrada:** Dicotomía 1, Dicotomía 2, Dicotomía 3, Dicotomía 4 (las cuatro dicotomías según tabla 3-1) y hemisferio cerebral. En la

figura 4–9 se pueden observar los conjuntos difusos correspondientes a la variable dicotomía 1 y a la variable hemisferio cerebral. Cabe resaltar que el resultado obtenido del SID 1 será un dato de entrada para la variable hemisferio cerebral.

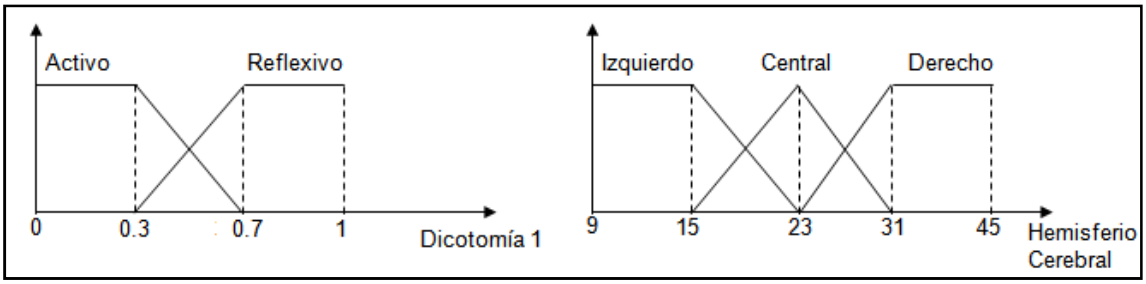


Figura 4-9. Estructura de las variables de entrada SID 2.

- **Dos variables de salida:** tipo de recurso y tipo de formato. Las variables de salida están compuestas por conjuntos Crisp, o escalares, que denotan los tipos de recursos o los tipos de formato (ver figuras 4-10 y 4-11).

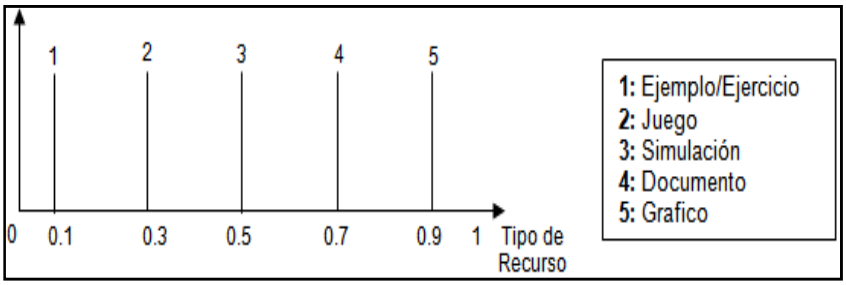


Figura 4-10. Estructura de la variable de salida “Tipo de Recurso”.

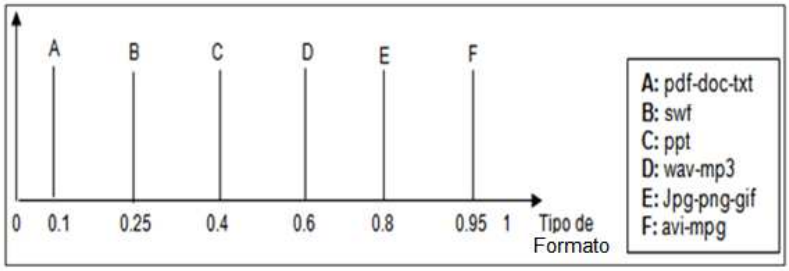


Figura 4-11. Estructura de la variable de salida “Tipo de Formato”.

En la figura 4-12 se puede observar la estructura del sistema de inferencia difusa del nivel 2 propuesto.

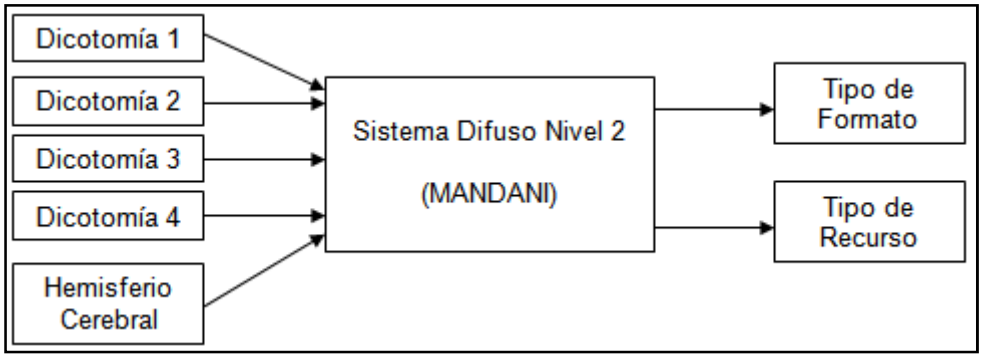


Figura 4-12. SID 2 propuesto.

En la tabla 4-2 se presentan de forma detallada las matrices de reglas propuestas para seleccionar el tipo de recurso y el formato.

Tabla 4-2. Sistema de reglas para seleccionar el tipo de recurso y el formato.

Dicotomías	Hemisferio utilizado		
	Izquierdo	Central	Derecho
Activo	3	4	1
Reflexivo	4	4	5
Sensitivo	2	3	2
Intuitivo	1	4	3
Visual	5	3	5
Verbal	4	2	5
Secuencial	4	1	3
Global	5	5	5

Dicotomías	Hemisferio utilizado		
	Izquierdo	Central	Derecho
Activo	F	A	C
Reflexivo	A	D	E
Sensitivo	B	B	B
Intuitivo	C	A	F
Visual	F	C	F
Verbal	A	D	F
Secuencial	A	B	B
Global	C	E	F

De esta manera el SID que se integró en la estrategia para la selección de contenidos se puede observar en la figura 4-13.

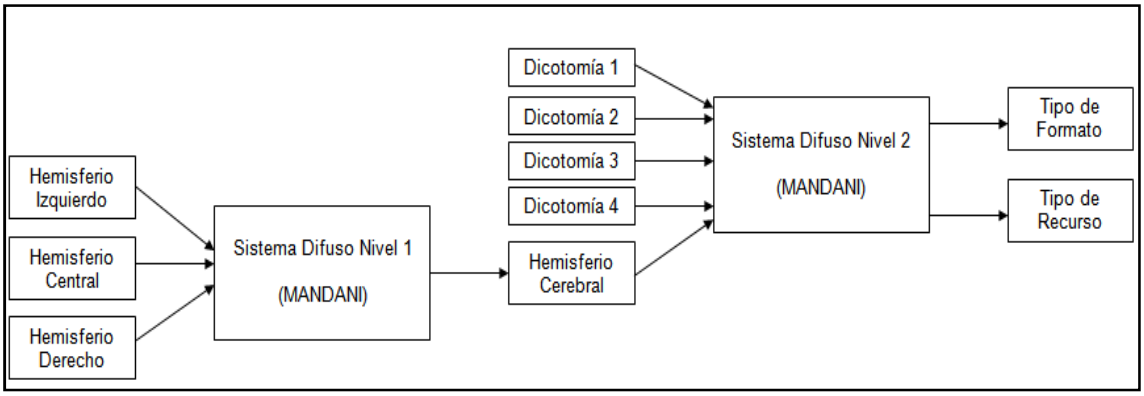


Figura 4-13. SID integrado en la estrategia de selección de contenidos.

Para llevar a cabo la selección de contenidos según los perfiles de los estudiantes en el CVA, el modelo debe llevar a cabo los siguientes pasos:

- Capturar los estilos de aprendizaje de los estudiantes, haciendo uso del test Felder & Sylverman (Felder et ál, 1994). Cabe resaltar que la calificación del test fue modificada, de tal manera que se puede obtener un valor porcentual que indique el grado de pertenencia de un estudiante en cada estilo de aprendizaje (ver Tabla 4-3).

- Capturar el Cociente Mental Triádico del estudiante del estudiante, a través del Test RCMT.

- Cuando se capturan los estilos de aprendizaje y el cociente mental triádico de los estudiantes, se debe ejecutar el sistema de inferencia difusa, de tal manera que se puedan identificar los tipos de recursos y los tipos de formatos más acordes con los estilos de aprendizaje y con el cociente mental tríadico.

- Generar una lista con el “top de recursos” y con el “top de formatos”.

- Generar una lista que represente todas las posibles combinaciones entre las tablas “top de recursos” y “top de formatos”, teniendo en cuenta las prioridades (ver tabla 4-4).

- Cuando el estudiante esté llevando a cabo el plan instruccional, antes de realizar una actividad, el sistema debe revisar que contenido educativo u objeto de aprendizaje cumpla con las características más relevantes según la tabla que represente todas las posibles combinaciones entre las tablas “top de recursos” y “top de formatos”

Tabla 4-3. Ejemplo de aplicación del test Felder & Sylverman modificado.

ACT/REF			SNS/INT			VIS/VRB			SEQ/GLO		
Q	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**	**Q**	**a**	**b**
1	1		**2**		1	**3**	1		**4**		1
5	1		**6**		1	**7**	1		**8**		1
9		1	**10**		1	**11**	1		**12**	1	
13		1	**14**		1	**15**	1		**16**	1	
17		1	**18**	1		**19**	1		**20**		1
21	1		**22**	1		**23**	1		**24**		1
25	1		**26**		1	**27**	1		**28**	1	
29	1		**30**		1	**31**		1	**32**	1	
33	1		**34**		1	**35**	1		**36**		1
37	1		**38**	1		**39**	1		**40**		1
41		1	**42**		1	**43**		1	**44**	1	
Calificación Original	**Total Act/Ref**			**Total Sns/Int**			**Total Vis/Vrb**			**Total Seq/Glo**	
	a	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**		**a**	**b**
	7	4		3	8		9	2		5	6
3a			**5b**			**7a**			**1b**		
Calificación Modificada	**Total Act/Ref**			**Total Sns/Int**			**Total Vis/Vrb**			**Total Sec/Glo**	
	1-(cant a/11)			**1-(cant a/11)**			**1-(cant a/11)**			**1-(cant a/11)**	
	1-(7/11)			**1-(3/11)**			**1-(9/11)**			**1-(5/11)**	
	0.36			**0.72**			**0.18**			**0.55**	

Tabla 4-4. Ejemplo de combinaciones entre las tablas “top de recursos” y “top de formatos”.

Prioridad	Tipo Recurso	Tipo Formato		Prioridad	Tipo Recurso	Tipo Formato
1	Juego	ppt		16	Ejemplo / Ejercicio	Jpg-png-gif
2	Juego	swf		17	Ejemplo / Ejercicio	Wav-mp3
3	Juego	pdf-doc-txt		18	Ejemplo / Ejercicio	avi-mpg
4	Juego	Jpg-png-gif		19	Gráficos	ppt
5	Juego	Wav-mp3		20	Gráficos	swf
6	Juego	avi-mpg		21	Gráficos	pdf-doc-txt
7	Simulación	ppt		22	Gráficos	Jpg-png-gif
8	Simulación	swf		23	Gráficos	Wav-mp3
9	Simulación	pdf-doc-txt		24	Gráficos	avi-mpg
10	Simulación	Jpg-png-gif		25	Documento	ppt
11	Simulación	Wav-mp3		26	Documento	swf
12	Simulación	avi-mpg		27	Documento	pdf-doc-txt
13	Ejemplo / Ejercicio	ppt		28	Documento	Jpg-png-gif
14	Ejemplo / Ejercicio	swf		29	Documento	Wav-mp3
15	Ejemplo / Ejercicio	pdf-doc-txt		30	Documento	avi-mpg

CAPÍTULO 5

MODELO MULTI-AGENTE PEDAGOGICO PROPUESTO

A continuación se detallará el modelo Multi-Agente pedagógico propuesto, siguiendo la metodología MAS-CommonKADS (Arias et ál, 2009 a). Esta metodología está compuesta principalmente por las siguientes fases (Iglesias, 1998):

- Conceptuación: esta fase es necesaria para obtener una primera descripción del problema y la determinación de los casos de uso que pueden ayudar a entender los requisitos informales y a probar el sistema.

- Análisis: determinación de los requisitos del sistema partiendo del enunciado del problema. Durante esta fase se desarrollan los siguientes modelos: organización, tareas, agente, comunicación, coordinación y experiencia.

- Diseño: determinación de cómo los requisitos de la fase de análisis pueden ser logrados mediante el desarrollo del modelo de diseño. Se determinan las arquitecturas tanto de la red multi-agente como de cada agente.

5.1 Fase de conceptuación

En la fase de conceptualización, se delimitará el problema y se definirá el alcance del modelo. En esta fase se identifican las entidades que hacen parte del curso virtual adaptativo (CVA), así como sus objetivos, tareas e interacciones; y de manera general, el funcionamiento del sistema. Esto conllevará a la elaboración de un primer acercamiento basado en diagramas de casos de uso, que ayudarán a comprender los procesos que se llevan a cabo y definir el alcance funcional del proyecto.

5.1.1 Identificación y descripción de los actores

A partir de la arquitectura básica del curso virtual adaptativo propuesto, se pueden identificar los siguientes actores (Arias et ál, 2009 c):

- *Profesores:* Los profesores son aquellas personas que se encargan de enseñar un determinado curso que tiene que ver con una determinada ciencia o arte, por esta razón poseen conocimientos y habilidades pedagógicas para ser

agentes efectivos de los procesos de enseñanza-aprendizaje. De esta manera, su principal función será crear y estructurar los cursos. Los profesores también deben realizar un seguimiento continuo acerca del desempeño de los estudiantes, lo cual conlleva a una constante validación del personal inscrito en el curso, verificación de calificaciones y consulta de los objetivos instruccionales aprobados por los estudiantes.

- *Estudiantes:* sin lugar a duda son los actores más importantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los CVA. Su principal objetivo en el sistema es obtener el conocimiento acerca de un determinado curso, a través del estudio de los planes instruccionales adaptados a su nivel académico y a sus estilos de aprendizaje. Los estudiantes también les interesan mantenerse informados acerca de su desempeño en el curso, lo cual conlleva a una constante revisión de calificaciones y de OI aprobados.

- *Planificador:* la principal función de este actor es adaptar un plan de estudio, para que el estudiante sea guiado por el sistema a través del proceso de enseñanza-aprendizaje como si lo hiciera un profesor real, el cual tiene la capacidad de brindar una enseñanza individualizada. Otras actividades del planificador son: recuperar información académica y personal de los estudiantes y recuperar los resultados de las evaluaciones.

- *Evaluador:* este actor es el encargado de generar, adaptar y calificar las evaluaciones del curso. El actor evaluador también se encarga de analizar las pruebas personales (psicológicas), de tal manera que pueda identificar un perfil psicológico para cada estudiante e incluir esta información en el modelo del estudiante. Cabe señalar que aunque este actor fue modelado en el sistema no fue implementado en este trabajo de tesis de maestría, por no corresponder con los objetivos específicos de esta tesis.

5.1.2 Casos de uso

Luego de identificar los actores se procede a reconocer las relaciones o interacciones de cada actor usando la notación propuesta por (Jacobson et ál, 2000) como las que se muestra en las figuras 5-1 a 5-4. En estas figuras se pueden observar los casos de uso que fueron identificados para cada actor en el sistema.

Este proceso puede tomar varias iteraciones, con el fin de llegar al mejor modelo que represente claramente las relaciones de las entidades que componen el sistema.

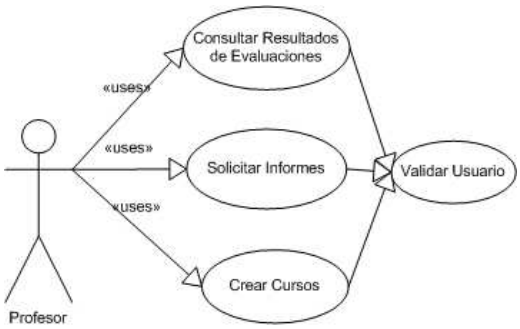


Figura 5-1. Caso de uso actor profesor.

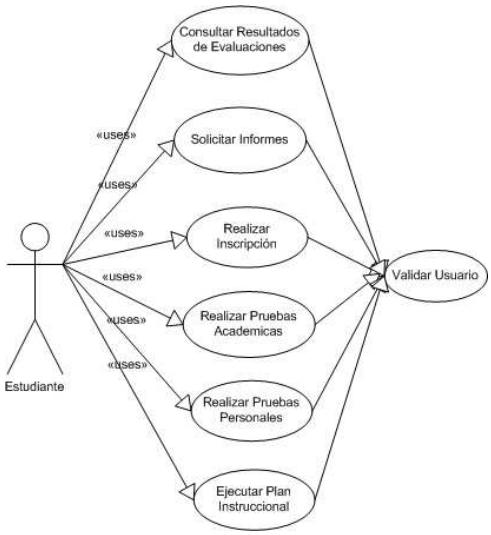


Figura 5-2. Caso de uso actor estudiante.

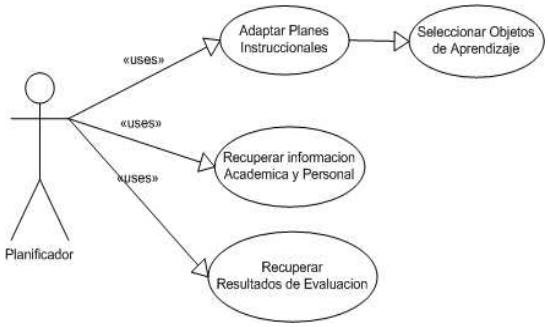


Figura 5-3. Caso de uso actor Planificador.

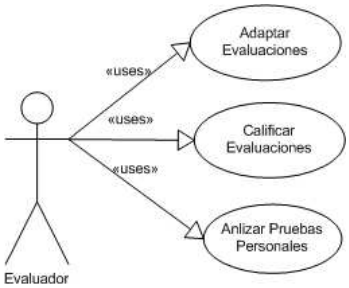


Figura 5-4. Caso de uso actor Evaluador.

En la tabla 5-1 se presenta una plantilla que describe de forma detallada un caso de uso.

Tabla 5-1. Plantilla para describir el caso de usos "Realizar Inscripción" correspondiente al actor estudiante.

Caso de Uso	Realizar Inscripción		
Versión	1.0	**Fecha**:	10 -09 - 2008
Autores	Francisco Javier Arias Sánchez Marcela Jiménez Sánchez Catalina Salazar Ortiz		
Actores involucrados	Estudiante, Planificador		
Objetivos Asociados	Ingresar en el sistema la información del estudiante (datos personales) para crear una nueva cuenta de usuario.		
Descripción	De esta forma, el estudiante especifica sus datos personales para que se le cree una cuenta de usuario y pueda estar matriculado en el curso.		
Precondiciones	El estudiante no está inscrito. El cupo de estudiantes no se ha excedido.		
Flujo de Eventos			
Secuencia normal o Flujo Básico			
No	**Estudiante**	**Planificador**	
1	Se valida al usuario que desea realizar la consulta.		
2	Se envían los datos personales del estudiante.	Verifica que la información haya sido ingresada correctamente y la almacena en la base de datos. Indica al usuario que la información ya fue almacenada.	
Secuencia alternativa o flujos alternativos			
No	**Paso**		
1	Si el usuario ya se encuentra registrado, entonces se informa al estudiante este acontecimiento y se termina el proceso		
2	Si hay algún error en la información, el planificador le indica al usuario donde está el error para que lo corrija y vuelva a confirmar.		
Poscondiciones		El estudiante es registrado en el sistema.	

5.2 Fase de análisis

Para la fase de análisis la metodología MAS-CommonKADS propone los siguientes modelos para la construcción de sistemas Multi-Agente (Iglesias, 1998):

- Modelo de Agente: Específica las características de un agente: sus capacidades de razonamiento, habilidades, servicios, sensores, efectores, grupos de agentes a los que pertenece y clase de agente. Un agente puede ser un agente humano, software, o cualquier entidad capaz de emplear un lenguaje de comunicación de agentes.

- Modelo de Organización: Es una herramienta para analizar la organización humana en que el sistema Multi-Agente va a ser introducido y para describir la organización de los agentes software y su relación con el entorno.

- Modelo de Tareas: Describe las tareas que los agentes pueden realizar: los objetivos de cada tarea, su descomposición, los ingredientes y los métodos de resolución de problemas para resolver cada objetivo.

- Modelo de la Experiencia: Describe el conocimiento necesitado por los agentes para alcanzar sus objetivos. Sigue la descomposición de CommonKADS y reutiliza las bibliotecas de tareas genéricas.

- Modelo de Comunicación: Describe las interacciones entre un agente humano y un agente software. Se centra en la consideración de factores humanos para dicha interacción.

- Modelo de Coordinación: Describe las interacciones entre agentes de software.

5.2.1 Modelo de Agente

Este modelo recoge las características genéricas de los agentes involucrados en la resolución de un problema y sirve de puente entre el resto de modelos. Tambien está pensado para recoger los requisitos que debe tener un agente para poder realizar las tareas (responsabilidades) asignadas.

Es importante aclarar que un agente puede ser un actor humano o una entidad de software. De los actores identificados en la fase de conceptualización se pueden identificar los siguientes agentes: Agente humano profesor, Agente humano estudiante, Agente de software Profesor, Agente de software Estudiante, Agente de software Planificador, Agente de software Evaluador y Agente de software Interfaz.

En las tablas 5-2 a 5-6 se presenta de forma detallada la información inicial, el/los objetivo(s) principal(es) y el/los servicio(s) de cada agente.

- Información inicial: contiene una breve descripción del agente, de tal manera que se puedan identificar las características principales de éste y su razón de ser. Esta información se compone por 4 ítems: Nombre, Tipo, Papel o Rol y Descripción.

- Objetivo: responsabilidad asignada o adoptada por un agente. La ejecución de esta responsabilidad puede realizarse mediante la ejecución de una determinada tarea o mediante un mecanismo de planificación.

- Servicio: tarea que un agente ofrece a otros agentes. Esta tarea puede ser de “alto nivel” (requiere una descomposición en varias tareas) o un servicio “directamente ejecutable” (se realice mediante la ejecución de una función). En cualquier caso, la oferta de un servicio no implica que este se vaya a ejecutar cuando se demande. Será el agente el que decida si lo realiza o no, y bajo qué condiciones.

5.2.2 Modelo de Organización

La estructura organizacional del CVA propuesto se puede apreciar en la figura 5-5.

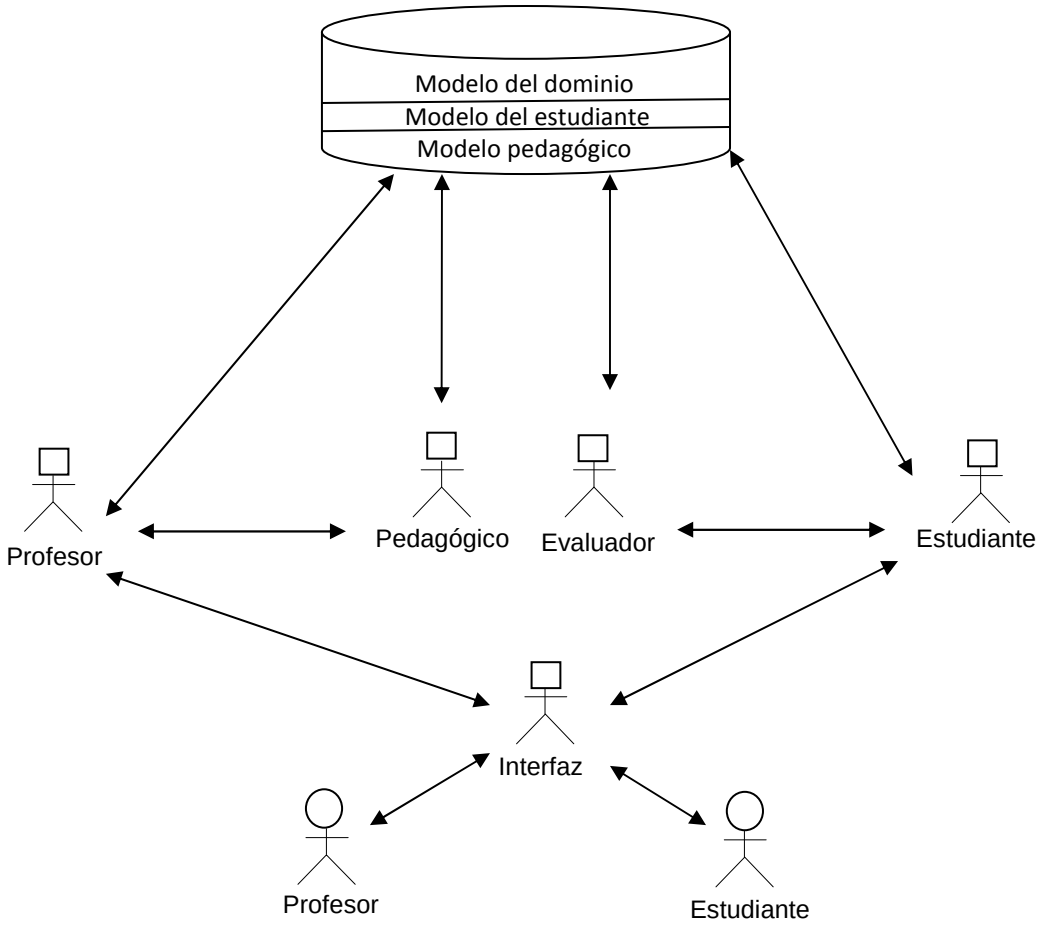


Figura 5-5. Modelo de la Organización**.**

Tabla 5-2. Información objetivos y servicios del agente humano profesor.

AGENTE HUMANO PROFESOR			
Información Inicial			
Nombre	**Tipo**	**Papel o Rol**	**Descripción**
Usuario Profesor	Agente humano	Instructor	Personas que se encargan de enseñar un determinado curso que tiene que ver con una determinada ciencia o arte, por esta razón poseen conocimientos y habilidades pedagógicas para ser agentes efectivos del proceso de aprendizaje. Estas personas también deben realizar un seguimiento continuo acerca del desempeño de los estudiantes.

Objetivo 1			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Crear y Actualizar los Cursos	Identificación del profesor, Identificación del curso e Información correspondiente a los cursos. Por ejemplo las UBAs, los temas, los OI, los CEs, los metadatos de los Oas, los prerrequisitos entre OI y las evaluaciones.	Reporte de creación o actualización de cursos	Se activa la opción “Crear Cursos” o la opción “Actualizar Cursos”
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
El usuario ya no desea crear o actualizar cursos, por lo cual termina la ejecución de la aplicación	Se crea o se actualiza un curso	Con este objetivo, se pretende llevar a cabo la creación o actualización de los cursos, a partir de los conocimientos y materiales que poseen los profesores, de tal manera que se pueda brindar información clara, verídica y actualizada	

Objetivo 2			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
confirmar el desempeño de los estudiantes	Identificación del profesor, Identificación del estudiante	Información correspondiente a evaluaciones realizadas al estudiante o información detallado de su desempeño	Se envía una petición “Consultar resultados de evaluación” o “Consulta de informes”
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
Cuando se termina el tiempo de búsqueda (especificado por el desarrollador).	Cuando se recibe la Información correspondiente a evaluaciones realizadas al estudiante o información detallado de su desempeño	Con este objetivo se pretende presentar a los profesores la información de las evaluaciones realizadas a los estudiantes o de los informes que representan el desempeño de estos, con el fin de que los profesores reciban información actualizada de la evolución de los estudiantes	

Nota: Debido a que este agente es de tipo humano no ofrece ninguna tarea a otros agentes del sistema y por lo tanto no ofrece ningún servició. Este agente usuario requiere de los servicios de otros agentes, pero no presta ningún servicio.

Tabla 5-3. Información objetivos y servicios del agente humano estudiante.

AGENTE HUMANO ESTUDIANTE			
Información Inicial			
Nombre	**Tipo**	**Papel o Rol**	**Descripción**
Usuario Estudiante	Agente humano	Aprendiz	Persona que busca obtener el conocimiento acerca de un determinado curso, por medio del estudio de planes instruccional que son adecuados a su nivel académico y estilos de aprendizaje.

Objetivo 1			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Confirmar su Desempeño	Identificación del estudiante	Información correspondiente a evaluaciones realizadas por el estudiante o información detallado de su desempeño	Se envía una petición “Consultar resultados de evaluación” o “Consulta de informes”
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
Cuando se termina el tiempo de búsqueda (especificado por el desarrollador).	Cuando se recibe la Información correspondiente a evaluaciones realizadas al estudiante o información detallado de su desempeño	Con este objetivo se pretende presentar a los estudiante la información de evaluaciones realizadas o de informes que representan su desempeño, con el fin de que los estudiantes tenga conocimiento de sus fallas y pueda reforzarlas para mejorar en un futuro	

Objetivo 2			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Realizar Inscripción y Pruebas Persoanales	Identificación del estudiante	Conjunto de preguntas que componen las pruebas	Se envía una petición “Realizar inscripción” o “Realizar Pruebas Personales”.
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
Se envía una petición “Terminar”	Todas las preguntas de las pruebas son diligenciadas e ingresadas en la base de datos respectiva	Este objetivo permite obtener información básica del estudiante como: datos personales, conocimientos previos que tiene sobre el tema del curso al cual se va a inscribir, etc	
Objetivo 3			
Nombre	Parámetros de Entrada	Parámetros de Salida	Condición-Activación
Ejecutar Plan de Actividades	Identificación del estudiante	Plan de actividades adaptado al desempeño y a las características del estudiante.	El usuario se registra y desea estudiar alguna Tema del Curso.
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
El estudiante no desea continuar estudiando el plan instruccional.	El estudiante termina de estudiar el plan instruccional que fue adaptado por el sistema	Con este objetivo se pretende que los estudiantes puedan visualizar de forma adaptada los Temas de un curso. De tal manera que puedan tener un aprendizaje individualizado que se ajuste a sus conocimientos, características y necesidades.	

Objetivo 4			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Realizar Pruebas Academicas	Identificación del estudiante, Identificación del plan instruccional que se va a evaluar.	Evaluación del plan instruccional seleccionado	Se envía una petición “Realizar Evaluación”.
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
Se envía una petición “Calificar” o se termina el tiempo	La evaluación es realizada y enviada al encargado de calificar	Mediante este objetivo se le evalúa al estudiante el conocimiento adquirido al ejecutar un pla instruccional específica.	

Nota: Debido a que este agente es de tipo humano no ofrece ninguna tarea a otros agentes del sistema y por lo tanto no ofrece ningún servició. Este agente usuario requiere de los servicios de otros agentes, pero no presta ningún servicio.

Tabla 5-4. Información objetivos y servicios del agente de software profesor.

AGENTE DE SOFTWARE PROFESOR			
Información Inicial			
Nombre	**Tipo**	**Papel o Rol**	**Descripción**
Agente Profesor	Agente de software estacionario	Control y manejo de la información del modelo del dominio del CVA	Este agente se encargara de mantener organizada y estructurada la información correspondiente a los contenidos educativos del CVA (Modelo del Dominio), de tal manera que pueda ser utilizada por todos los agentes del sistema que la requieran.

Objetivo 1			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Intermediar entre los usuarios profesores y el sistema	Información de modificaciones que se van realizando en el sistema, a medida que el usuario profesor interactúa con el sistema	Informes de actualizaciones y/o modificaciones del modulo del dominio en el sistema	Se registra un usuario profesor en el sistema
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
Ocurre algún problema en el sistema	Se actualiza la información en el modelo del dominio	Por medio de este objetivo se pretende ofrecer un intermediario para los usuarios profesores del sistema, el cual debe mantener un control y manejo de la información que se va actualizando	

Servicio 1				
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Lenguaje par representar el conocimiento**	**Ontología**
Actualizar información	Identificador del usuario profesor por el que esta intermediando.	Informes de actualizaciones y/o modificaciones del modelo del dominio en el sistema.	FIPA ACL	La desarrollada para el sistema (según el modelo del dominio, el modelo del estudiante y el modelo de pedagógico)

Tabla 5-5. Información objetivos y servicios del agente de software estudiante.

<table>
<tr><th colspan="5">AGENTE DE SOFTWARE ESTUDIANTE</th></tr>
<tr><th colspan="5">Información Inicial</th></tr>
<tr><th>Nombre</th><th>Tipo</th><th>Papel o Rol</th><th colspan="2">Descripción</th></tr>
<tr><td>Agente Estudiante</td><td>Agente de software estacionario</td><td>Control y manejo de la información de los estudiantes</td><td colspan="2">Este agente se encargara de mantener organizada y estructurada la información correspondiente de los estudiantes (Modelo del estudiante), de tal manera que pueda ser utilizada por todos los agentes del sistema que la requieran.</td></tr>
<tr><th colspan="5">Objetivo 1</th></tr>
<tr><th>Nombre</th><th colspan="2">Parámetros de Entrada</th><th>Parámetros de Salida</th><th>Condición-Activación</th></tr>
<tr><td>Intermediar entre los usuarios estudiantes y el sistema</td><td colspan="2">Información de modificaciones que se van realizando en el sistema, a medida que el usuario estudiante interactúa con el sistema</td><td>No hay parámetros de salida</td><td>Se registra un usuario estudiante en el sistema</td></tr>
<tr><td>Condición-Finalización</td><td colspan="2">Condición-Éxito</td><td colspan="2">Descripción</td></tr>
<tr><td>Ocurre algún problema en el sistema</td><td colspan="2">Se actualiza la información del estudiante en el modelo del estudiante</td><td colspan="2">Por medio de este objetivo se pretende ofrecer un intermediario para los usuarios estudiantes del sistema, el cual debe mantener un control y manejo de la información que se va actualizando. Es importante aclarar que cuando un usuario estudiante interactúa con el sistema, este agente estudiante debe actualizar el modelo del estudiante en algunos campos específicos</td></tr>
<tr><th colspan="5">Servicio 1</th></tr>
<tr><th>Nombre</th><th>Parámetros de Entrada</th><th>Parámetros de Salida</th><th>Lenguaje par representar el conocimiento</th><th>Ontología</th></tr>
<tr><td>Actualizar información</td><td>Identificador del usuario estudiante por el que esta intermediando.</td><td>No hay parámetros de salida.</td><td>FIPA ACL</td><td>La desarrollada para el sistema (según el modelo del dominio, el modelo del estudiante y el modelo de pedagógico)</td></tr>
</table>

Tabla 5-6. Información objetivos y servicios del agente de software planificador.

AGENTE DE SOFTWARE PLANIFICADOR			
Información Inicial			
Nombre	**Tipo**	**Papel o Rol**	**Descripción**
Agente planificador	Agente de software estacionario	Maestro	La principal función de este actor es adaptar un plan de estudio, para que el estudiante sea guiado por el sistema a través del proceso de enseñanza como si lo hiciera un profesor real, el cual tiene la capacidad de brindar una enseñanza individualizada. Otras actividades del planificador son: recuperar información académica y personal de los estudiantes y recuperar los resultados de las evaluaciones.

Objetivo 1			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Adaptar planes instruccionales	Identificación del estudiante	Plan de actividades adaptado al desempeño y a las características del estudiante	Se recibe una petición de usuario, en la cual se informa el deseo de estudiar algún Tema (Revisar Tema)
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
El estudiante cancela la petición de estudiar.	Se genera un plan instruccional adaptado al estudiante que solicito dicho plan	Con este objetivo se pretende procesar la información que existe en los módulos del dominio y del estudiante, de tal manera que puedan tener un aprendizaje individualizado que se ajuste a sus conocimientos, características y necesidades	

Objetivo 2			
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Condición-Activación**
Seleccionar Contenidos educativos	Identificación del estudiante, identificación de un plan instruccional a ejecutar	Contenidos educativos adaptados a los estilos de aprendizaje del estudiante y al hemisferio cerebral más utilizado	Se genera un plan de actividades sin Contenidos educativos asociados
Condición-Finalización	Condición-Éxito	Descripción	
El estudiante cancela la petición de estudiar.	Se genera un plan instruccional adaptado al estudiante con los Contenidos educativos más apropiados, según sus estilos de aprendizaje y según el hemisferio cerebral más utilizado.	Con este objetivo se pretende adaptar lo contenidos educativos a los planes instruccionales, según los estilos de aprendizaje y el hemisferio cerebral más utilizado por el estudiante.	

Servicio 1				
Nombre	**Parámetros de Entrada**	**Parámetros de Salida**	**Lenguaje par representar el conocimiento**	**Ontología**
Adaptar planes instruccionales	Identificación del estudiante	Plan de actividades adaptado al desempeño y a las características del estudiante.	FIPA ACL	La desarrollada para el sistema (según el modelo del dominio, el modelo del estudiante y el modelo de pedagógico)

5.2.3 Modelo de Tareas

Una tarea se refiere al conjunto de actividades que se realizan para conseguir un objetivo en un dominio dado. Para cada tarea se especifican los siguientes ítems:

- Nombre: es una cadena de texto corta y debe ser única.
- Objetivo: especificación de cómo transformar las entradas en salidas.
- Entrada: identifica el tipo de ingrediente que se emplea como entrada de una tarea.
- Salida: identifica el tipo de ingrediente producido o transferido por la tarea.
- Sub-tareas: sub-actividades de la tarea para conseguir su objetivo.
- Uso de modelos: relaciones de dependencia que establece con otros modelos de la arquitectura.

En la figura 5-6 se describirán cada una de las tareas que fueron identificadas. Cabe resaltar que se identificó una tarea principal compuesta a su vez de cuatro sub-tareas principales:

- Tarea Principal: Brindar aprendizaje individualizado para CVA.
- ST1 (Sub-tarea 1): Actualizar el modulo del dominio.
- ST2 (Sub-tarea 2): Presentar planes instruccionales.
- ST3 (Sub-tarea 3): Actualizar el modulo del estudiante.
- ST4 (Sub-tarea 4): Presentar resultados.

En la tabla 5-7 se presenta un ejemplo de la plantilla utilizada para representar la tarea “ST2 presentar planes instruccionales”

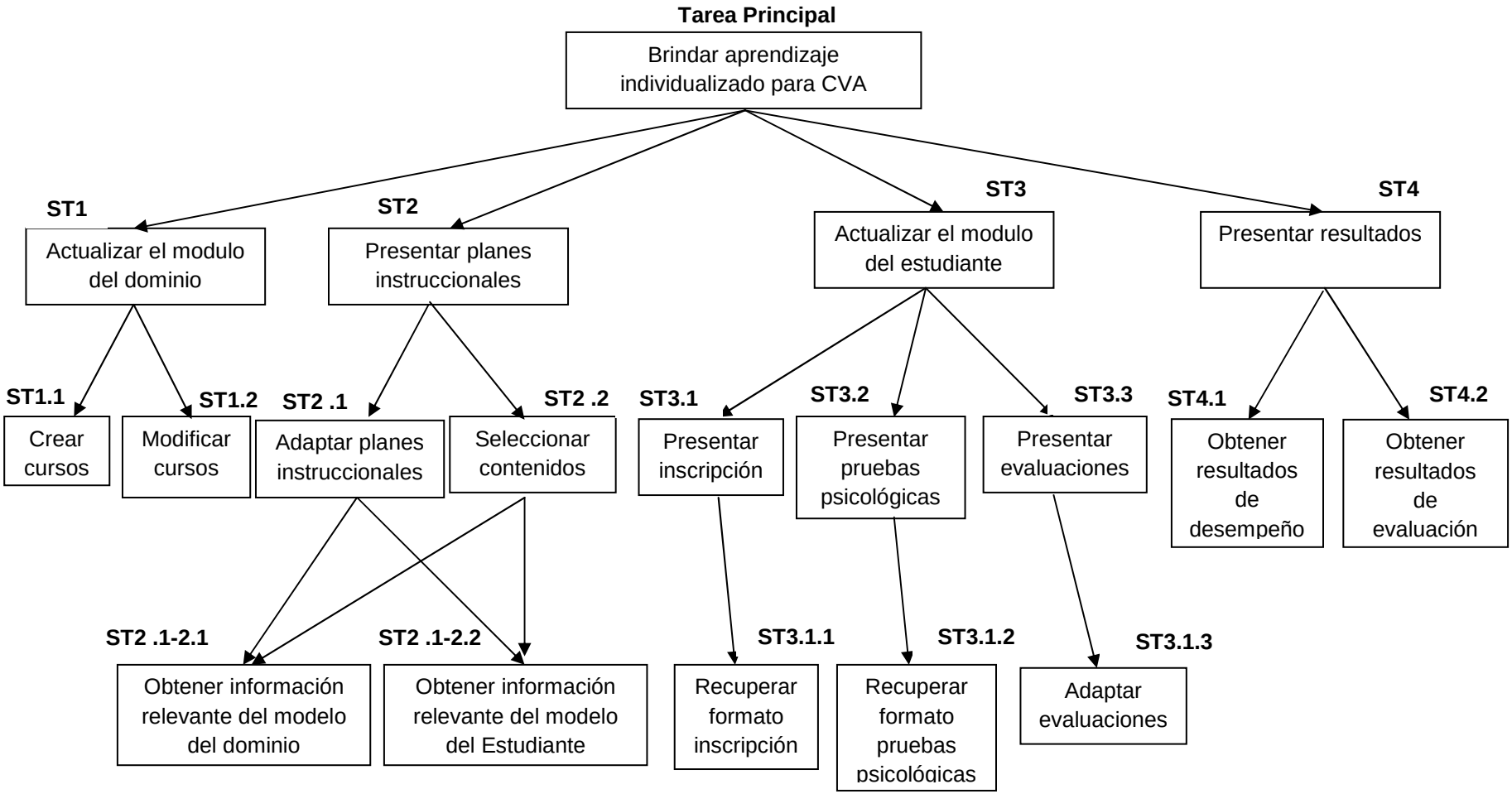


Figura 5-6. Modelo de tareas representado a través de un árbol jerárquico**.**

Tabla 5-7. Tarea “ST2 presentar planes instruccionales”.

Nombre:	ST2 presentar planes instruccionales
Objetivo:	Adaptar un plan de actividades y seleccionar los contenidos educativos acorde a las características de cada estudiante.
Entrada:	Registro del usuario petición para estudiar una curso Nivel de conocimientos del estudiante Top de recursos y formatos
Salida:	plan de actividades y contenidos educativos adaptado según las características del estudiante
Sub-tareas:	ST2.1 Adaptar planes instruccionales ST2.2 Seleccionar contenidos
Uso de modelos:	Modelo del Dominio y Modelo del estudiante

5.2.4 Modelo de la Experiencia

La función principal de este modelo, es identificar la ontología o las ontologías que son utilizadas en el dominio del problema, de esta forma se podrán reconocer claramente los conceptos manejados. Otra función de este modelo es identificar los mecanismos de razonamiento que se deben desarrollar en el sistema, esto con el fin de dotar de inteligencia a los agentes de software.

El manejo de las ontologías juega un papel muy importante en el desarrollo del sistema, ya que amplía el conocimiento acerca de las variables que se deben tener en cuenta a la hora de tratar un problema determinado.

En este problema en particular se van a manejar dos tipos de ontologías enfocadas al manejo de la información de los cursos (ver figura 5-7) y de los estudiantes (ver figura 5-8). Todas las ontologías serán utilizadas como base en la comunicación de los agentes, algunas serán más utilizadas por uno u otro tipo de agentes. Por ejemplo la ontología enfocada al manejo de la información de cursos y contenidos educativos, será fundamental para diseñar y adaptar los planes instruccionales, por lo cual será muy utilizada por los agentes planificador, estudiante e interfaz; en cambio la ontología general será más utilizada por los agentes planificador y profesor.

Por su parte, los mecanismos de razonamiento se refieren a las diferentes estructuras de inferencia que utiliza cada uno de los agentes del sistema, ya sea de carácter reactivo (respuestas ante estímulos o peticiones provenientes de otros agentes) o proactivo (que sean realizadas de manera autónoma según el juicio del propio agente). Partiendo de los resultados obtenidos en el modelo de tareas se puede inferir que las tareas que requieren de algún mecanismo de razonamiento son las tareas “Adaptar planes instruccionales” (ST2.2) y “Seleccionar contenidos” (ST2.3).

Para la representación de los mecanismos de razonamiento se utilizaron diagramas de flujo. Cabe señalar que la técnica de diagrama de flujo de datos, es una representación gráfica que permite al analista definir entradas, procedimientos y salidas de la información en la organización bajo estudio, permitiendo así comprender los procedimientos existentes con la finalidad de optimizarlos, reflejándolos en el sistema propuesto.

En las figuras 5-9 y 5-10 se pueden observar los diagramas de flujo correspondientes a las tareas ST2.2 y ST2.3.

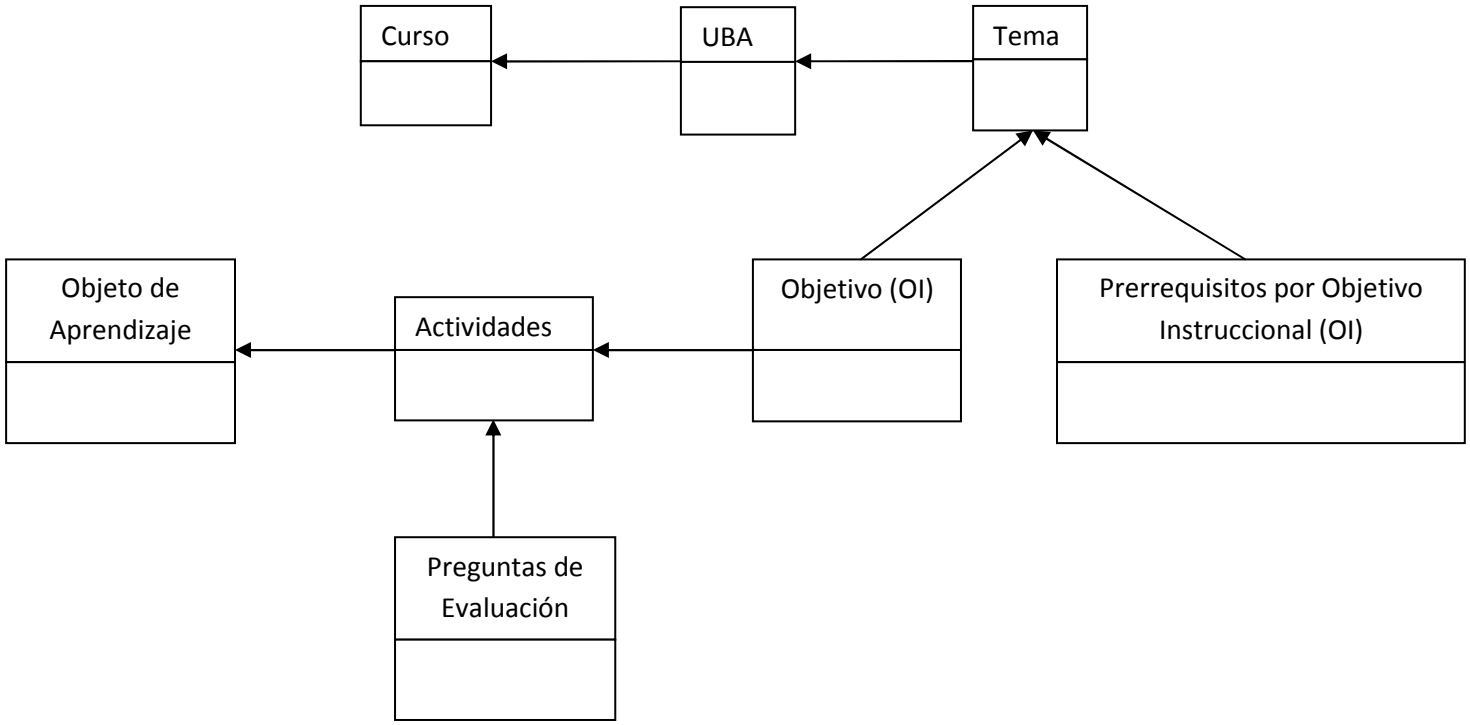


Figura 5-7. Ontología enfocada al manejo de la información de los Cursos.

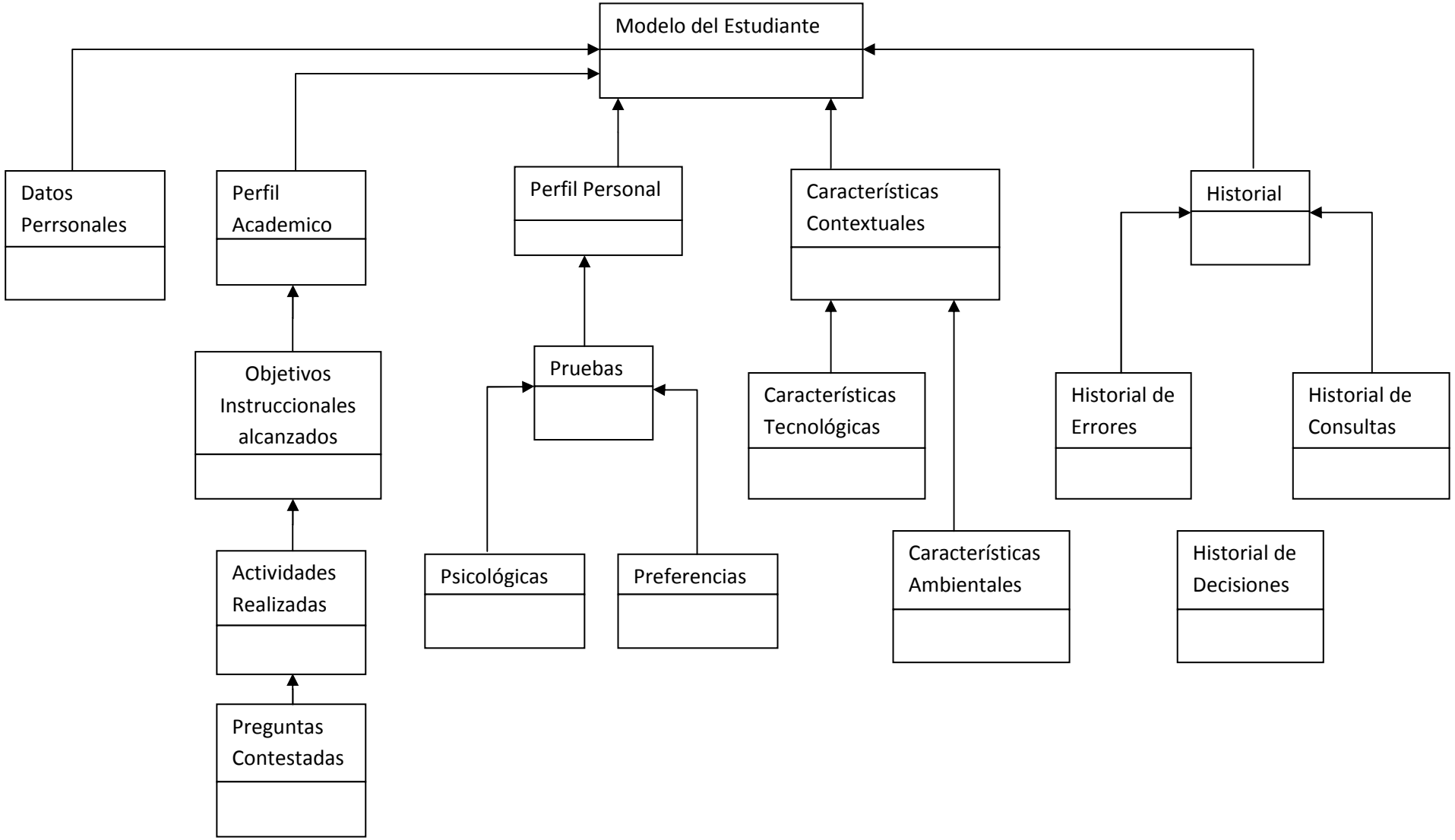


Figura 5-8. Ontología enfocada al manejo de los estudiantes.

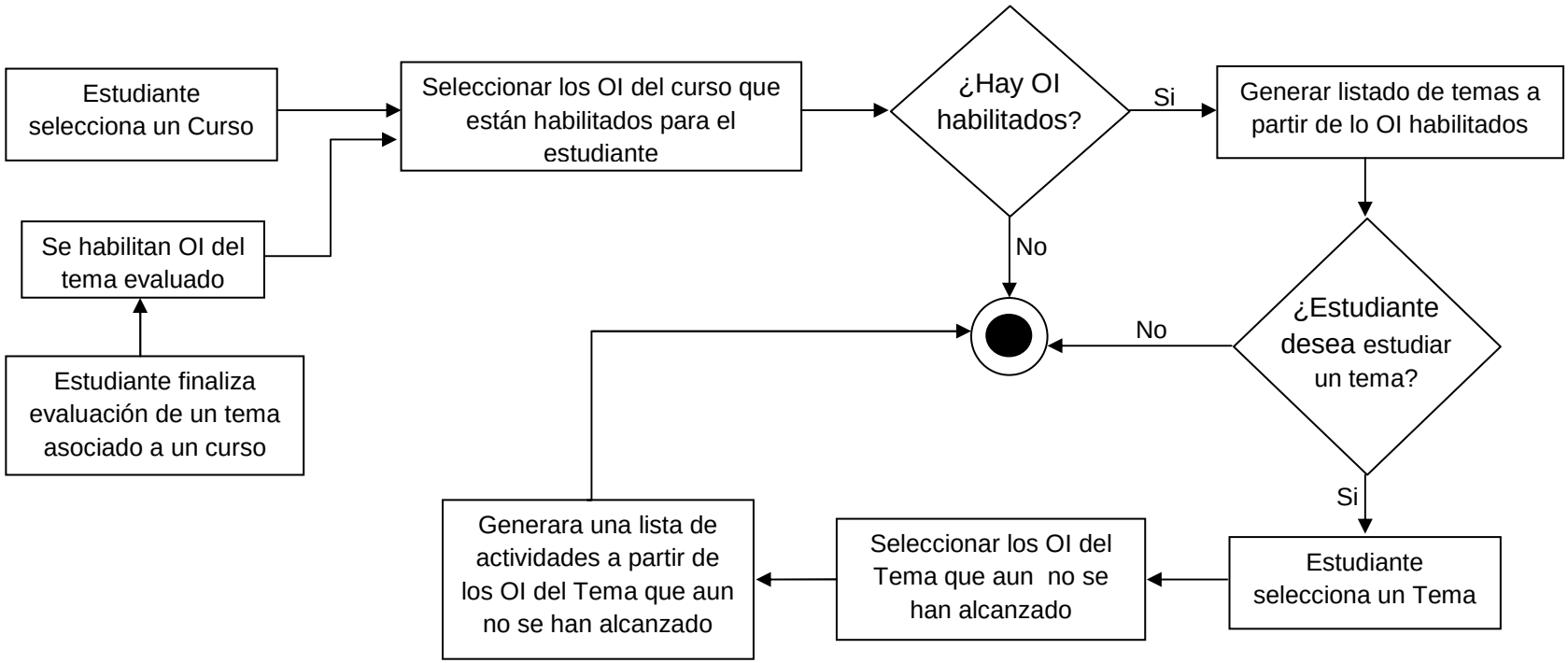


Figura 5-9. Diagrama de flujo “ST2.1 Adaptar Planes Instruccionales”.

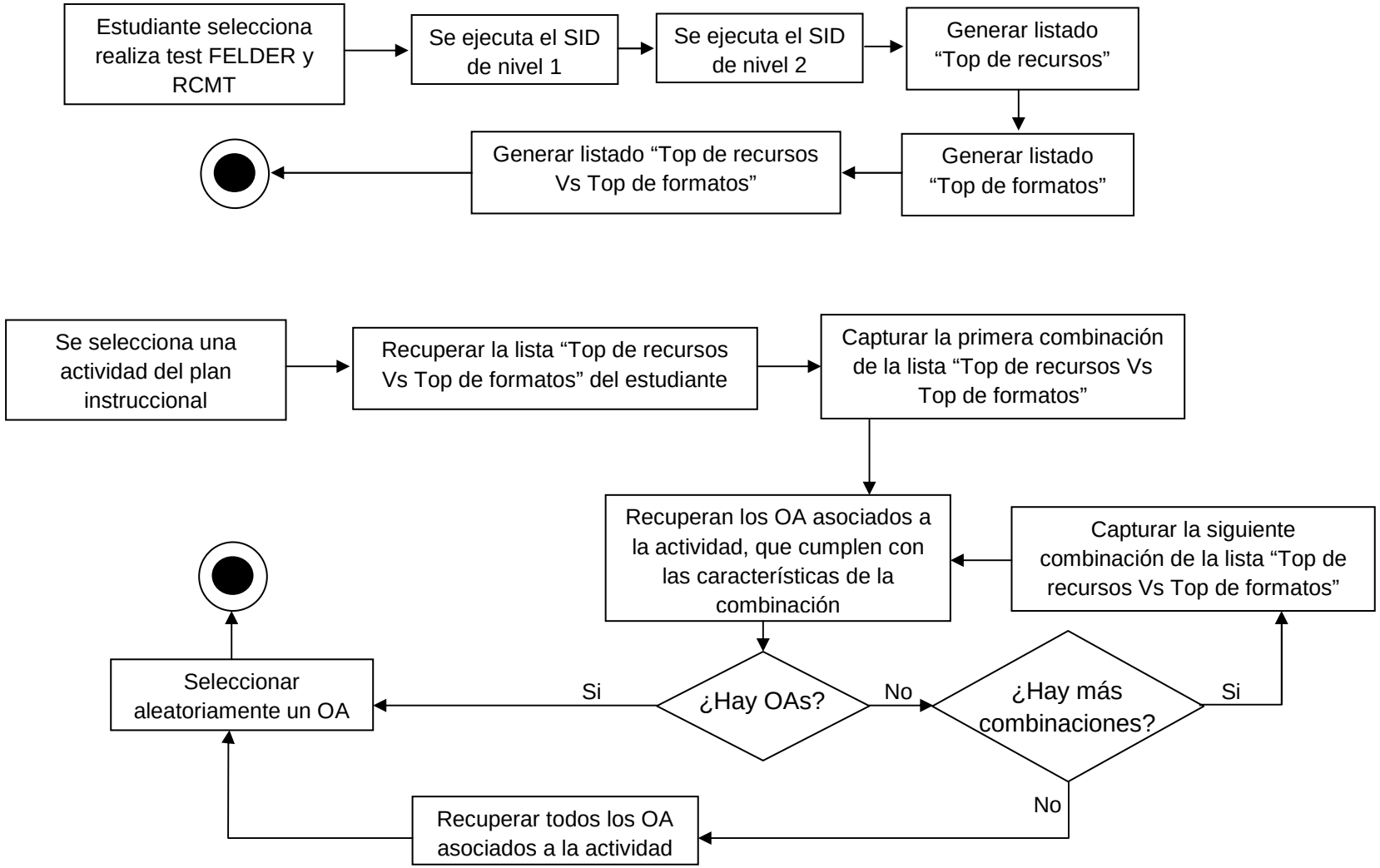


Figura 5-10. Diagrama de flujo "ST2.2 Seleccionar Contenidos Educativos".

5.2.5 Modelo de Coordinación (agente-agente) y Comunicación (humano-agente)

El principal objetivo del modelo de coordinación y comunicación es modelar la interacción agente-agente y humano- agente. Esta interacción engloba la interacción "máquina-máquina" y "hombre-máquina". En las figuras 5-11 a 5-17 se presentan las interacciones que se modelaron para el sistema a través de un diagrama de secuencias.

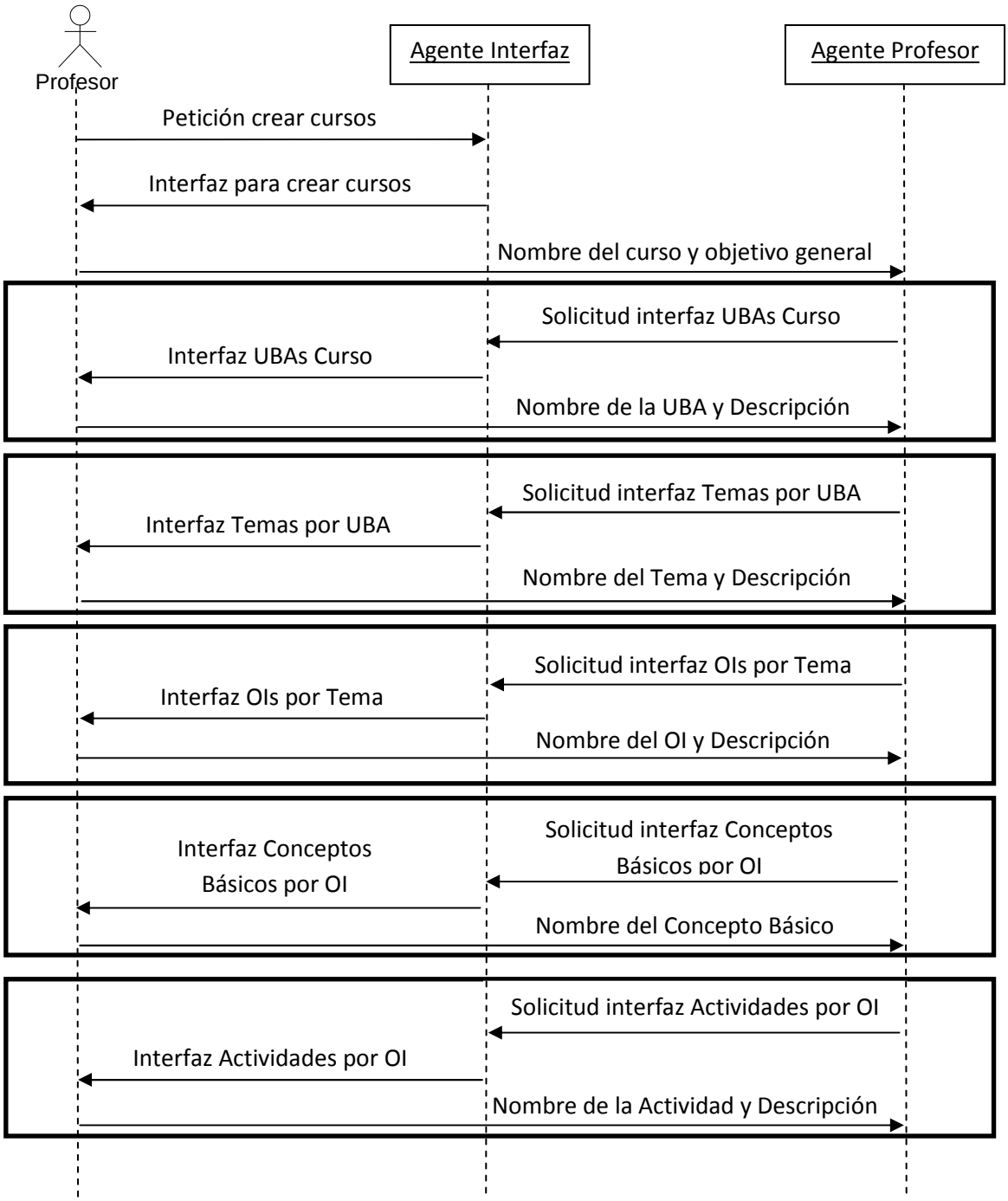


Figura 5-11. Diagrama de secuencia para crear un curso (parte A).

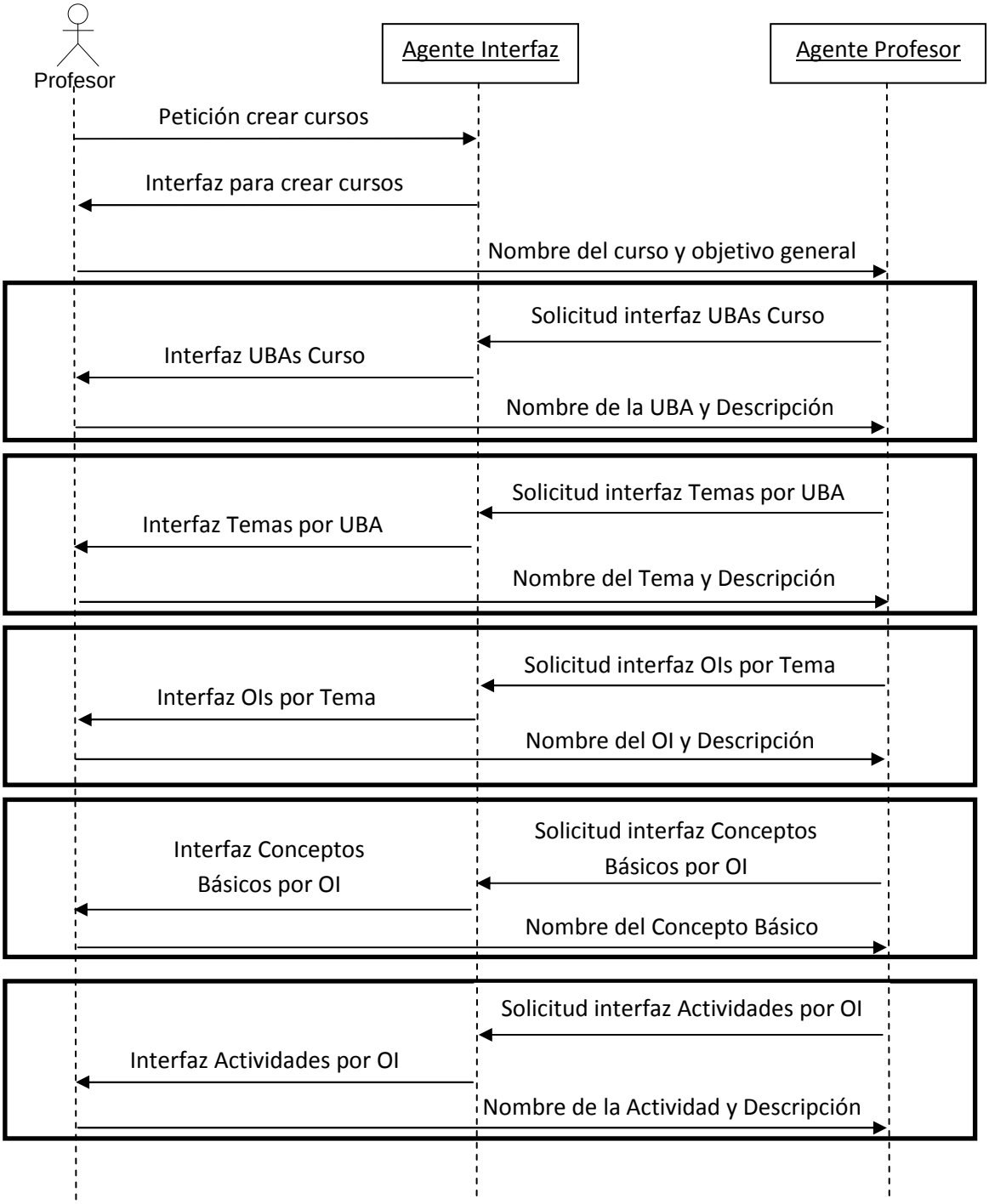


Figura 5-12. Diagrama de secuencia para crear un curso (parte B).

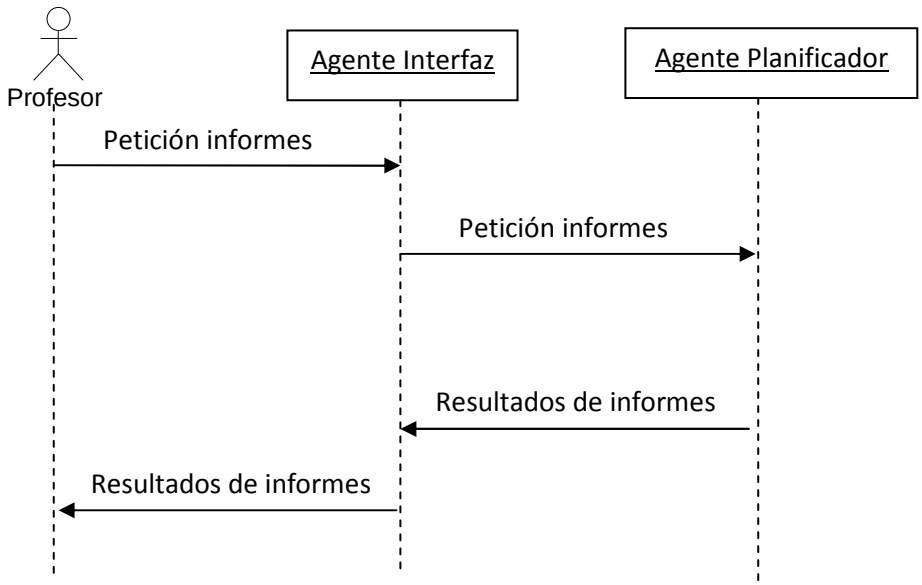


Figura 5-13. Diagrama de secuencia para solicitar información (Profesores).

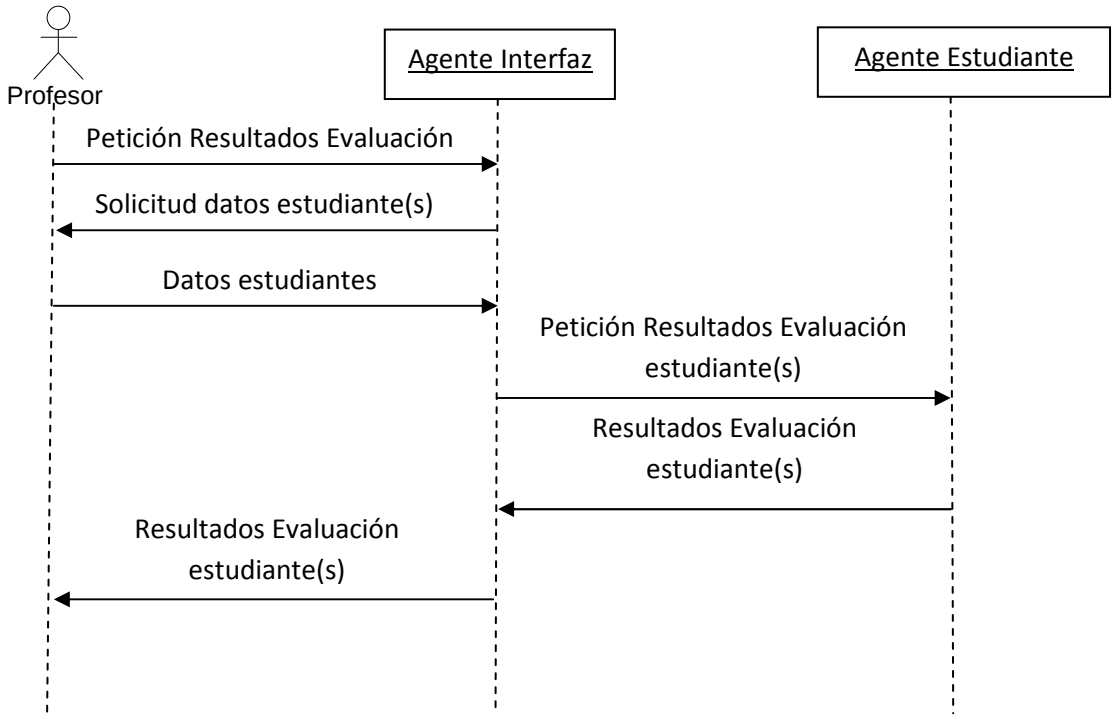


Figura 5-14. Diagrama de secuencia para solicitar resultados de evaluación (Profesores).

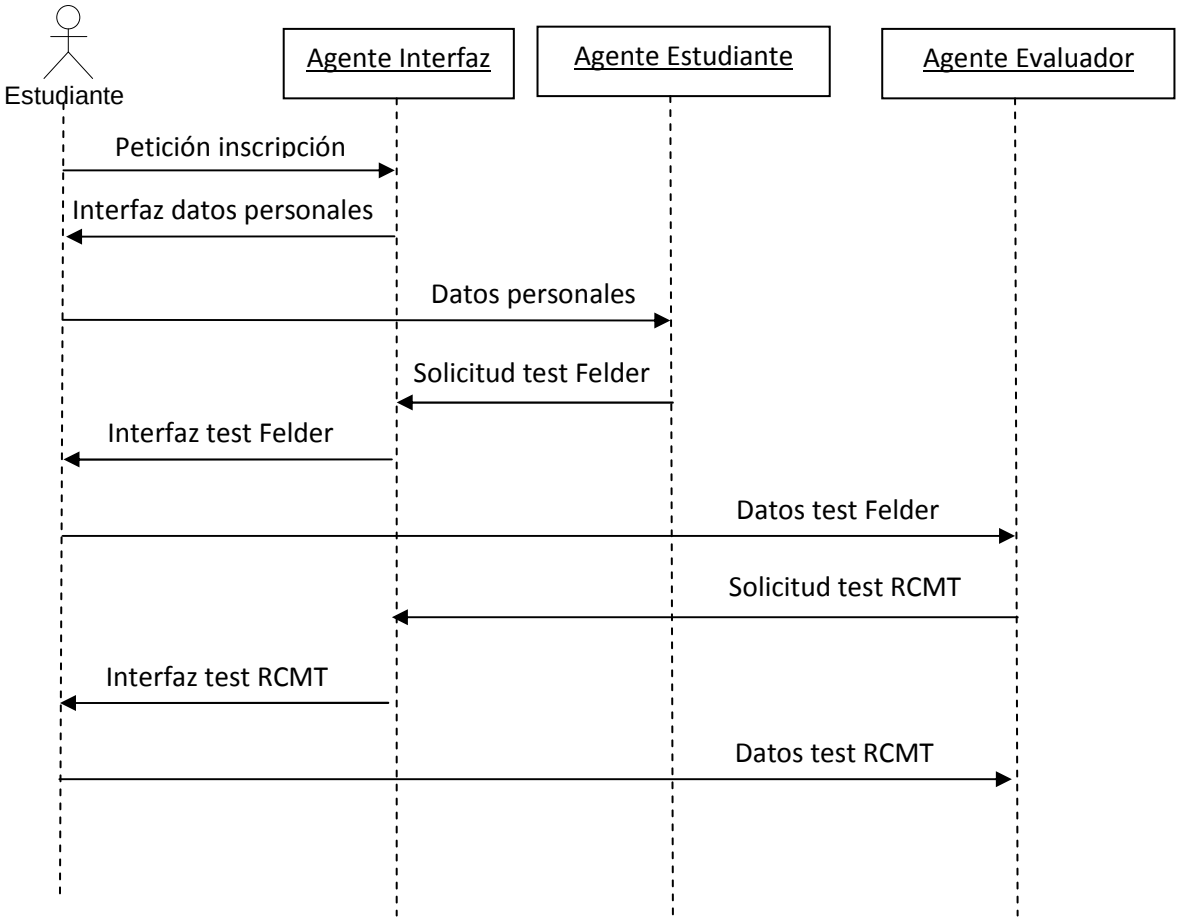


Figura 5-15. Diagrama de secuencia para realizar inscripciones (Estudiantes).

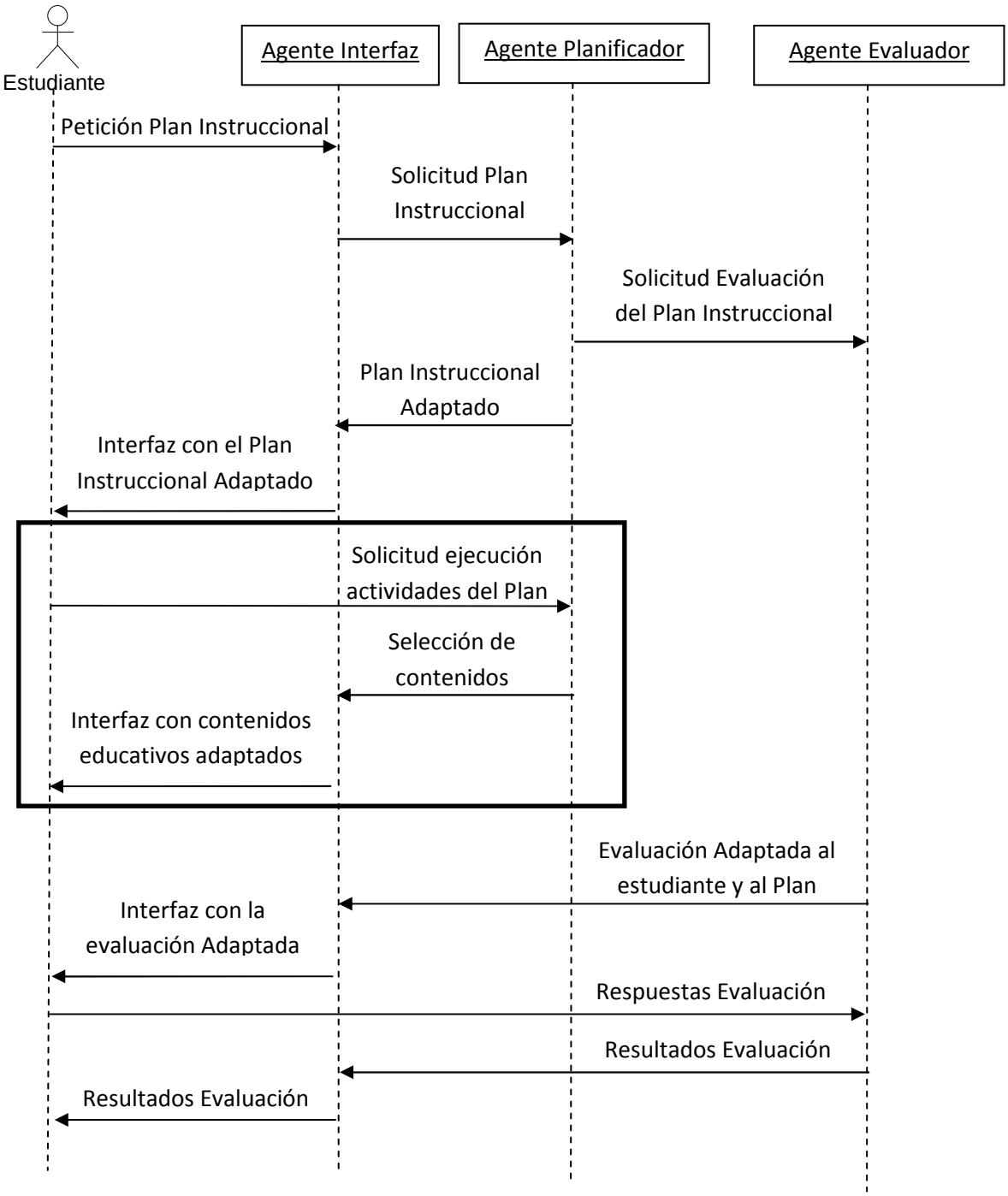


Figura 5-16. Diagrama de secuencia para Generar, Ejecutar y Evaluar Plan Instruccional.

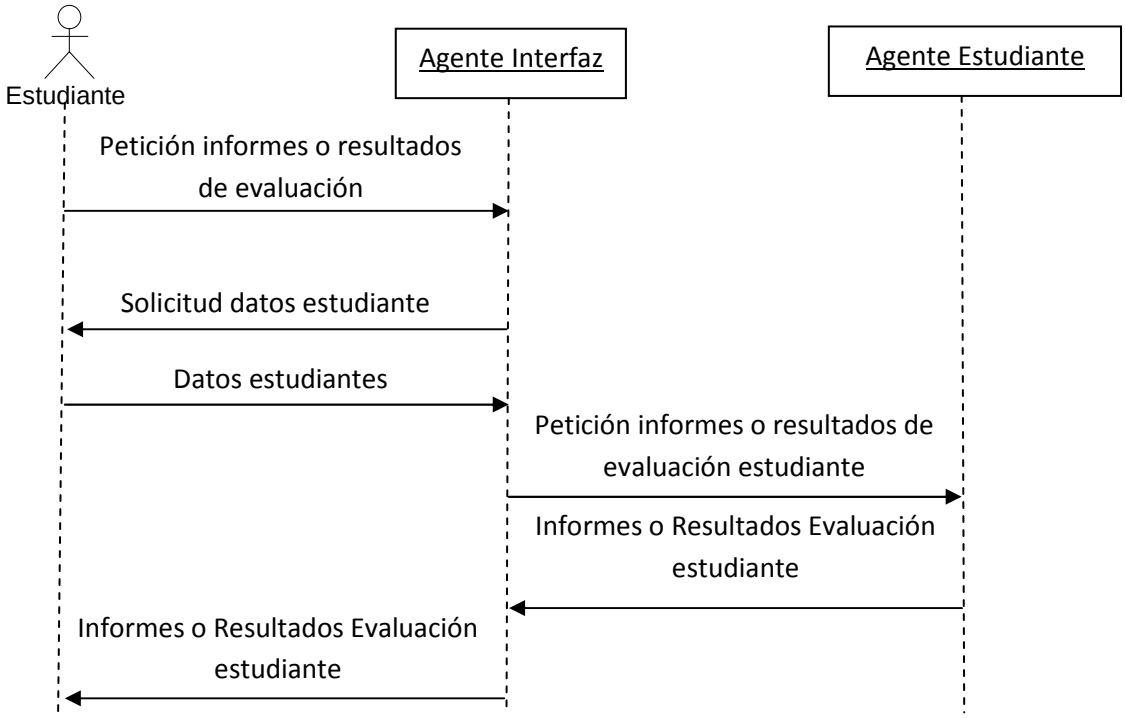


Figura 5-17. Diagrama de secuencia para solicitar información y resultados de evaluación (Estudiantes).

5.3 Fase de Diseño

En esta fase se pretende estructurar la disposición o despliegue de componente que tendrá el sistema y las herramientas que serán utilizadas para llevar a cabo la implementación. En la figura 5-18 se presenta la estructura que fue desarrollada para el sistema CIA donde se especifica la disposición de cada uno de los componentes y las herramientas o plataformas que se utilizaron.

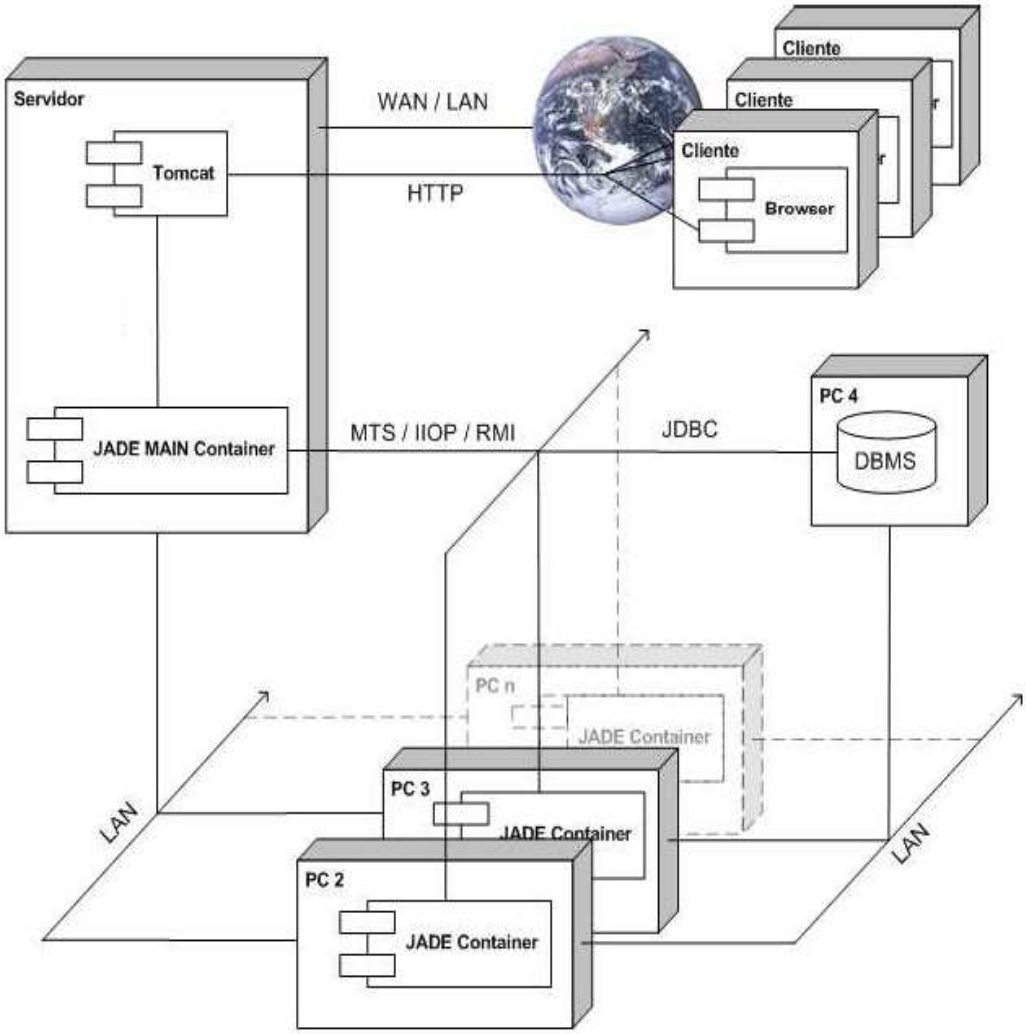


Figura 5-18. Diagrama de despliegue.

Cabe señalar que en la base de datos presentada en esta arquitectura (DBMS) es donde se almacenan los datos que poseen cada uno de los modelos (dominio, pedagógico y estudiante) descritos anteriormente.

A continuación se describirán brevemente las herramientas que se utilizaron para la implementación del sistema:

- JADE: plataforma que proporciona tanto un entorno de desarrollo como un entorno de ejecución para el desarrollo y mantenimiento de sistemas Multi-Agente (Bellifemine et ál, 2005).

  El entorno de desarrollo está formado por una serie de librerías en Java que permiten la implementación de agentes de manera limpia e independiente de la plataforma sobre la que se va a ejecutar. El entorno de ejecución permite a los agentes vivir y comunicarse entre ellos. Está realizado enteramente en Java y proporciona una serie de herramientas que permiten al desarrollador controlar y depurar a los agentes en tiempo real.

  Además, JADE cumple con las especificaciones FIPA (O'Brien et ál, 1998) para la interoperabilidad de plataformas de sistemas Multi-agente, y lo cumple a dos niveles: a nivel de arquitectura y a nivel de Mensajes (FIPA ACL).

- MySQL: Sistema de gestión de base de datos (DBMS por sus siglas en ingles) relacional, multihilo y multiusuario (MYSQL, 2009).

  Este DBMS se ofrece bajo licencia GNU GPL para cualquier uso compatible con esta licencia, pero para aquellas empresas que quieran incorporarlo en productos privativos deben comprar a la empresa una licencia específica que les permita este uso.

  MySQL es muy utilizado en aplicaciones web y en plataformas Linux, Windows, Perl y Python. Su popularidad como aplicación web está muy ligada a PHP, que a menudo aparece en combinación con MySQL.

- Tomcat: también llamado Jakarta Tomcat o Apache Tomcat es un servidor web con soporte de servlets y JSPs. Incluye el compilador Jasper, que compila JSPs convirtiéndolas en servlets. El motor de servlets de Tomcat a menudo se presenta en combinación con el servidor web Apache (Apache Tomcat, 2009).

  Tomcat puede funcionar como servidor web por sí mismo. En sus inicios existió la percepción de que el uso de Tomcat de forma autónoma era sólo

recomendable para entornos de desarrollo y entornos con requisitos mínimos de velocidad y gestión de transacciones. Hoy en día ya no existe esa percepción y Tomcat es usado como servidor web autónomo en entornos con alto nivel de tráfico y alta disponibilidad.

Dado que Tomcat fue escrito en Java, funciona en cualquier sistema operativo que disponga de la máquina virtual Java.

CAPÍTULO 6

IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO Y RESULTADOS

La validación del modelo propuesto en esta tesis se realizó a través de la implementación de un prototipo computacional llamado CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos. Este prototipo planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para un curso virtual en el área de IA, adapta las evaluaciones y replanifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

Cabe resaltar que la construcción del prototipo CIA hace parte también de las actividades del proyecto de investigación de la DIME (Dirección de Investigación de la Sede Medellín) titulado “Modelo de Sistema Multi-Agente de Cursos Adaptativos Integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje”

Este sistema se implementó utilizando la plataforma JADE (Java Agent Develpment Framework) (Bellifemine et ál, 2005), la cual está distribuida en una red LAN de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

En uno de los computadores que se encuentran en la red se alojó un servidor Web Tomcat y se instanciaron un contenedor principal, en el cual se ejecutan los agentes provistos por JADE, como son:

- Agent Managment System (AMS): agente encargado de la supervisión y control sobre el acceso y uso de la plataforma. Además, presta el servicio de páginas blancas, es decir, es el responsable de la autenticación de los agentes y el control de registros, asegurando que cada agente en la plataforma disponga de un nombre único.

- Directory Facilitator (DF): agente que presta el servicio de páginas amarillas. Aquí es donde cada agente del sistema puede registrar los servicios que ofrece. Gracias al agente DF, un agente puede encontrar otros agentes que provean los servicios necesarios para lograr sus objetivos.

- Remote Monitoring Agent (RMA): El agente que permite controlar al resto de agentes en una plataforma. Provee una interfaz gráfica que facilita las funciones de monitorización y control.

Además de los agentes povistos por JADE se ejecutan algunos agentes del sistema, como son: Planificador y Evaluador, ya que estos agentes tienen actividad constante. Por otro lado se tienen contenedores adicionales distribuidos en diferentes computadores en la misma red en los que se reparten los demás agentes, como son: estudiantes y profesores.

La forma de enlazar el sistema multi-agente con el servidor Web se realizó a través de un agente "Interfaz" (Ovalle et ál, 2007), el cual es un agente Wraper de JADE que sirve para comunicar programas externos de JADE con agentes de un sistema desarrollado en esta plataforma. Es importante aclarar que cuando comunicamos los servlets con el agente Interfaz la petición del usuario se trasmite a dicho agente, quien comunicará esta información a los demás agentes de un sistema desarrollado en la plataforma JADE (Caire, 2003).

Cuando los usuarios (estudiantes y profesores) ingresan al sistema se presenta una interfaz (ver figura 6-1), en la cual dichos usuarios pueden seleccionar la opción de registrarse o de autenticarse (en caso de que ya esté registrado en el sistema).

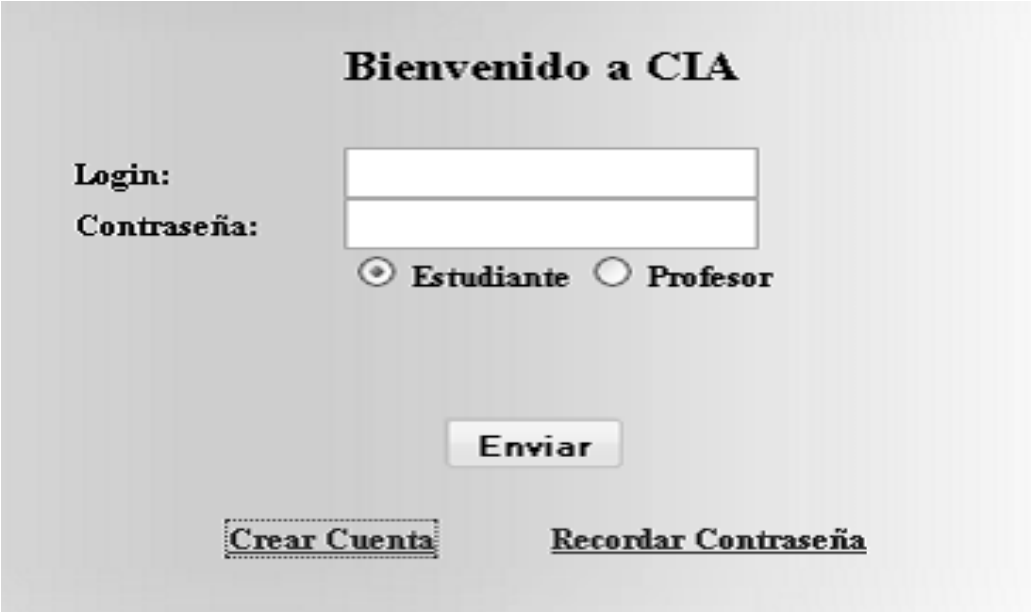


Figura 6-1. Interfaz de inicio.

6.1 Inscripción de estudiantes en el sistema

Si un estudiante selecciona la opción de crear cuenta, se envía una petición de inscripción al agente interfaz y éste emite un formulario de datos personales (ver figura 6-2).

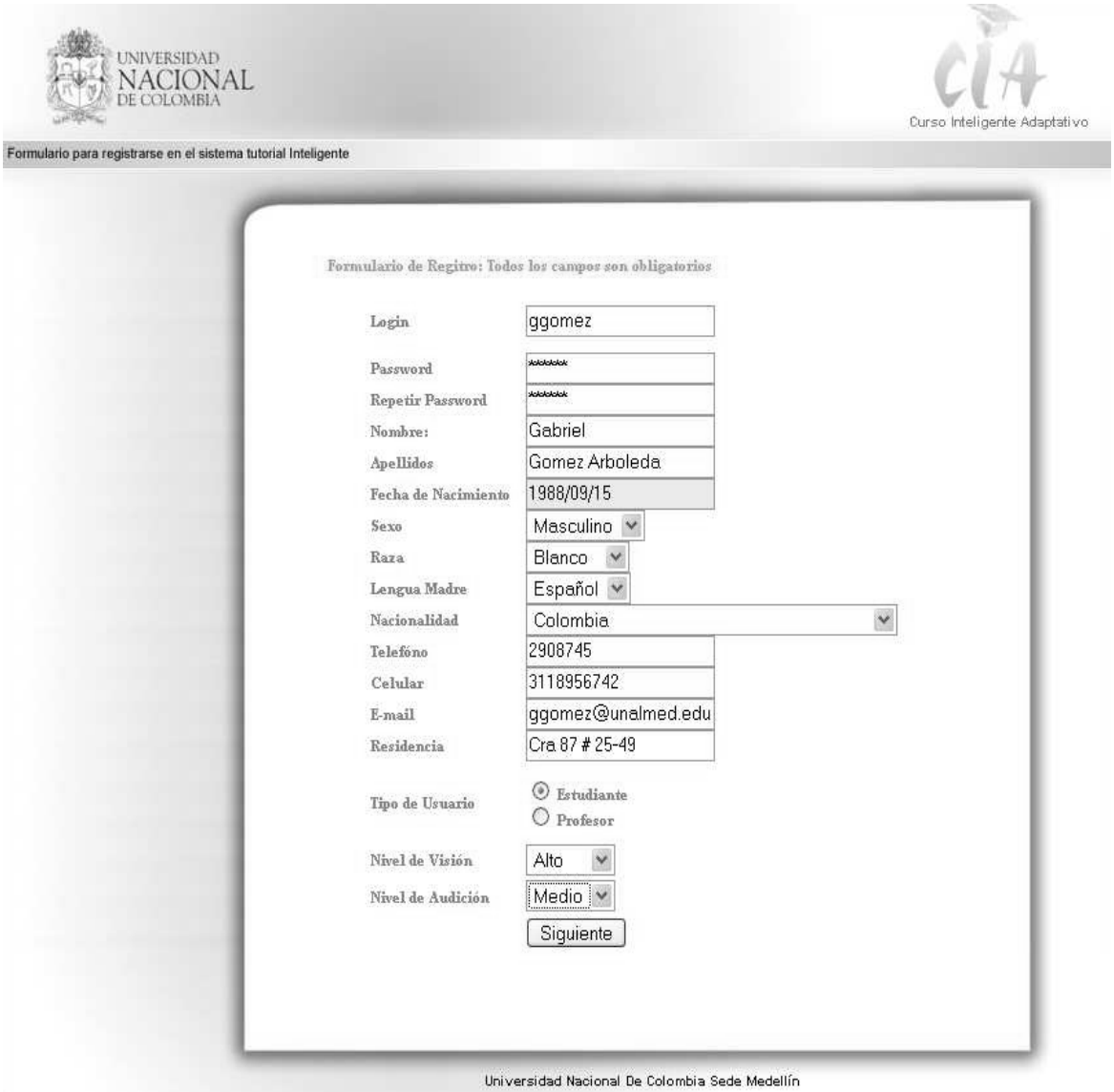


Figura 6-2. Formulario de datos personales.

Cuando el estudiante envía el formulario con sus datos personales, se instancia un agente de software “estudiante”, el cual se encarga de registrar la información personal que se le envió y solicita al agente interfaz que envíe al estudiante un formulario con las preguntas del test Felder (ver figura 6-3).

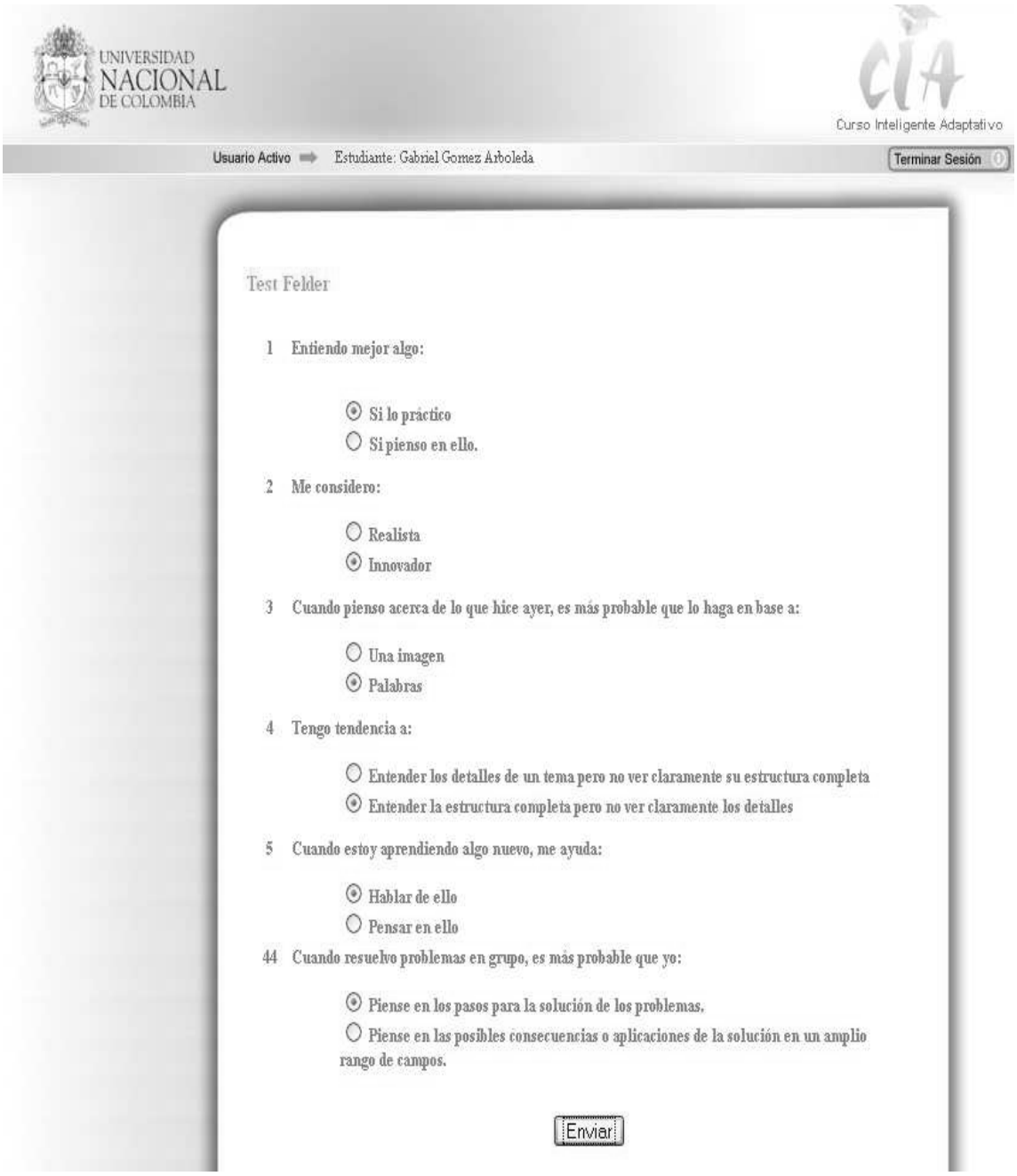


Figura 6-3. Formulario con las preguntas del test Felder.

Cuando el estudiante termina de responder las preguntas del test Felder, envía dicha información al agente evaluador quien se encarga de: identificar los estilos de aprendizaje, actualizar el módulo del estudiante y solicita al agente interfaz que envíe un formulario con las preguntas del test RCMT (test Revelador del Cociente Mental Triádico) (ver figura 6-4).

Figura 6-4. Formulario con las preguntas del test RCMT.

Cuando el estudiante termina de responder las preguntas del test RCMT, envía dicha información al agente evaluador quien se encarga de: identificar el hemisferio cerebral más utilizado, actualizar el módulo del estudiante y solicita al agente interfaz que despliegue la interfaz principal del sistema correspondiente a los usuarios tipo “Estudiante” (ver figura 6-5).

Cabe resaltar que según la estrategia de contenidos propuesta (ver sección 4.3), en la actualización del módulo del estudiante no sólo se realiza el registro del hemisferio cerebral más utilizado, sino que también se realizan las siguientes operaciones:

- Se crea una lista con el “top de recursos” y con el “top de formatos”.

- Se construye una tabla que represente todas las posibles combinaciones entre las tablas “top de recursos” y “top de formatos”.

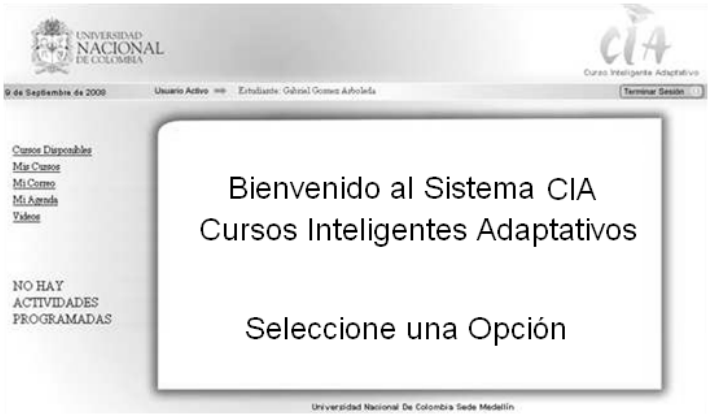


Figura 6-5. Interfaz principal del sistema correspondiente a los usuarios tipo "estudiante".

6.2 Inscripción de profesores en el sistema

Si un profesor selecciona la opción de crear cuenta, se envía una petición de inscripción al agente interfaz y este emite un formulario de datos personales similar al generado para los estudiantes (ver figura 6-2).

Cuando el profesor envía el formulario con sus datos personales, se instancia un agente de software que se encarga de registrar la información personal y solicita al agente interfaz que despliegue la interfaz principal del sistema correspondiente a este tipo de usuarios (ver figura 6-6).

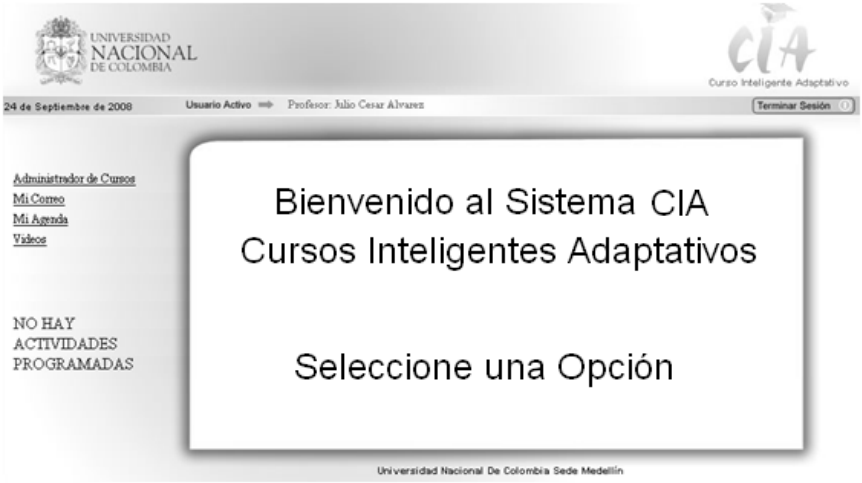


Figura 6-6. Interfaz principal del sistema correspondiente a los usuarios "profesor".

6.3 Solicitud de planes instruccionales y selección de contenidos

En la interfaz correspondiente a los usuarios tipo “Estudiante”, se habilita la opción “Cursos Disponibles” donde el estudiante puede seleccionar uno o varios cursos en los que desee participar (ver figura 6-7).

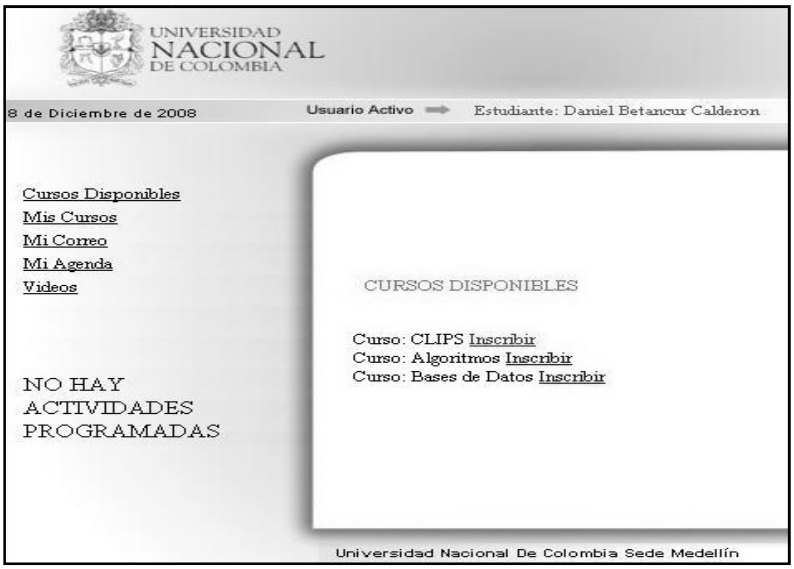


Figura 6-7. Opción cursos disponibles.

En el momento que el estudiante se inscribe en uno de los cursos que se encuentran disponibles en el sistema, se envía la petición de planificación al agente interfaz, quien se comunica con el agente planificador el cual se encarga de generar un estado inicial y un estado final para dicho estudiante.

El estado inicial se encuentra conformado por los objetivos instruccionales del curso y los datos que indican si el objetivo:

- ha sido aprobado
- se encuentra habilitado
- si ha sido estudiado en ocasiones anteriores.

Por cada estudiante inscrito en un curso se debe generar una tabla que represente dicho estado inicial (ver figura 6-8).

idEstudiante	idCurso	idUBA	idTema	idObjetivoInstruccional	aprobado	habilitado	estudiado
d	1	1	1	1	0	1	0
d	1	1	1	2	0	1	0
d	1	1	1	3	0	1	0
d	1	2	1	1	0	0	0
d	1	2	1	2	0	0	0
d	1	2	1	3	0	0	0
d	1	2	1	4	0	0	0
d	1	2	1	5	0	0	0
d	1	2	2	1	0	0	0
d	1	2	2	2	0	0	0
d	1	2	2	3	0	0	0
d	1	2	2	4	0	0	0
d	1	2	2	5	0	0	0
d	1	3	1	1	0	0	0
d	1	3	1	2	0	0	0
d	1	3	1	3	0	0	0

Figura 6-8. Estado inicial de cada estudiante.

El estado final es representado por una tabla similar a la exhibida en la figura 6-8, pero la diferencia radica en que en la columna de aprobado y habilitado deben existir solo unos y ningún cero, lo cual quiere decir que el estudiante ya ha alcanzado todos los objetivos instruccionales requeridos para dicho curso.

Siempre que un estudiante desee revisar el curso, también se realiza una petición de planificación al agente interfaz, el cual solicita planificación al agente “planificador” quien se encarga de verificar si el estado inicial del estudiante es igual al estado final, en caso de ser diferente se debe verificar cuales objetivos instruccionales pueden ser presentados al estudiante (según el campo habilitado), agruparlos por tema y presentarle el tema o los temas disponibles y las actividades planificadas para el tema o los temas seleccionados (ver figura 6-9 y 6-10). Adicionalmente el agente planificador se encarga de solicitar al agente evaluador una evaluación adaptada a las características del estudiante (Jiménez, 2006) y según el plan generado.

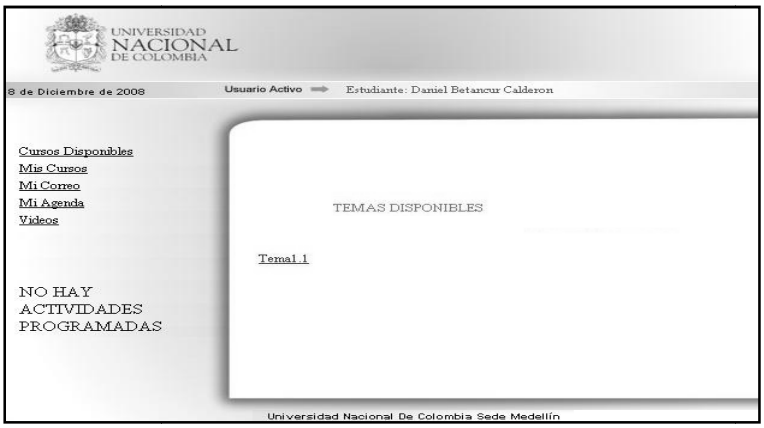


Figura 6-9. Temas disponibles según la planificación.

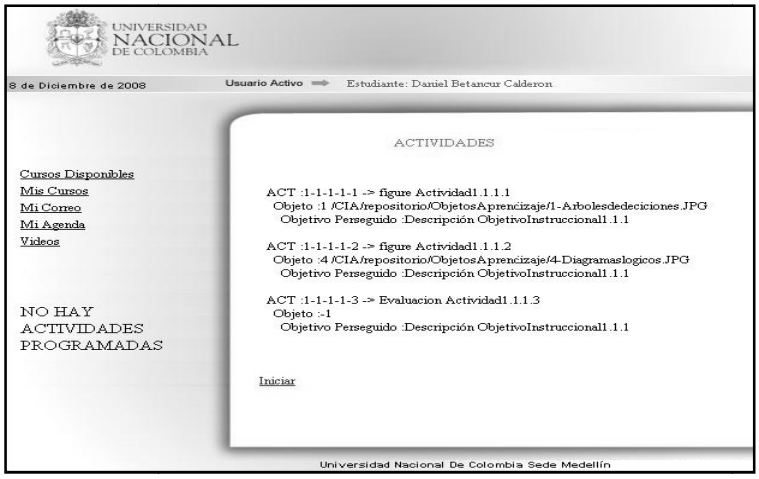


Figura 6-10. Actividades planificadas.

A medida que el estudiante ejecuta las actividades generadas en el plan instruccional, se debe revisar qué contenido educativo cumple con las características más relevantes según la tabla que representa todas las posibles combinaciones entre las tablas “top de recursos” y “top de formatos” y posteriormente se debe desplegar dicho contenido (ver figura 6-11). La selección de contenidos se realiza a través de un Sistema de Inferencia Difuso cuya descripción aparece en la sección 4.3. Dicho Sistema se encuentra implementado en el agente planificador y se activa cada vez que un estudiante se inscribe en un curso.

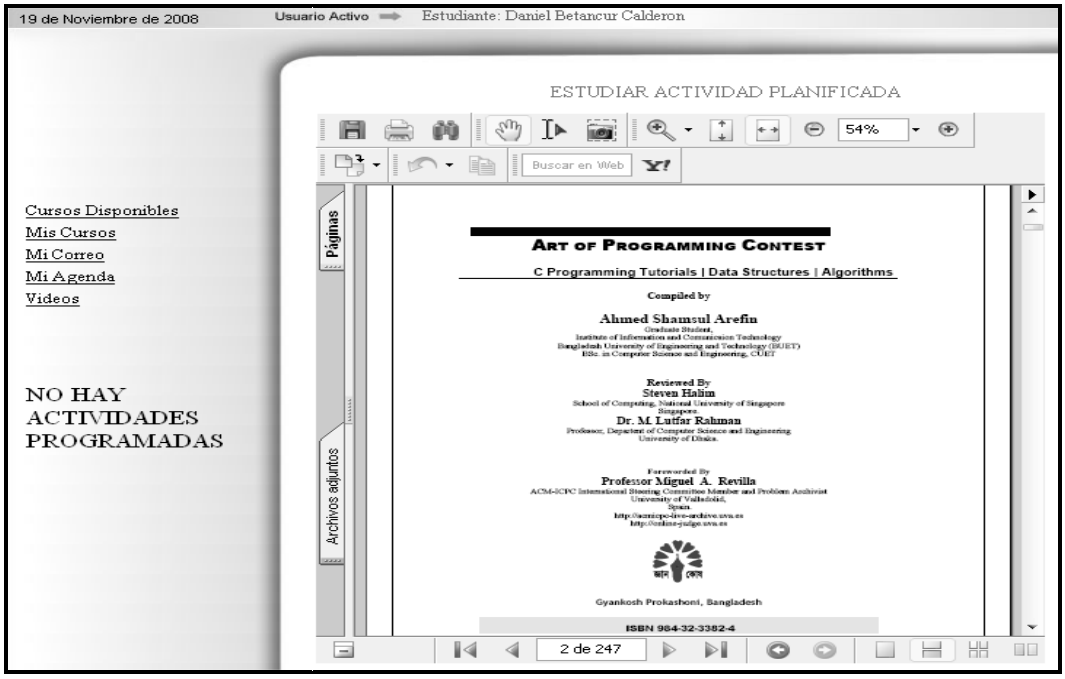
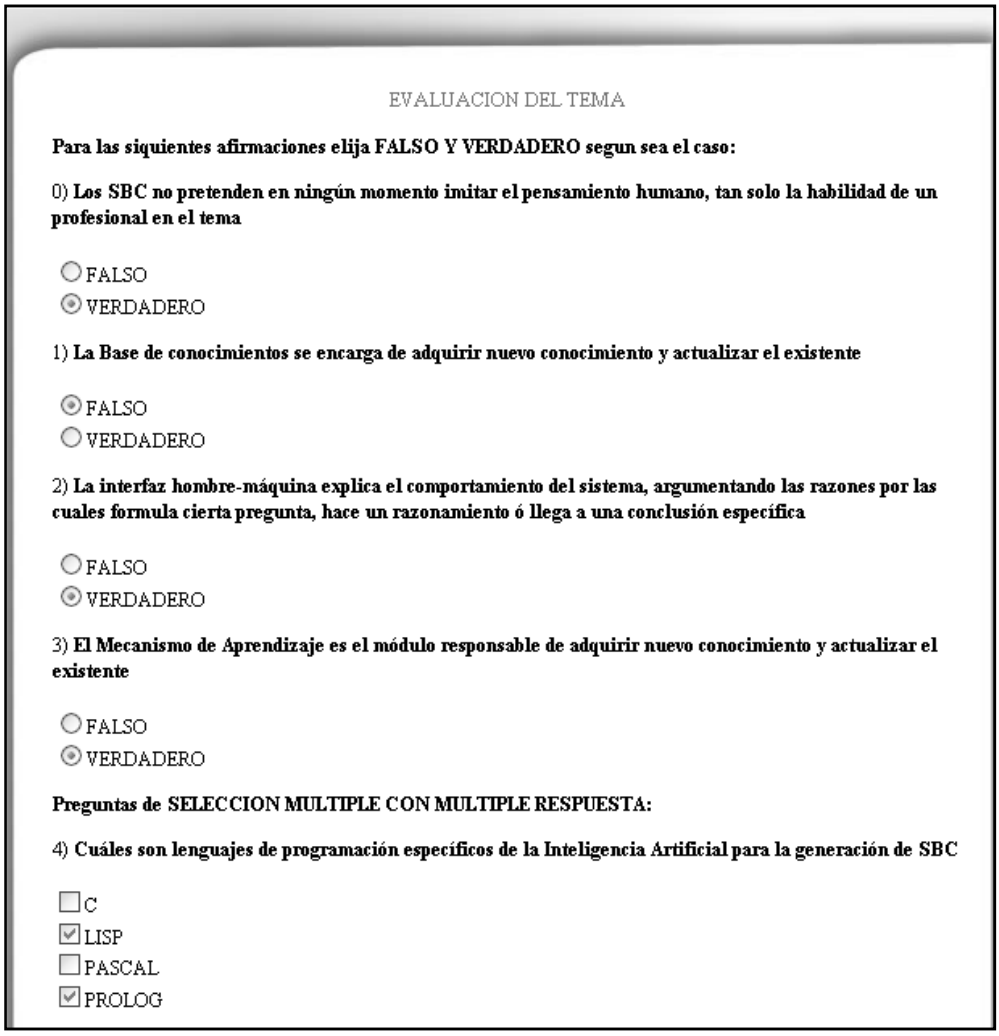


Figura 6-11. Contenido educativo seleccionado.

Cuando el estudiante realiza todas las actividades que fueron planificadas, se lleva a cabo una evaluación del nivel de conocimientos, para verificar qué conceptos ha comprendido el alumno y qué conceptos debe reforzar (ver figura 6-12).



EVALUACION DEL TEMA

Para las siquientes afirmaciones elija FALSO Y VERDADERO segun sea el caso:

0) **Los SBC no pretenden en ningún momento imitar el pensamiento humano, tan solo la habilidad de un profesional en el tema**

○ FALSO
◉ VERDADERO

1) **La Base de conocimientos se encarga de adquirir nuevo conocimiento y actualizar el existente**

◉ FALSO
○ VERDADERO

2) **La interfaz hombre-máquina explica el comportamiento del sistema, argumentando las razones por las cuales formula cierta pregunta, hace un razonamiento ó llega a una conclusión específica**

○ FALSO
◉ VERDADERO

3) **El Mecanismo de Aprendizaje es el módulo responsable de adquirir nuevo conocimiento y actualizar el existente**

○ FALSO
◉ VERDADERO

Preguntas de SELECCION MULTIPLE CON MULTIPLE RESPUESTA:

4) **Cuáles son lenguajes de programación específicos de la Inteligencia Artificial para la generación de SBC**

☐ C
☑ LISP
☐ PASCAL
☑ PROLOG

Figura 6-12. Evaluación adaptada al plan instruccional.

Cuando el estudiante finaliza la evaluación, se modifica el estado inicial, colocando un uno en el campo “aprobado” de cada OI que se alcanzó (los cuales fueron evaluados y aprobados) y habilitando los OIs que tengan como prerrequitos OIs que se han aprobado. Los estudiantes pueden ver gráficamente el avance en un curso específico, tal como se muestra en la figura 6-13.

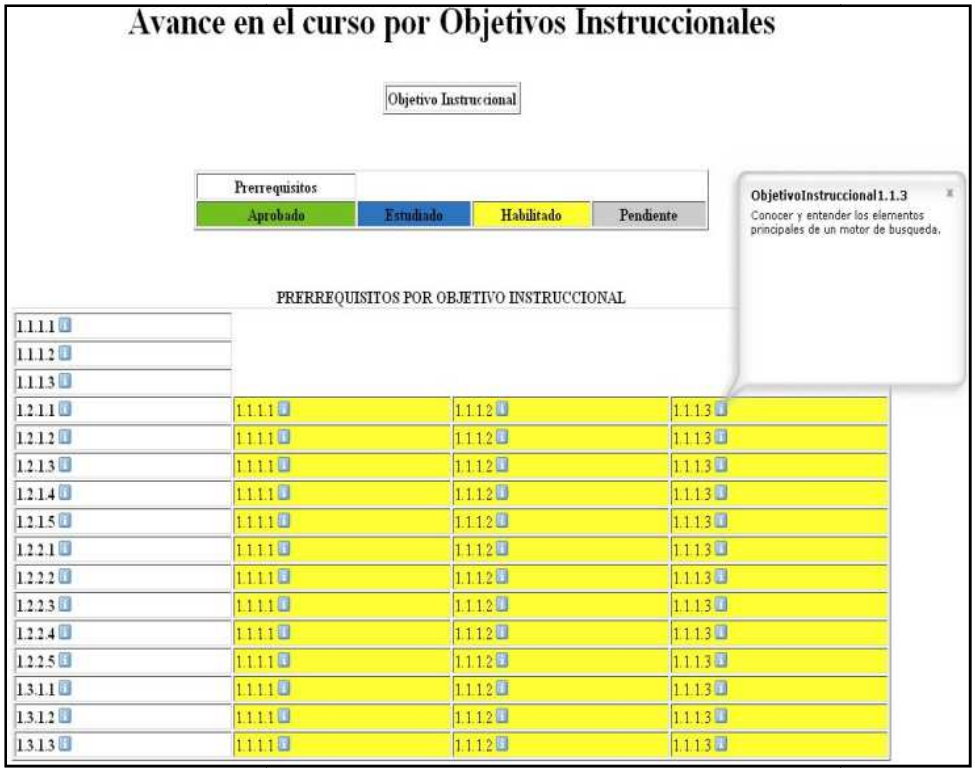


Figura 6-13. Avance de un estudiante en un curso.

De esta manera a medida que los estudiantes realizan actividades y evaluaciones se modifica el estado inicial (asemejándose cada vez más al estado final) tal como se presenta en la figura 6-14, y se eliminan restricciones que permiten habilitar nuevas actividades, las cuales deben ser replanificadas (ver figura 6-15).

idEstudiante	idCurso	idUBA	idTema	idObjetivoInstruccional	aprobado	habilitado	estudiado
d	1	1	1	1	1	1	1
d	1	1	1	2	1	1	1
d	1	1	1	3	1	1	1
d	1	2	1	1	0	1	0
d	1	2	1	2	0	1	0
d	1	2	1	3	0	1	0
d	1	2	1	4	0	1	0
d	1	2	1	5	0	1	0
d	1	2	2	1	0	1	0
d	1	2	2	2	0	1	0
d	1	2	2	3	0	1	0
d	1	2	2	4	0	1	0
d	1	2	2	5	0	1	0
d	1	3	1	1	0	1	0
d	1	3	1	2	0	1	0
d	1	3	1	3	0	1	0

Figura 6-14. Estado final.

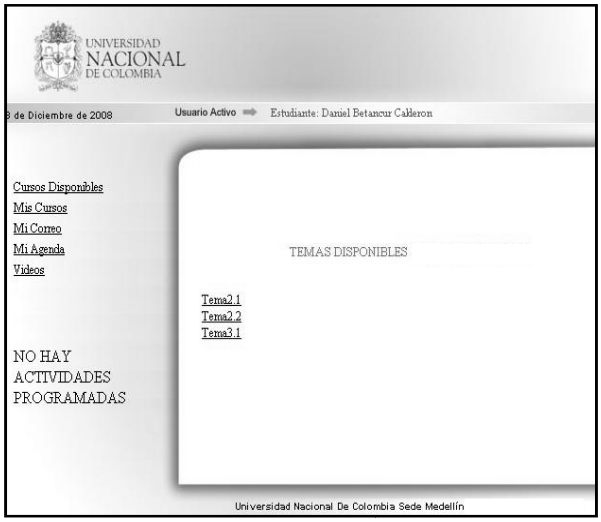


Figura 6-15. Replanificación de temas

En la figura 6-16 se presenta por medio de un diagrama de secuencias que es generado por el agente Sniffer de JADE, las peticiones que realizan el agente interfaz (representado como Other), el agente Planificador y el agente Evaluador, en el proceso de planificación y sección de contenidos.

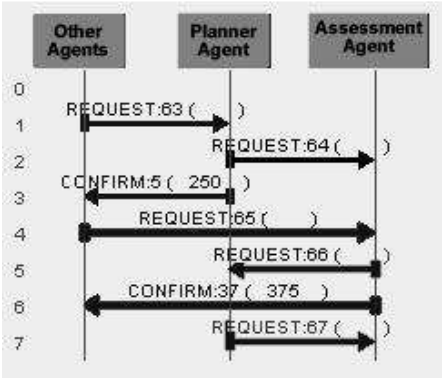


Figura 6-16. Diagrama de secuencias de los mensajes enviados por los agentes.

Las peticiones realizadas y que se pueden observar en este diagrama de secuencias en la figura 6-16 se dan de la siguiente manera:

- Un estudiante, por medio del agente interfaz, envía una petición de planificación (REQUEST: 63).

- El agente planificador recibe la petición enviada por el agente interfaz e inmediatamente solicita al agente evaluador la planificación de la evaluación (REQUEST: 64) y envía una respuesta al agente interfaz acerca de su solicitud de planificación (CONFIRM: 5).

- Cuando el estudiante termina de estudiar todas las actividades se le presenta la evaluación que fue elaborada por el agente evaluador para que realice la prueba, Luego el estudiante, por medio del agente interfaz, envía al agente evaluador una solicitud de calificación (REQUEST: 65).

- Cuando el agente evaluador califica la prueba verifica si existen OIs no aprobados, de ser así, este agente envía al agente planificador una petición (REQUEST: 66) para que replanifique nuevas actividades y por medio del agente interfaz envía el resultado de la evaluación (CONFIRM: 37).

- Finalmente el planificador solicita al agente evaluador que replanifique la evaluación para las nuevas actividades.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La influencia de las tecnologías de la información y de las comunicaciones (TICs) ha llevado a crear nuevos paradigmas de educación que originan lo que hoy conocemos como sistemas de enseñanza-aprendizaje asistidos por computador. Dentro de este campo los cursos virtuales adaptativos (CVA) son catalogados como herramientas muy efectivas para facilitar a los alumnos y a los profesores los procesos de enseñanza-aprendizaje, debido a que por medio de ellos se facilita a los estudiantes contenidos y recorridos sobre arboles de conocimiento adaptados a sus características, necesidades de formación y a los contenidos educativos que se desean alcanzar.

Para llevar a cabo planificación instruccional de forma automática y adaptada, se desarrolló un modelo de Curso Virtual Inteligente Adaptativo y una estrategia de planificación que tiene en cuenta el nivel de conocimientos de los estudiantes, la teoría de planificación propuesta en el área de inteligencia artificial y una estructura de cursos especifica. Esta estrategia busca superar las debilidades identificadas en la revisión del estado del arte para la generación de planes de actividades en los proceso de enseñanza-aprendizaje en Cursos Virtuales.

Adicionalmente y para llevar a cabo selección de contenidos educativos de forma automática y adaptada, se desarrolló una estrategia que tiene en cuenta características de los estudiantes, los metadatos de los objetos de aprendizaje y la estructura de los cursos virtuales. Con este estrategia se busca igualmente superar las debilidades identificadas en la revisión del estado del arte.

Uno de los aportes de valor agregado en esta tesis consiste en la integración de un modelo de inferencia difuso en la estrategia para la selección de contenidos educativos. Dicho modelo de inferencia difusa se basa en los estilos de aprendizaje de los estudiantes y el comportamiento de las personas a partir de la identificación de los hemisferios cerebrales. Para la determinación de los estilos de aprendizaje, se adopto el Modelo FSLSM (Felder and Silverman Learning Style Model) y para la identificación del comportamiento de los alumnos se utilizó el Modelo RCMT (Revelador del Cociente Mental Tríadico).

Puesto que los cursos virtuales adaptativos son herramientas muy modulares, que presentan objetivos muy específicos y que requieren de una constante comunicación e interacción entre sus módulos, la implementación de una solución a través de un modelo multi-agente generó buenos resultados.

Así pues, se propuso en este trabajo de tesis de maestría un modelo multi-agente en un entorno Web, que permite a los estudiantes y profesores realizar los procesos de enseñanza-aprendizaje de forma personalizada y activa, con lo cual se busca superar las debilidades identificadas en la revisión del estado del arte para la adaptación del proceso de enseñanza-aprendizaje en cursos virtuales.

La validación de este modelo se realizó a través de la construcción de un prototipo computacional, llamado CIA (Cursos Inteligentes Adaptativos). Este prototipo planifica inicialmente el aprendizaje de un estudiante específico para un curso virtual en el área de IA, adapta las evaluaciones y replanifica dinámicamente las actividades según los logros alcanzados o perdidos por un estudiante.

Como trabajo futuro se pretende ampliar el modelo multi-agente propuesto con un modulo de recuperación de contenidos basado en agentes, el cual de forma automática obtenga recursos que puedan ser adicionados a un curso virtual específico bajo la supervisión del profesor.

También se pretende desarrollar un Repositorio de Objetos de Aprendizaje (ROA) que pueda ser utilizado por el sistema CIA e integrar el modulo de evaluación adaptativo el cual fue objeto de otra tesis de Maestria (Jiménez, 2009).

Finalmente se tiene previsto integrar al sistema ambientes colaborativos de aprendizaje con el fin de fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de estrategias de trabajo grupal apoyadas por computador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Advanced Distributed Learning (ADL), Sharable Content Object Reference Model (SCORM®) 2004 3rd Edition Overview, 2006.

Arias F.; Jiménez, J. & Ovalle D. (2009 a) Guía Metodológica para la Construcción de Cursos Virtuales Personalizados y Colaborativos con Enfoque Multi-Agente. Revista Educación en Ingeniería. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. ISSN 1900-8260, Junio 7.

Arias F.; Moreno, J. & Ovalle D. (2009 b) Modelo para la Selección de Objetos de Aprendizaje Adaptados a los Estilos de los Estudiantes. Revista Avances en Sistemas e Informática, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. ISSN 1657-7663 Volumen 6, Número 1, pp. 57-67.

Arias F.; Moreno, J. & Ovalle D. (2009 c) Integration Model of E-Learning based on Pedagogical Software Agents and Collaborative Learning Environments. 9th IFIP World Conference on Computers in Education (WCCE 2009). Organised by UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina) & IDESTI (Instituto de Capacitação, Pesquisa e Desenvolvimento Institucional em Gestão Social de Tecnologia de Informação). Julio 27 – 31.

Arias F.; Jiménez, M. & Ovalle D. (2008) Modelo Multi-Agente basado en la Web para Planificación Instruccional y Evaluación Adaptativa en Cursos Virtuales. IX Congreso Iberoamericano de Informática Educativa, Caracas, Venezuela.

Arteaga, C. & Fabregat, R. (2002) “Integración del aprendizaje individual y del colaborativo en un sistema hipermedia adaptativo”. Congreso Iberoaméricano Informática Educativa, Vigo, España.

Apache Tomcat (2009). [Consultado el 20 de Diciembre de 2009]. Disponible en: http://tomcat.apache.org/

Bellifemine F., Rimessa G., Trucco T. & Caire G. JADE PROGRAMMER’S GUIDE. 2 de marzo de 2005.

Bocca, E., Jaques, P., Vicari, R. (2003) “Modelagem e Implementação da Interface para Apresentação de Comportamentos Animados e Emotivos de um Agente Pedagógico Animado. En: Renote – Revista Novas Tecnologias na Educação, Vol. 1, No. 2.

Bojadziev, G., Bojadziev, M. (1997) Fuzzy logic for business, finance, and management. World Scientific Publishing Co.

Brusilovsky, P., Karagiannidis, C., Sampson, D. (2004) “Layered evaluation of adaptive learning systems”, Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning, Vol. 14, Nos. 4/5, pp.402–421.

Caire G. JADE TUTORIAL. Jade programming for beginners. 4 de Diciembre de 2003.

Clara Inés Peña, Jose-L Marzo, Josep Lluís de la Rosa, Ramón Fabregat. (2002). Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. Universitat de Girona, España.

Coad, P. & Jill, N. (1993). Object Oriented Programming . New Jersey: Yourdon Press.

Conati C. and Klawe M. (2002). “Socially Intelligent Agents in Educational Games In Socially Intelligent Agents - Creating Relationships with Computers and Robots”. Kluwer Academic Publishers.

DCMI Usage Board. (2008) DCMI Metadata Terms. [Consultado el 26 de Agosto de 2009]. Disponible en: http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/.

De Gregori, G. (1999) “Construcción del poder de tus cerebros”. Editorial Pancast, Brasil.

Downes, S. (2004). The Learning Marketplace. Meaning, Metadata and Content Syndication in the Learning Object Economy. Moncton, New Brunswick. [Consultado el 26 de Agosto de 2009] Disponible en: http://www.downes.ca/files/book3.htm.

Dublin Core Metadata Initiative (2006). [Consultado el 24 de Noviembre de 2008]. Disponible en: http://dublincore.org/documents/.

Duque, N. (2005) Modulo de cursos virtuales adaptativos en un ambiente de planificación inteligente. Tesis de Maestría en Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Felder, R. & Silverman, B. (1994) “Index Learning Styles”, North Carolina State University.

Felder, R., Spurlin, J. (2005) “Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles”, Int. J. Engng Ed. Vol. 21, No. 1, pp. 103-112, 2005.

Gardner H. (1994) Estructuras de la Mente. Editorial Fondo Cultural. ISBN: 968-16-4205-8.

González C. (2004). Sistemas Inteligentes en la Educación: Una Revisión de las Líneas de Investigación y Aplicaciones Actuales. RELIEVE: v. 10, n. 1, p. 3-22.

IEEE (2002). Estándar para metadatos de objetos educativos (en línea). [Consultado el 25 de Noviembre de 2008]. Disponible en: http://www.gist.uvigo.es/~lanido/LOMes/LOMv1_0_Spanish.pdf.

Iglesias, C. (1998) Definición de una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Multi-Agentes. Universidad Politécnica de Madrid. Tesis Doctoral.

IMS Global Learning Consortium. (2003). IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide. [Consultado el 26 de Agosto de 2009] Disponible en: http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsld_bestv1p0.html.

Jacobson Ivar, Booch Grady, Rumbaugh James. (2000) “El proceso unificado de desarrollo de Software”. Editorial Addison Wesley.

Jimenez Sánchez M. (2009) Modelo de Evaluación Adaptativa del Nivel de Conocimientos del Estudiante para Sistemas Tutoriales Inteligentes: Tesis de Maestria en Ingenieria de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Jiménez Builes, J. (2006) “Un Modelo de Planificación Instruccional usando Razonamiento Basado en Casos en Sistemas Multi-Agente para entornos integrados

de Sistemas Tutoriales Inteligentes y Ambientes Colaborativos de Aprendizaje", Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia.

Lonchamp, J A. (2006) "Platform for CSCL Practice and Dissemination". Advanced Learning Technologies, Sixth International Conference on 05-07 July. pp. 66 – 70. Francia.

López, C. (2005) Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning, Tesina doctoral, Universidad de Salamanca. (Director Francisco José García Peñalvo).

Mohan, P., & Brooks, C. (2003). Learning objects on the semantic web. Proceedings of ICALT (pp. 195-199). Athens, Greece.

Mora G., Gómez S., Martínez C., Martínez G. (2004) "COLAB: Una plataforma para la simulación en entornos colaborativos en laboratorios virtuales". En: Inteligencia Artificial: Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, ISSN 1137-3601, Nº. 24, pp. 45-53.

Morales, E.,Gil, A.B., García F.J. (2007) "Arquitectura para la recuperación de Objetos de Aprendizaje de Calidad en Repositorios Distribuidos ". En las actas del SHCA 2007, 11 de Septiembre de 2007, Zaragoza. Actas de Talleres JISBD Vol. 1 - Nº 1 pp. 31-38, ISSN:1988-3455.

MySQL (2009). [Consultado el 20 de Diciembre de 2009] Disponible en: http://www.mysql.com/

O'Brien, P. D. Nicol, R. C. (1998) FIPA – Towards a standard software agents.

Ovalle, D., Arias F., Jiménez M., Jiménez J., Betancur D., Hoyos P. (2007) Informe Etapa de Implementación. Proyecto de investigación de la Vicerrectoría de Investigación y DIME titulado: "Modelo de Sistema Multi-Agente de Cursos Adaptativos Integrados con Ambientes Colaborativos de Aprendizaje.", de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín.

Peña C., Marzo J., Rosa J & Fabregat R. (2002) Un sistema de tutoría inteligente adaptativo considerando estilos de aprendizaje. Universitat de Girona, España.

Pérez X. (2005) Análisis sistemático de las interacciones en el curso virtual (de apoyo a la docencia) de cálculo II (matemáticas) y adaptación de la propuesta CERT para evaluación en línea basada en niveles de confianza. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Matemáticas. Bogotá D.C.

Powell A, Nilsson M, Naeve A, Johnston P & Baker T. (2007) DCMI Abstract Model. [Consultado el 26 de Agosto de 2009] Disponible en: http://dublincore.org/documents/abstract-model/.

Rehak, D. & Mason, R. (2003). Keeping the Learning in Learning Objects. En A. Littlejohn (Ed), Reusing Online Resources: A Sustainable Approach to E-learning (pp 20-34). London: Sterling, VA Taylor & Francis.

Salcedo, P., Labraña, C., Farrán, Y. (2002) Una Plataforma Inteligente de Educación a Distancia que incorpora la Adaptabilidad de Estrategias de Enseñanza al Perfil, Estilos de Aprendizaje y Conocimiento de los Alumnos. infoUYclei, Congreso Uruguayo de Informática y Centro Latinoamericano de Estudios en Informática.

Silveira, R. (2001) "Modelagem Orientada a Agentes Aplicada a Ambientes Inteligentes Distribuidos de Ensino: JADE Java Agent Framework for Distance Learning Environments". Tesis Doctoral, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil.
Soh, L., Khandaker, N. & Jiang, H. (2008) "I-MINDS: A Multiagent System for Intelligent Computer- Supported Collaborative Learning and Classroom Management". 18, pp. 119-151.

Stahl, G. (2002) "Groupware Goes to School. Design, implementation, and use"; 8th international workshop, CRIWG 2002, La Serena, Chile, September 1-4.

Vélez, J.; Fabregat, R. (2007) "Arquitectura para la Integración de las Dimensiones de Adaptación en un Sistema Hipermedia Adaptativo". Programa de doctorado Tecnologías de la Información, Departament de Electrònica, Informàtica i Automàtica Universitat de Girona.

Viccari, R., Ovalle, D., Jiménez, J. (2005) "ALLEGRO: Ambiente Multi-Agente de Apoyo a la Enseñanza-aprendizaje utilizando Planificación Instruccional y

Razonamiento Basado en Casos (CBR)". CLEI 2005 (Conferencia Latinoamericana de Informática), Cali, Colombia.

Vicari, R.; Ovalle, D.; Jiménez, J. (2005a) ALLEGRO: Ambiente Multi-Agente de Apoyo a la Enseñanza/Aprendizaje utilizando Planificación Instruccional y Razonamiento Basado en Casos (CBR). En: Proceedings of XIII Congreso Iberoamericano de Educación Superior en Computación. 31th Latin-American Conference on Informatics – CLEI.

Webber, C. (2003) "Modélisation Informatique de L'Apprenant: Une Approche bassé sur le Modèle CKC (Conception, Knowledge, Concepts) et la Théorie de l'Emergence". Tesis de Doctorado, Université Joseph Fourier. Francia.

Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. En D.A. Wiley (Ed.) The Instructional Use of Learning Objects.

Winne, P.; Hadwin, A. & Gress, C. (2007) "The learning kit project: Software tools for supporting and researching regulation of collaborative learning". Computers in Human Behavior, In Press, Corrected Proof.

Wooldridge, M., Jennings N. (1995) "Agent Theories, Architectures and Languages: A Survey". En Intelligent Agents, Vol. 890 de LNAI. pp. 1-39. Springer-Verlag.