



## **FACULTAD 3**

Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas

# **Módulo de servicios web para un Sistema de Enseñanza - Aprendizaje Inteligente y Adaptativo**

**Autor:** Ariam Jorge Pedrosa González.

**Tutores:** MSc. Naryana Linares Pons, Asistente.  
Dr.C. Edistio Yoel Verdecia Martínez, PT.

*La Habana, julio 2014*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

Declaro que soy el único autor del trabajo titulado:

*“MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO”.*

Y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente en el mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Ariam Jorge Pedrosa González.

\_\_\_\_\_  
MSc. Naryana Linares Pons.

\_\_\_\_\_  
Dr.C. Edistio Yoel Verdecia Martínez.

*A mi aferrada convicción de alcanzar cada una de mis metas.*

*A mi familia, sin importar la sangre.*

*A mis amigos.*

Desde su aparición y con el propósito de elevar continuamente la calidad de la educación en todos los niveles, las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) se han integrado a esta área en la búsqueda de alternativas para realizar los tradicionales procesos académicos. Las TIC han suscitado la introducción de nuevos paradigmas computacionales y sistemas de enseñanza dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) convirtiéndolo en un proceso más amplio, personalizado y flexible. Una de las áreas del conocimiento que se refuerza con el desarrollo de las TIC es la Inteligencia Artificial (IA), que implementa un grupo de técnicas para refinar los análisis que realizaban los sistemas tradicionales de enseñanza, facilitando el surgimiento de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos (SEAI-A). Los SEAI-A se han popularizado rápidamente por la afección de muchos investigadores en lograr que un ordenador consiga adaptar la enseñanza a cada estudiante similar a como lo realiza un profesor. La Universidad de las Ciencias Informáticas no escapa de esta tendencia, ejemplo de ello es que en la Universidad se dan los primeros pasos para la introducción de SEAI-A en el PEA para lograr mitigar las dificultades que presentan los actuales sistemas en cuanto a personalización de la enseñanza. La presente investigación propone un módulo que encapsula las funcionalidades básicas de un SEAI-A y ofrece sus respuestas a través de Servicios Web. Este Módulo de servicios web realiza el análisis de los datos aplicando, entre otras reglas, la técnica Razonamiento Basado en Casos.

**Palabras claves:** Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos, Inteligencia Artificial, Servicios Web, Razonamiento Basado en Casos.

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. ....</b>	<b>8</b>
<b>1. Las TIC y la Inteligencia Artificial como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje .....</b>	<b>8</b>
1.1. TIC en su relación con la Educación .....	8
1.2. ¿Por qué la Inteligencia Artificial en la educación? .....	11
1.3. Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizados en la educación .....	12
1.3.1. Sistemas Tutores Inteligentes .....	12
1.3.2. Sistemas Hipermedias Adaptativos .....	17
1.3.3. Sistemas Tutores Inteligentes y Adaptativos .....	19
1.4. Algunas tendencias en el desarrollo de la computación .....	21
1.4.1. Computación en la Nube.....	21
1.4.2. Analíticas de Aprendizaje .....	24
1.4.3. Entornos de Aprendizaje Adaptativos.....	26
<b>2. Técnicas de la inteligencia Artificial utilizadas en la implementación de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes.....</b>	<b>28</b>
1.4. Redes Neuronales Artificiales .....	28
1.5. Razonamiento Basado en Probabilidades .....	30
1.6. Razonamiento Basado en Reglas.....	31
1.7. Razonamiento Basado en Casos.....	33
<b>2. Diagnóstico sobre la utilización de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes en el PEA de la UCI. ....</b>	<b>36</b>
<b>3. Metodología y herramientas utilizadas en la solución .....</b>	<b>38</b>
3.1. Metodología de desarrollo.....	38
3.2. Lenguaje de Programación .....	40
3.3. Entorno de Desarrollo Integrado .....	41
3.4. Framework de desarrollo .....	42
3.5. Herramientas CASE .....	42
3.6. Sistema Gestor de Base de Datos.....	44
<b>4. Conclusiones del capítulo.....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>1. Descripción del sistema .....</b>	<b>46</b>
1.1. Descripción del marco de trabajo del sistema.....	46
1.2. Descripción de la arquitectura del sistema .....	53
1.3. Descripción de la base de datos del sistema y sus componentes.....	57
<b>2. Descripción del Módulo de servicios web para el Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo .....</b>	<b>60</b>

---

2.1.	Captura de requisitos funcionales y no funcionales.....	61
2.2.	Descripción de las historias de usuarios.....	63
2.3.	Selección de estilos arquitectónicos.....	63
2.4.	Selección de patrones arquitectónicos.....	65
2.5.	Selección de patrones de diseño.....	67
2.5.1.	Patrones GRASP.....	67
2.6.	Descripción de las tarjetas CRC de las clases.....	68
2.7.	Diseño de la base de casos.....	69
2.7.1.	Algoritmo para la selección de la próxima actividad a realizar por el estudiante.....	71
2.	Conclusiones del capítulo.....	73
<b><i>CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....</i></b>		<b>74</b>
1.	Diseño y ejecución de pruebas de software.....	74
2.1.	Pruebas unitarias.....	75
2.2.	Pruebas de aceptación.....	75
3.	Conclusiones del capítulo.....	77
<b><i>CONCLUSIONES FINALES.....</i></b>		<b>79</b>
<b><i>RECOMENDACIONES.....</i></b>		<b>79</b>
<b><i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i></b>		<b>80</b>

## INTRODUCCIÓN

La educación constituye uno de los pilares más importantes de la sociedad. Con el transcurso de los años se ha venido desarrollando y perfeccionando con el objetivo de crear instituciones educativas de excelencia. Las universidades del siglo XXI necesitan ser ante todo competitivas, ambiciosas, vinculadas con sus realidades sociales y económicas, activas y flexibles. Además deben centrarse en primer lugar en el aprendizaje a gran escala y en el aprovechamiento de todos sus recursos humanos y materiales. Asimismo anticiparse a los cambios sociales y económicos, establecer métodos educativos innovadores, trabajar por una máxima gestión de la información y tener como meta introducirse de forma comprometida en la actual y desarrollada sociedad del conocimiento (Laviña Orueta and Mengual Pavón 2010).

En la actualidad resulta difícil hablar de este desarrollo sin mencionar su vínculo con las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) e Internet, la revolución digital es eminente e imparable. Las TIC permiten a gran escala acelerar la realización de los procesos académicos. Al usarlas se favorece la educación a distancia y las interrelaciones online entre tutores y estudiantes, incluso cuando la cantidad de alumnos es numerosa. Además permiten a los centros universitarios disponer de un conjunto de técnicas, equipos, dispositivos y estrategias que apoyan la gestión del conocimiento dentro de las instituciones.

Las TIC han ayudado además al surgimiento de nuevas tendencias y paradigmas dirigidos principalmente al uso de la web. Una de estas tendencias es la enseñanza asistida por computadora, la cual soporta la idea de utilizar sistemas que sean capaces de apoyar los procesos docentes. Un ejemplo de estos sistemas son los llamados tutores inteligentes, que permiten complementar las clases presenciales ayudando y guiando a los estudiantes en la realización de actividades extraclases adaptando el contenido a cada alumno individualmente. Otra de las tendencias que ha tomado fuerza en los últimos años lo constituyen las Analíticas de Aprendizaje. Se definen según George Siemens<sup>1</sup> como la interpretación de un amplio rango de datos producidos y recogidos de los estudiantes para orientar sobre su progresión académica y predecir actuaciones futuras durante el proceso

---

<sup>1</sup> George Siemens es un teórico en la enseñanza en la sociedad digital y estudioso de las Analíticas de Aprendizaje. Es el autor del libro *Conociendo el conocimiento*, una exploración del impacto del contexto cambiante y de las características del conocimiento

de aprendizaje, de ahí su importancia y potencialidad. También es importante mencionar los sistemas adaptativos que en esencia son sistemas tutores inteligentes pero además de adaptar el contenido, son capaces de personalizar también la interfaz y la presentación aplicando en muchos casos técnicas de inteligencia artificial y las propias Analíticas de Aprendizajes (Durall, Gros et al. 2012).

Cuba a pesar de las grandes limitaciones económicas que posee conserva una fuerte voluntad política ante la idea de elevar el nivel y la calidad de la educación superior. Una muestra de ello es la creación de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en septiembre del 2002. La UCI tiene como misión formar profesionales comprometidos con su Patria y altamente calificados en la rama de la Informática. Producir aplicaciones y servicios informáticos, a partir de la vinculación estudio-trabajo como modelo de formación y servir de soporte a la industria cubana de la informática (UCI 2012).

Uno de los elementos que ha distinguido a la UCI desde sus inicios es la utilización intensiva de las TIC en su proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA), para ejemplificar basta con mencionar la utilización de tele conferencias, tele clases, cursos online etc. Lo anterior se sustenta además en que la universidad cuenta actualmente con una infraestructura tecnológica de apoyo a sus principales procesos. Posee además una red de área local mediante la cual se puede acceder a los principales sistemas que han sido implementados y que soportan su informatización. El autor coincide con el planteamiento de (Linares Pons, Verdecia Martínez et al. 2014) cuando refieren que el sistema integrado de la universidad tiene módulos que incluyen los procesos de ingreso, pregrado, investigación, producción, extensión, residencia y biblioteca entre otros. Es importante hacer notar que existe un Sistema para la Gestión Académica (SGA) utilizado para gestionar toda la información docente y extensionista de la universidad y un Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) soportado en la plataforma Moodle, donde los profesores pueden implementar estrategias para el PEA complementarias a las clases presenciales, así como diseñar cursos semipresenciales o totalmente a distancia, disponiendo los estudiantes de un medio en el cual pueden obtener, utilizar y compartir materiales didácticos.

Sin embargo el EVA tiene sus limitantes. Según (Roa, Gramajo et al. 2005) el principal inconveniente de la plataforma sobre la que está soportado es que prescinde de algunas herramientas pedagógicas muy utilizadas en la comprensión de contenidos, como por ejemplo: crucigramas y juegos de roles. Además el EVA muestra los mismos contenidos a todos los alumnos, es decir, no es capaz de personalizar el proceso de aprendizaje de



cada estudiante, mostrándole sólo las lecciones, actividades, etc., que más se adecuen a su perfil, desempeño y estilo de aprendizaje. Lo anterior está determinado porque el Moodle está orientado a los cursos y no a los estudiantes, por tanto desde el punto de vista de diseño instruccional todos los estudiantes deben seguir la misma ruta de aprendizaje sin importar los conocimientos que hayan adquirido ni los objetivos vencidos, ello entra en contradicción con las tendencias actuales de la relación entre las TIC y la educación.

Los análisis realizados hasta el momento hacen pensar que estos sistemas además de no aplicar mecanismos para adaptarse a las necesidades de cada alumno, como es el caso del EVA, tampoco se comunican entre sí, dando lugar a la dispersión, duplicación y pérdida de relevancia en la información obtenida de los estudiantes durante la enseñanza-aprendizaje. A juicio anticipado del autor se debería analizar la posibilidad de utilizar una nube computacional para acceder a estos sistemas mediante el uso de servicios web. Además las Analíticas de Aprendizaje, dentro de sistemas adaptativos para tratar de mitigar los problemas que presentan actualmente los sistemas de apoyo al PEA en la universidad favorecerían el aprovechamiento de la información que el estudiante genera en el PEA.

Por tanto, a pesar de las características y posibilidades tecnológicas con que cuenta la UCI, en relación con el aprovechamiento de las TIC en el PEA continúan siendo dificultades las que a continuación se listan:

1. La baja personalización del proceso de enseñanza a partir del estado real del estudiante, para que este pueda ir a su propio ritmo, contando con niveles de ayuda que favorezcan el cumplimiento de los objetivos.
2. La poca interoperabilidad entre los sistemas de información que utiliza actualmente la universidad pues existe una tendencia a la dispersión de los datos. Un ejemplo lo constituye que el SGA y el EVA no están conectados. Otros sistemas utilizados como el de diagnóstico integral del estudiante también está desconectado del resto, lo que provoca que sea un problema aplicar Analíticas de Aprendizaje que aprovechen toda la información disponible.
3. No se cuenta con mecanismos que posibiliten que los profesores, directivos y estudiantes puedan arribar a conclusiones sobre el estado en que se encuentra el desarrollo del PEA a partir de los datos que se almacenan y procesan en los sistemas.

4. Es bajo el tratamiento y se desaprovecha la información que aporta el estudiante durante el PEA. El aprovechamiento de esta información pudiera favorecer la personalización del PEA a nivel de cada estudiante.

Los problemas mencionados anteriormente se evidencian además a partir de realizar entrevistas a profesores de experiencia, las propias vivencias de los tutores de este trabajo de diploma y un grupo de investigaciones consultadas a partir de la revisión bibliográfica (Acanda Rodríguez and Cabezas Martínez 2011; Acosta Carrera and Urrutia Gallardo 2013; Cabo Diaz and Orozco Molina 2011; Castro Fernández and Ramírez Hernández 2013; Hernández Osorio and Durand Vicet 2008; Soto García and Raventos Liranza 2010; Toledo Ceballos 2008; Ustariz Pagés and Rodríguez Páez 2013).

A partir del proyecto de investigación doctoral de la MsC Naryana Linares Pons, el cual se centra en el diseño de un Modelo para el desarrollo de entornos de aprendizaje adaptativos, se definió una arquitectura para el mismo. La base central del proyecto la constituye el concepto de ruta o camino de aprendizaje, la definición de las actividades de aprendizaje y un diseño instruccional inicial del curso que se irá modificando de acuerdo al aprendizaje de cada estudiante. El presente trabajo de diploma es un componente de dicha investigación, este debe proveer un conjunto de servicios web que encapsulen las funcionalidades básicas de un SEAI, en lo relativo a la adaptación de la ruta de aprendizaje para un estudiante en particular utilizando o no información previa del mismo camino de aprendizaje. Algunos de los resultados que se presentan en este trabajo de diploma como la definición de la base de datos y las herramientas de desarrollo, se elaboraron en conjunto con el estudiante Rubén Salvador García San Juan cuya investigación proporciona las herramientas para la definición de una ruta de aprendizaje inicial como base para el proceso de personalización.

Lo anterior permite definir el siguiente **problema científico** a resolver: ¿Cómo contribuir a la personalización del proceso de enseñanza-aprendizaje con ayuda de las TIC?

A partir de este problema se define como **objeto de estudio** la utilización de técnicas de Inteligencia Artificial en la educación superior y como **campo de acción** la implementación de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos como servicios web.

A partir de lo antepuesto se define como **objetivo general** de la investigación desarrollar un Módulo de servicios web que pueda ser utilizado como un componente de Sistemas de

Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos para contribuir a la personalización del PEA.

Se propone como **idea a defender** la siguiente:

El desarrollo de un Módulo de servicios web utilizado como un componente de un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo contribuirá a la personalización del PEA.

De donde se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Caracterizar el uso de las técnicas de la Inteligencia Artificial en el proceso de enseñanza de la educación superior.
2. Caracterizar los Sistemas Inteligentes Adaptativos, las principales tecnologías, metodologías, herramientas y lenguajes utilizados en su proceso de desarrollo y su utilización en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. Diseñar un Módulo de servicios web para un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo.
4. Implementar el Módulo de servicios web para un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo.
5. Validar la funcionalidad del Módulo de servicios web a partir de la creación de servicios de ejemplo y de la aplicación de pruebas de software.

**Tareas a cumplir:**

1. Estudio de bibliografía actualizada relacionada con los sistemas tutores inteligentes adaptativos y la incorporación de técnicas de IA y Analíticas de Aprendizaje a estos sistemas.
2. Modelación del negocio y el sistema según corresponda.
3. Diseño de las funcionalidades principales que debe tener el sistema.
  - a) Descripción y modelación de clases.
4. Diseño del modelo de datos para la definición de entidades necesarias en la solución sobre la base del desarrollo de funcionalidades propuestas.
5. Implementación de las funcionalidades del sistema.
6. Validación de la solución propuesta para las funcionalidades definidas.
  - a) Aplicación de pruebas de software a la solución propuesta en correspondencia con la metodología de desarrollo utilizada.

Durante el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes **métodos científicos**:

### **Métodos teóricos:**

- **Analítico-Sintético:** Se utiliza para dividir mentalmente el estudio en diferentes áreas según los objetivos, analizar, valorar y evaluar la información. Luego permite unir las partes previamente analizadas descubriendo las características y relaciones entre ellas. Usado generalmente durante el estudio de los sistemas de enseñanza inteligente.
- **Histórico-lógico:** Para el estudio de la evolución e impacto actual de los sistemas de enseñanza, las TIC y la Inteligencia Artificial.
- **Modelación:** Utilizado para explicar la realidad mediante abstracciones como artefactos, diagramas, herramientas. Aplicado principalmente para modelar la relación de los módulos de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Adaptativos y en el diseño de los componentes del Módulo de servicios web.
- **Sistémico:** Para justificar la necesidad de un Módulo de servicios web para un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en la UCI.

### **Métodos empíricos:**

- **Encuesta:** Utilizado para conocer la percepción de especialistas sobre el sistema que se desarrolla y su impacto para la universidad.
- **Análisis documental:** Se utiliza para la realización del marco teórico de la investigación. Además para conocer el estado actual de los sistemas de enseñanza, las TIC y la Inteligencia Artificial.
- **Consulta a expertos:** Fundamentalmente se aplica para conocer los criterios de los expertos referentes al curso de la investigación.

Para una mejor comprensión, el presente documento se estructura en: resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En el **Capítulo I** se describen los aspectos teóricos de la investigación. Contiene un análisis del desarrollo de las TIC y su impacto en el perfeccionamiento de la educación. Asimismo se revisan algunas tendencias en la evolución de la informática y sus aportes para la creación de sistemas de apoyo a la enseñanza. Además se destaca la relevancia de la Inteligencia Artificial en el PDE así como sus técnicas en el desarrollo de Sistemas de

Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos. Conjuntamente se analizan y se proponen las herramientas y técnicas más apropiadas para el cumplimiento del objetivo general de la investigación.

En el **Capítulo II** se presenta la propuesta de solución explicando en detalle cada uno de sus elementos. Se describen las características del sistema así como su arquitectura, base de datos y de casos, patrones arquitectónicos y de diseño. También se enumeran los requisitos funcionales y no funcionales del software junto a los artefactos generados según la metodología de desarrollo seleccionada. En un último momento se realizan las conclusiones parciales del capítulo.

En el **Capítulo III** se analizan las pruebas y los resultados obtenidos con la propuesta de solución que se realiza en la investigación. Se describen además los principales artefactos generados durante las estrategias de pruebas utilizadas. En un último momento se presentan las conclusiones parciales del capítulo.

### **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR.**

El presente capítulo tiene como objetivo analizar el impacto del uso de las TIC y la Inteligencia Artificial en el perfeccionamiento de los procesos educativos. Para cumplir con este objetivo se realiza un análisis crítico de los principales sistemas tradicionales utilizados como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje determinando sus características y principales deficiencias, alegando como solución interesante a estos problemas la idea de introducir Sistemas Inteligentes Adaptativos dentro del PEA. Conjuntamente se realiza un breve análisis de las principales tendencias computacionales en la actualidad y cómo favorecen a la enseñanza asistida por ordenador. Se analiza además cómo la Inteligencia Artificial provee de estrategias y técnicas a utilizar en los Sistemas Inteligentes consiguiendo personalizar la enseñanza a cada alumno atendiendo a sus estilos de aprendizaje y sus características con la meta de cumplir con determinados objetivos. A partir de la revisión bibliográfica se argumenta el escaso uso de los Sistemas Inteligentes en la universidad justificando la necesidad de integrar dichos sistemas a la red local de la institución y con el resto de los sistemas que la universidad utiliza. El capítulo tiene además un epígrafe que recoge y describe las principales herramientas y metodología utilizada en el desarrollo de la propuesta de solución.

#### **1. Las TIC y la Inteligencia Artificial como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje**

El surgimiento de la computación y su pronta vinculación a muchísimas ramas como la educación, facilitó la inserción de herramientas informáticas para ayudar al desarrollo de los procesos docentes. Esta idea se remonta a los años 50, del pasado siglo; pero no fue sino con la aparición de la Inteligencia Artificial (IA) y sus técnicas que en la década de los 80 recobraría su mayor fuerza e interés. Antes de realizar un análisis de la relación y los beneficios de la utilización de la IA en la educación se realizará un breve estudio de las principales herramientas que aportan las TIC en favor de la educación.

##### **1.1. TIC en su relación con la Educación**

Entre las herramientas más destacadas utilizadas en la educación, según la bibliografía consultada (Martínez Sánchez 2009; Pontes Pedrajas 2005), se encuentran los Entornos Virtuales de Aprendizaje, Laboratorios Virtuales, Tutoriales Interactivos, Simuladores y

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

Entrenadores. A continuación se realiza una breve caracterización de cada una de estas herramientas.

Los **Entornos Virtuales de Aprendizaje** (EVA) consisten en un espacio donde tanto estudiantes como profesores pueden llevar a cabo tareas de enseñanza y aprendizaje a través del uso de sus recursos y actividades tales como tareas, talleres, cuestionarios, etc. Los mismos permiten, entre otras cuestiones, la comunicación a través de diálogos y foros sobre cualquiera de los temas que comprenden a las unidades de un curso, llevar a cabo un seguimiento del PEA, realizar actividades, solicitar u ofrecer retroalimentación, orientación y ayuda relacionada con el desarrollo de una actividad. Además los EVA ayudan al intercambio de ideas, experiencias y a la colaboración entre compañeros que accedan a un mismo curso (EVA 2014; Meléndez Tamayo 2013).

Los **Laboratorios Virtuales** se definen según la UNESCO (Vary 2000) como “un espacio electrónico de trabajo concebido para la colaboración y la experimentación a distancia con objeto de investigar o realizar otras actividades creativas, elaborar y divulgar resultados mediante tecnologías difundidas de información y comunicación”. A pesar que los Laboratorios Virtuales no pueden reemplazar por completo a las prácticas de laboratorio reales como afirma (Barrio, Parrondo et al. 2011), hoy en día juegan un papel fundamental en la enseñanza de la ingeniería. Estas simulaciones permiten diseñar y manipular de forma virtual una gran variedad de procesos físicos y técnicos. Además, constituyen una herramienta fundamental para diseñar y analizar sistemas demasiados extensos, caros o peligrosos como para que puedan ser implementados por los estudiantes. En otros casos, según (Vergara, Rubio et al. 2013), permiten a los profesores resolver varios problemas: en grupos excesivamente numerosos hay alumnos que no consiguen ver cómo funciona una máquina mientras explica el profesor, con estos sistemas todos los alumnos pueden ver cómo funciona determinado experimento en la pantalla de un ordenador. Muchas veces la observación puede realizarse a un nivel tan detallado que no se lograría en experimentos reales.

En otro sentido los **Tutoriales Interactivos** son herramientas que tienen como objetivo ayudar al alumno a desarrollar un proceso de aprendizaje de los contenidos de un tema específico o de una materia, incluyendo conceptos y destrezas. Tales programas proporcionan información sobre el tema y plantean actividades de aprendizaje, que pueden ser preguntas de tipo conceptual o ejercicios y problemas, de manera que el sistema puede controlar o registrar información sobre las dificultades encontradas o los fallos

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

cometidos en las actividades y otras características del proceso de aprendizaje. En muchos casos los programas tutoriales disponen de un módulo de evaluación que proporciona información sobre el rendimiento global del trabajo realizado por el alumno con el programa. Los tutoriales se utilizan como instrumentos de transmisión y recepción de conocimientos sin tener en cuenta la complejidad de los procesos cognitivos y la influencia de las concepciones personales de los alumnos en los procesos de aprendizaje (Pontes Pedrajas 2005).

Por su parte un **Simulador** es un programa informático que contiene un modelo de algún aspecto del mundo y permite al estudiante cambiar ciertos parámetros o variables de entrada, ejecutar y correr el modelo y desplegar los resultados. Se utilizan para reproducir, analizar y manipular de forma virtual situaciones de la realidad (Contreras Gelves, García Torres et al. 2010; González Montes 2013). Utilizar simuladores en las aulas permite según (Contreras Gelves and Carreño 2012) la transmisión de conocimiento de forma interactiva, pues el estudiante cambia su actitud pasiva de las conferencias implicándose mucho más en el proceso, y se beneficiaría, además, de un conjunto de ventajas como la eliminación de riesgos que se presentan en la interacción con la realidad.

Existen también los llamados **Entrenadores** que son sistemas que persiguen objetivos de aprendizaje bien definidos o habilidades que pueden medirse mediante evaluaciones estandarizadas (Curbelo Mena, Águila Moya et al. 2013). Estos sistemas parten de la idea de que los estudiantes cuentan con los conceptos y destrezas que van a practicar, por lo que su propósito es contribuir al desarrollo de una determinada habilidad intelectual, manual o motora, profundizando en las dos fases finales del aprendizaje: aplicación y retroalimentación (Gutiérrez Lam 2007). Un ejemplo del uso de los entrenadores se puede encontrar en el área militar o ligado a temas específicos de la medicina (Pérez Carrasco and Ontivero Wong 2007) o la matemática (Pérez Cáceres, Jiménez Castillo et al. 2008).

Es indiscutible que las herramientas caracterizadas aportan beneficios al proceso de enseñanza-aprendizaje. Cada una de ellas está creada con el fin de incorporar nuevas estrategias a la forma en que los estudiantes reciben el contenido de determinada materia y se nutren de conocimientos. Sin embargo, estas herramientas según el criterio de (Phobun and Vicheanpanya 2010), coincidente además con el de los autores de esta investigación, tienen como principal deficiencia el uso de métodos de enseñanza tradicionales y proporcionan instrucciones a los alumnos sin preocuparse por sus conocimientos, necesidades, objetivos, competencias y capacidades. Muchas veces estas



# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

herramientas no logran ayudar individualmente a cada alumno al desconocer su estado cognitivo. Esta limitante hace a estos sistemas poco capaces de establecer estrategias de aprendizaje individuales para los estudiantes. No es suficiente con colocar notas de clases y materiales en la web o disponer de herramientas para apoyar la enseñanza sino existe un instructor con la habilidad de guiar en el uso de estos recursos teniendo en cuenta el momento y las condiciones de cada alumno.

A raíz de este problema y con el fin de lograr que estas herramientas se comportaran cada vez más como profesores reales, se introduce la Inteligencia Artificial para con sus técnicas lograr construir Sistemas Inteligentes que adaptaran y personalizaran sus características y funciones a cada alumno. La Inteligencia Artificial dentro de la educación constituye una respuesta aceptada a las expectativas de las universidades de estos tiempos.

### **1.2. ¿Por qué la Inteligencia Artificial en la educación?**

El término Inteligencia Artificial fue introducido por John McCarthy<sup>2</sup> en la Conferencia de Dartmouth en 1956 refiriéndose a una parte de la informática dedicada a diseñar máquinas que fueran capaces de simular algunas de las conductas de los humanos catalogadas como inteligentes. La Inteligencia Artificial surge como un complemento de la computación tradicional ofreciendo técnicas para enfrentar dos clases de problemas: los que no tienen o los que por su dimensión hacen inaplicable algún algoritmo conocido para su solución (León Espinosa and García Valdivia 2008). Con el transcurso del tiempo y como afirmaba (Gross 1992; Sasikumar, Ramani et al. 2007), cinco ramas de la IA se han convertido en las más activas de investigación: el lenguaje natural, la robótica, el reconocimiento de patrones, la programación automática y los sistemas expertos (SE). Esta última rama se dirige a la creación de Sistemas Inteligentes diseñados para recolectar y utilizar el conocimiento de los expertos sobre determinada área (Kishan, Chadha et al. 2012).

Los SE presentan una arquitectura basada en tres componentes fundamentales: la base de conocimiento, el motor de inferencia y la interfaz de comunicación (Kishan, Chadha and Maini 2012; Martínez Sánchez 2009). La base de conocimiento almacena hechos y reglas que describen el conocimiento correspondiente al dominio del problema. El motor de inferencia se encarga de elegir qué hechos o reglas seleccionar para intentar resolver el problema presentado por el usuario. La interfaz de comunicación convierte las consultas

---

<sup>2</sup> *John McCarthy* (Boston, Massachusetts, 4 de septiembre de 1927 - Stanford, California, 24 de octubre de 2011) también conocido como Tío John McCarthy, fue un prominente informático que recibió el Premio Turing en 1971 por sus importantes contribuciones en el campo de la Inteligencia Artificial.

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

del usuario a una forma entendible por el motor de inferencia, de esta forma se realiza el análisis y se muestran los resultados (Kishan, Chadha and Maini 2012).

Las aplicaciones de los SE destacan en muchas áreas de la ciencia y la sociedad desde hace varios años. Un ejemplo de utilización de los SE en la salud es MYCIN (Hance Shortliffe 2011; Saba, Al-Zahrani et al. 2012) utilizado para diagnosticar desórdenes sanguíneos y PUFF (Saba, Al-Zahrani and Rehman 2012) para apoyar la realización de diagnósticos respiratorios. Otro es el caso de DENDRAL (Vishnu Kumar 2013) aplicado en el área de la Química para identificar la estructura de compuestos químicos, este fue el primer sistema experto utilizado para propósitos reales (Badaró, Ibañez et al. 2013). PROSPECTOR (López Sepulveda 2011) es otro SE que utilizan los geólogos para identificar sitios adecuados para la construcción de minas y exploración de minerales.

Existe otra área que encapsulan los sistemas expertos: la dedicada a la creación de software educativo y de Sistemas Inteligentes de apoyo a la enseñanza. Estos sistemas surgen con el objetivo de desarrollar procesos de enseñanza que se adapten a los diferentes usuarios, además hacen más efectivos, correctos y agradables dichos procesos (Radoslav Fasuga 2005; Urretavizcaya Loinaz 2001; Zavaleta Gavidia and Vasconcelos de Andrade 2003). La idea está sustentada principalmente por la necesidad de mejorar y eliminar los problemas que presentaban los sistemas educativos que usaban métodos tradicionales de enseñanza durante la interacción con los alumnos.

El Entorno Virtual de Aprendizaje existente en la UCI, como se ha mencionado, tiene como principal limitante la incapacidad de adaptarse a cada usuario. Operar a nivel de curso y no de estudiante obliga al profesor a planificar el proceso de enseñanza de igual forma para cada alumno en el EVA. Lo anterior justifica la necesidad de desarrollar sistemas para la universidad que se comporten similar a un profesor o tutor real. En la actualidad son varios los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes (SEAI) utilizados para complementar las clases presenciales y dirigir al estudiante en su autopreparación, estos sistemas han alcanzado auge en los últimos tiempos fundamentalmente por el desarrollo de la IA y las TIC que permiten introducir las nuevas técnicas y tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por la importancia que se le atribuye a estos sistemas de apoyo a la educación para la presente investigación se les dedica un epígrafe con el fin de analizarlos.

### **1.3. Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes utilizados en la educación**

#### **1.3.1. Sistemas Tutores Inteligentes**

## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

A juicio del autor un buen instructor humano debe dirigir su tutoría en determinar técnicas, actividades y tareas a cumplir por un estudiante con el fin de vencer los objetivos de una determinada área del conocimiento. Además debe guiarle en todo el proceso de aprendizaje definiéndole ejercicios, proponiéndole materiales, bibliografía actualizada y científica a través de las cuales podrá adquirir la más amplia cognición del espacio en el que se está trabajando. Partiendo de lo anterior se puede comprender la posición que asume (Huapaya 2009) al acentuar que el objetivo fundamental de un Sistema Tutor Inteligente (STI) es alcanzar dicho nivel de instrucción teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje y los conocimientos de cada alumno individualmente.

En consonancia con los razonamientos de (Huapaya 2009; Soledad González 2004; Zavaleta Gavidia and Vasconcelos de Andrade 2003) y los planteamientos previos se puede definir un STI como un sistema computacional que incorporando técnicas de Inteligencia Artificial es capaz de guiar al alumno a lo largo de un dominio de conocimiento, resolviendo durante este proceso tareas similares a las que les indicaría un tutor o instructor humano. El término inteligente se refiere a la habilidad del sistema de saber ¿qué enseñar?, ¿cómo enseñar? y ¿cuándo enseñar? Sin embargo, según (Peña, Marzo et al. 2002) un STI puede originar una gran pérdida de tiempo, esfuerzo y recursos cuando para su diseño y construcción no se tienen en cuenta la naturaleza de los procesos educativos y la capacidad de las tecnologías educativas. Por lo tanto estos son puntos claves durante el desarrollo de dichos sistemas.

La arquitectura básica de un STI está soportada por cuatro módulos elementales interrelacionados según (Huapaya 2009; José Altuna and Guibert Estrada 2013; Jyothi Ahuja and Sille 2013; Martínez Sánchez, García Lorenzo et al. 2009; Ong and Ramachandran 2003; Phobun and Vicheanpanya 2010; Soledad González 2004; Urretavizcaya Loinaz 2001; Zavaleta Gavidia and Vasconcelos de Andrade 2003). La Figura 1 muestra la relación de estos módulos: Módulo Estudiante, Módulo Tutor o Pedagógico, Módulo Dominio o Experto y el Módulo Interfaz. Los cuatro módulos actúan de acuerdo a las funcionalidades que se les han delimitado permitiendo que el sistema en general logre adaptar el contenido atendiendo a las características individuales de cada estudiante. Seguidamente se presenta la explicación de cada uno de estos módulos.

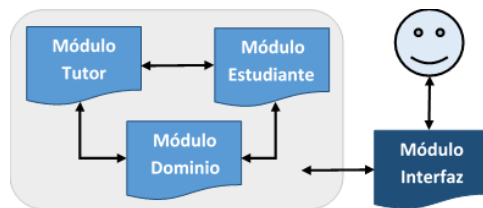


Figura 1 Arquitectura básica de un STI. Tomado de (Urretavizcaya Loinaz 2001).

**Módulo Tutor:** Este módulo guarda una relación semántica con el papel que asume el tutor durante todo el proceso de enseñanza-aprendizaje, dirige y controla el funcionamiento del resto de las partes del sistema así como los datos que han sido introducidos explícitamente o inferidos (José Altuna and Guibert Estrada 2013). Es el responsable de seleccionar los problemas o ejercicios, de monitorear, evaluar y criticar el desempeño, de proveer asistencia cuando se la requiera y de seleccionar el material de aprendizaje adecuado al estudiante (Salgueiro, Cataldi et al. 2005a). Este módulo responde a la pregunta: ¿cómo y cuándo enseñar? y está fuertemente ligado a la teoría pedagógica sobre la cual se construye el STI.

El Módulo Tutor posee el conocimiento sobre las estrategias y tácticas que deben seguirse para transmitir el conocimiento en función de las características del alumno (Jyothi Ahuja and Sille 2013; Zavaleta Gavidia and Vasconcelos de Andrade 2003). Integra el conocimiento acerca del método de enseñanza (deductivo, inductivo, analógico, analítico, sintético, de trabajo colectivo, etc.), las técnicas didácticas (expositiva, discusión, demostración, diálogos, instruccional, responder preguntas, etc.) y del dominio a ser enseñado (con integración de planificación y currículo) (Salgueiro, Cataldi and García-Martínez 2005a). Por sus características y funciones, los autores de esta investigación consideran que este módulo es el más importante en un STI.

**Módulo Dominio:** Este módulo contiene y administra el conocimiento y contenidos relativos a los procesos de evaluación y enseñanza-aprendizaje respondiendo a la pregunta ¿qué enseñar? Se comprende de objetivos instructivos, problemas resueltos, explicaciones, conceptos, preguntas, ejercicios, y relaciones. Contiene además elementos didácticos tales como imágenes, videos, sonidos, es decir material multimedia utilizado para ayudar al alumno a obtener los conocimientos necesarios (Cataldi and Lage 2009; Ovalle and Jiménez 2004). Este análisis esclarece la actitud de (Zavaleta Gavidia and Vasconcelos de Andrade 2003) al definir a este módulo como el componente especialista del tutor.

## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

El Módulo Dominio se encarga además de dirigir la ejecución del Módulo Tutor teniendo en cuenta los datos ingresados desde el Módulo Estudiante (Soledad González 2004) y permite comparar el modelo de aprendizaje del alumno con el dominio del conocimiento. Algunos autores coinciden en que en este módulo, el conocimiento a ser enseñado por el STI debe organizarse pedagógicamente, de esta forma se facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje (Hatzilygeroudis and Prentza 2004; Martínez Sánchez 2009; Ming and Quek 2007). El conocimiento puede representarse por medio de: reglas simbólicas, de la lógica difusa, redes bayesianas, casos, redes semánticas, marcos, reglas de producción, entre otros (Jiménez 2006).

**Módulo estudiante:** El Módulo Estudiante constituye el motor principal de análisis de las interacciones del alumno con el dominio, en él se almacena una estructura llamada “**modelo del estudiante**” que guarda información relacionada con las interacciones anteriores de los escolares. Su objetivo principal según (José Altuna and Guibert Estrada 2013; Urretavizcaya Loinaz 2001) es detectar la falta de conocimiento o errores del estudiante, centrarse en sus procesos interactivos teniendo en cuenta acciones y estructuras cognitivas para de esta forma establecer una posible intervención instruccional. Este módulo permite además obtener información sobre qué tan elevado es el nivel de conocimiento del alumno sobre el dominio en cuestión, permitiendo alcanzar un diagnóstico de cada estudiante.

Este módulo responde a la pregunta: ¿qué conoce el estudiante? y su principal objetivo es la modelación del estado cognitivo del estudiante para guiar el proceso de toma de decisiones pedagógicas (Zhou and Evens 1999). Lo anterior lleva a pensar que cualquier proceso que busque la personalización debe fundamentarse sobre una correcta modelación del estado cognitivo, una teoría pedagógica correctamente estructurada y uno o más objetivos a cumplir a partir de ese proceso de enseñanza-aprendizaje.

Es tal la importancia de los SEAI y dentro de su construcción el proceso de la modelación del estudiante, que el Laboratorio de Aprendizaje en Ambientes de Tutoría Inteligente, perteneciente al Laboratorio de Investigación del Ejército de EE.UU. está apostando por el desarrollo de SEAI para el entrenamiento y la capacitación en el área militar. Son resultados de este laboratorio, en conjunto con universidades y empresas, la publicación en el 2012 de un marco modular para apoyar la creación y evaluación de sistemas de tutoría inteligente y adaptativos (Sottolare, Goldberg et al. 2012) y una serie de libros sobre los SEAI, el primero de ellos publicado en el 2013 está completamente dedicado a la

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

modelación del estudiante, el libro toca aspectos tan importantes como la estandarización de los modelos, la relación entre los modelos y las teorías pedagógicas, además de la necesidad de evaluación de los modelos, entre otros temas (Sottolare, Graesser et al. 2013).

**Módulo interfaz:** Módulo encargado de gestionar la interacción de los otros componentes del sistema y controlar la interfaz usuario-computadora. Integra además toda la información necesaria para interactuar con el alumno mediante gráficos, textos, multimedias, teclado y mouse (Jyothi Ahuja and Sille 2013). La interfaz generada por este módulo, al criterio de (Martínez Sánchez 2009) debe ser atractiva y fácil de utilizar, de esta forma el alumno no pierde tiempo en aprender cómo trabajar en el entorno y puede centrar toda su atención en el proceso de enseñanza-aprendizaje del contenido.

Es importante aclarar, como bien se menciona en (EDUCAUSE 2013), que los STI no están diseñados para reemplazar los instructores humanos quienes aportan una compleja e importante interacción social en el proceso de aprendizaje. A pesar de ello, estos sistemas ofrecen, en algunos momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje, funcionalidades y capacidades superiores a las que pudieran lograrse con un único profesor. Los STI son capaces de trabajar con un gran número de estudiantes simultáneamente instruyendo individualmente a cada uno. Estos sistemas además pueden estar disponibles en cualquier momento permitiendo a los estudiantes aclarar sus dudas, por ejemplo, en tiempo de estudio individual, en horario nocturno donde resulta complicado disponer de la asistencia de profesores. Los STI pueden incluso reducir la ansiedad, que determinados estudiantes puedan sentir, de admisión hacia un profesor al cual no le entiendan algún concepto o proceso. Estudios realizados demuestran que el uso de estos sistemas eleva la comprensión de los estudiantes y las notas en sus evaluaciones. Un STI también puede proporcionar datos en tiempo real a los instructores y desarrolladores que buscan perfeccionar los métodos actuales de enseñanza.

Debido a que las instituciones educativas no pueden asignar un tutor humano a cada estudiante, los STI son herramientas que correctamente implementadas pueden utilizarse para ofrecer ayuda útil e individual a cada uno de ellos, ajustado a sus propios ritmos de aprendizaje y las necesidades específicas de cada alumno (EDUCAUSE 2013). A pesar que los STI son capaces de adaptar el contenido a cada estudiante de forma individual, estos sistemas presentan una navegación e interfaz rígida, poco adaptables a las preferencias de los usuarios. Lo anterior provoca que la tarea educacional se convierta en

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

excesivamente restringida a las órdenes del Módulo Tutor provocando desmotivación y sentimientos de restricción de la enseñanza en el estudiante al presentar una participación pasiva dentro del proceso. Como opción interesante para ello, surge la idea de combinar los STI con Sistemas Hipermedias dando lugar a Sistemas Hipermedias Adaptativos (González Vidal and Blanco Encinosa 2012; Pacios Fernández, Arenas Gutiérrez et al. 2004; Soledad González 2004).

### **1.3.2. Sistemas Hipermedias Adaptativos**

Antes de analizar los Sistemas Hipermedias Adaptativos se revisan brevemente los Sistemas Hipermedias tradicionales. De esta forma se podrá entender y justificar la necesidad de combinarlos con STI.

Un Sistema Hipermedia (SH) es la combinación de hipertexto y multimedia. El hipertexto provee la estructura de navegación a través de los datos textuales y la multimedia ofrece esta estructura de navegación no solo a través de textos, sino también a partir de una gran variedad de tipos de datos. Los SH pueden verse como una red en la que se incluyen no solo texto, sino también imágenes, audio, vídeo, etc. Estos sistemas almacenan documentos y permiten su lectura en forma no convencional combinando videos, gráficos y sonidos que enriquecen la información presentada (González Vidal and Blanco Encinosa 2012). Refiriéndose a los SH (Urretavizcaya Loinaz 2001) menciona tres procesos fundamentales que puede realizar el usuario: acceder a la información de la base de conocimiento que desee, disponer de una gran variedad de formas de acceso a la información, redefinir la estructura y contenido del material a utilizar.

Los SH tienen como principal inconveniente que delegan la tarea de enseñar en el propio usuario del sistema ya que proporcionan la misma página de contenidos y los mismos enlaces a todos sus usuarios. En este sentido (Urretavizcaya Loinaz 2001) agrega, que si los estudiantes no utilizan herramientas complementarias a los SH para reorientar su proceso de aprendizaje, el grado de libertad que ofrecen estas herramientas, aun siendo su mayor ventaja, puede ser el peor enemigo del alumno. Lo anterior se sustenta en que el espacio de movilidad del estudiante en el hiperespacio es tan amplio que puede perder el camino correcto para cumplir sus objetivos.

Una propuesta de solución a este problema consiste en que el SH tenga información del grado de conocimiento del usuario sobre el tema que está siendo enseñado guiándolo

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

mediante la adaptación del material presentado (Pacios Fernández, Arenas Gutiérrez and Pérez Llanes 2004). De esta forma se incrementa la funcionalidad del SH clásico mediante el acceso personalizado a la información. Para lograrlo surge entonces la idea de combinar los STI y los SH dando lugar al nacimiento de los llamados Sistemas Hipermedias Adaptativos (SHA). Un SHA es según (Soledad González 2004) “todo sistema hipermedia que refleja algunas características del usuario en un modelo (modelo del estudiante) y lo aplica en adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario.” Estos sistemas tienen como principal objetivo facilitar el acceso a la información utilizando una interfaz personalizada a las características del usuario.

A continuación se muestra la arquitectura básica de un SHA.

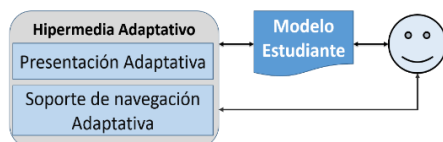


Figura 2: Arquitectura básica de un SHA. Tomado de (Phobun and Vicheanpanya 2010)

Analizando los criterios de (Brusilovsky and Peylo 2003) y como se observa en la Figura 2 se puede presumir que los SHA tienen dos características tecnológicas fundamentales: presentación adaptativa del contenido y soporte para la navegación adaptativa. La primera se refiere a la capacidad del sistema en adaptar el contenido presentado en cada interfaz a los objetivos del usuario, conocimientos u otra información almacenada en el modelo del estudiante. Distintamente, el soporte para la navegación adaptativa, enfocada también en el modelo del estudiante, tiene como objetivo orientar la navegación del alumno en el sistema. Esta habilidad es conseguida cambiando o desactivando los links visibles en la interfaz del sistema ayudando a decidir al usuario dónde ir en el siguiente paso. Esta estrategia persigue ofrecer una ruta óptima de aprendizaje para el alumno.

Después de revisar los análisis de (Fabregat Gesa 2009) se puede afirmar que la adaptación a nivel de enlaces consiste en deshabilitarlos, ocultarlos, eliminarlos, ordenarlos, poner anotaciones sobre el contenido al que apunta o modificar el mapa de los contenidos. Además comprende modificar los enlaces que estaban en la página que escribió el autor y generar nuevos enlaces que no ha puesto el autor: a otros documentos, a otros conceptos relacionados y a sitios relevantes. Para lograrlo Fabregat propone dos técnicas: modificar las características de los enlaces e incluir nuevos enlaces. En este trabajo se explica además que las principales variables a tener en cuenta para el modelado del estudiante son sus características (preferencias, conocimiento, actividad de navegación



# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

etc.) y el contexto (estado de la red, características del dispositivo de acceso, red de acceso etc.).

Las potencialidades que brindan las SHA y los STI para la educación constituyen un apoyo considerable en los procesos docentes. Sin embargo, la deficiencia fundamental de los SHA radica en su incapacidad para adaptar el contenido. Esta incapacidad se aleja también de las tendencias actuales de las TIC en relación con la educación. Estos sistemas han sido objeto de estudio de muchos investigadores (Durán, Costaguta et al. 2008; Phobun and Vicheanpanya 2010; Soledad González 2004) con el propósito de ajustarlos cada vez más a las necesidades y expectativas de las universidades del siglo XXI y de los propios usuarios. Este ajuste implica según (Durán, Costaguta, Maldonado and Unzaga 2008) lograr, sin tener que preguntarle explícitamente a los usuario: anticiparse y satisfacer sus necesidades, posibilitar una interacción eficiente y construir una relación que le motive para retornar en siguientes oportunidades. La respuesta a esta problemática ha sido el desarrollo de sistemas adaptativos y personalizados, sistemas que basados en el conocimiento, alteran automáticamente aspectos de funcionalidad, presentación, contenido e interacción para lograr acomodar las distintas preferencias y requerimientos de los diferentes usuarios. La intención de perfeccionar y mejorar constantemente los STI y los SHA se hace evidente en la creación de los Sistemas Tutores Inteligentes y Adaptativos.

### 1.3.3. Sistemas Tutores Inteligentes y Adaptativos

Un Sistema Tutor Inteligente y Adaptativo (STIA) es esencialmente, un STI con un SHA en el Módulo Tutor. Si se analiza este sistema a nivel de arquitectura, teniendo en cuenta los módulos mencionados de un STI y las características de un SHA, la Figura 3 contextualizaría una explicación de la diferencia dada por el término adaptativo.

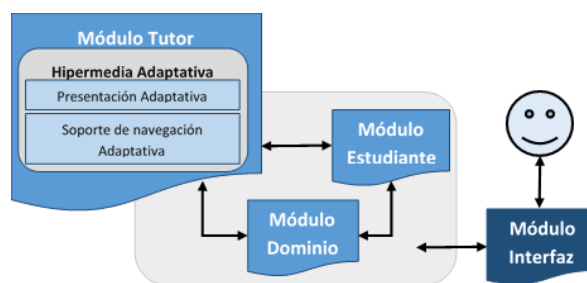


Figura 3: Arquitectura básica de un STIA según (Phobun and Vicheanpanya 2010)

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

Se puede observar como un STIA incorpora las HA en el Módulo Tutor. De esta forma el sistema es capaz de adaptar el ambiente usando las características de las HA, además utilizando la información previa del alumno y el repositorio de conocimientos el Módulo Tutor determina el contenido más adecuado con la mejor estrategia de enseñanza para un alumno determinado (Soledad González 2004). De esta forma se logra combinar la personalización del contenido y la interfaz.

Según (Phobun and Vicheanpanya 2010) los STIA identifican una serie de materiales recomendados y dependiendo del estilo de aprendizaje del estudiante se propone uno de estos materiales o se pide al alumno seleccionar uno de ellos, siempre acorde a sus conocimientos, habilidades y capacidad. Al incorporar las HA a los STI el alumno se sentirá más identificado con el proceso de aprendizaje. La interfaz del sistema estaría adaptada a sus preferencias y a sus estilos de aprendizaje.

El autor coincide con la cadena causa/efecto, mostrada en la Figura 4, que propone (Sottolare, Graesser, Hu and Holden 2013) para los SEAI-A:

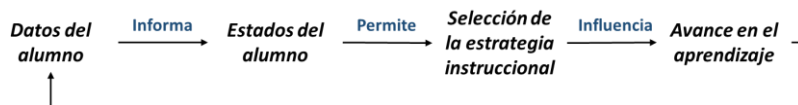


Figura 4: Cadena de causa/efecto de un SEAI-A. Tomado de (Sottolare, Graesser, Hu and Holden 2013)

La cadena representa un proceso cíclico que parte de un análisis que se realiza sobre los datos del alumno, este análisis pudiera realizarse, por ejemplo, usando las Analíticas de Aprendizaje. A partir de lo anterior se puede determinar en un primer momento un posible estado del estudiante. Este estado comprende aspectos como ¿qué tan elevado es el nivel de aprendizaje del alumno?, ¿cómo es su ritmo de aprendizaje?, ¿qué objetivos tiene vencidos? entre otros. Una vez determinado un estado para el estudiante el sistema puede seleccionar la estrategia instruccional que más se adecue a sus características y estilo de aprendizaje con el propósito de alcanzar, por parte del estudiante, determinado objetivo que favorezca su evolución en el aprendizaje. Esta estrategia comprende la capacidad del sistema de saber ¿qué enseñar?, ¿cómo enseñar? y ¿cuándo enseñar? pero además, el sistema debe tener la capacidad de presentar el material en una interfaz acorde al alumno, creándole un ambiente en el que, según las características del estudiante, resultaría placentero el proceso de enseñanza-aprendizaje. Una vez terminada esta etapa el

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

estudiante debe presentar un aumento en su estado cognitivo teniéndose en cuenta en el próximo ciclo.

Los SHA son muy útiles para enseñar conceptos adaptando la interfaz y navegación a cada usuario, sin embargo, los STI usan estos conceptos para resolver problemas y personalizar los contenidos según el estado cognitivo del estudiante. La combinación de ambos proporciona un ambiente más enfocado a las expectativas de la enseñanza asistida por ordenador, los STIA. En cualquier caso, la selección por uno de ellos dependerá del entorno donde se utilizaría el sistema. Dentro de la UCI, para limitar la dispersión de los datos y lograr personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje utilizando sistemas apoyados por las ventajas que ofrecen las TIC, el uso de un Entorno de Aprendizaje Adaptativo donde se apliquen las Analíticas de Aprendizaje dentro de STIA disponible además en la red local de la universidad mediante el principio de funcionamiento de una Nube Computacional sería, a decisión del autor, la mejor opción a implantar. Por la importancia que los autores de la presente investigación le atribuyen a estas tendencias, se analizarán a continuación.

### 1.4. Algunas tendencias en el desarrollo de la computación

Según el Reporte Horizon Iberoamericano (Durall, Gros, Maina, Johnson and Adams 2012), existen tres paradigmas fundamentales que en los venideros cinco años revolucionarán numerosas ramas de la computación. Estos nuevos paradigmas son: Computación en la Nube (por su traducción al inglés, *Cloud Computing CC*), los Entornos de Aprendizaje Adaptativos (*Adaptive Learning Environments*) y las Analíticas de Aprendizaje (*Learning Analytics, AA*). A continuación se describe la esencia de cada uno de estos paradigmas.

#### 1.4.1. Computación en la Nube

La Computación en la Nube aplica como concepto la tenencia a un centro de cómputo con varios miles de servidores de bajo costo. Cada servidor tiene capacidad para implementar máquinas virtuales a petición de un administrador. Las máquinas virtuales pueden ser creadas según la demanda del usuario y pueden ser destruidas cuando ya no sean necesarias, además pueden ser configuradas en tres niveles de servicio o capas: Infraestructura como Servicio (IaaS), Plataforma como Servicio (Paas) o Software como Servicio (SaaS). Estas configuraciones permiten a un usuario el uso de una aplicación que

## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

se ejecuta en una nube con los recursos y poder de procesamiento del centro de cómputo (SaaS), disponer de una máquina con un sistema operativo listo para que se le instale cualquier tipo de aplicación que requiera (PaaS), o una máquina en blanco, donde puede instalarse desde el sistema operativo hasta las aplicaciones que se deseen (IaaS) (García, Estrada et al. 2012; Joyanes Aguilar 2009). Para el 2026, si las trayectorias de las tendencias actuales se mantienen razonablemente iguales, el autor (Breeding 2011) anticipa que casi todos los servicios informáticos se desplegarán como modelos de Nube Computacional.

Entre las ventajas que ofrece este paradigma según (Solano Soto 2011) se destaca la amigabilidad con el medio ambiente al aumentar el ahorro global de energía. Este ahorro se materializa porque las computadoras utilizadas en una Nube Computacional pueden consumir menos de la mitad de la electricidad que consumen las computadoras de escritorio. También, como añade (Ávila Mejía 2011), si se contara con una infraestructura basada completamente en CC no sería necesario instalar ningún tipo de hardware, solo los terminales. Destaca además el ahorro que significa para el cliente en cuanto a hardware al no tener la necesidad de comprar equipos con mayores prestaciones, con un cliente ligero que se conecte al proveedor en la nube puede disponer de todo el rendimiento y memoria que desee.

Sin embargo, a pesar de las fortalezas de este paradigma, la computación en la nube también trae aparejado algunas desventajas, existen diferentes criterios cuando se aborda en este sentido. En su artículo, (Weber 2008) menciona como deficiencia de CC la dependencia de un tercero para el uso de la tecnología, limitando la flexibilidad y la creatividad. Richard Stallman, fundador de *Free Software Foundation* cree que CC es un ataque a la privacidad del usuario al poner sus datos personales en manos de otros, al referirse a esta tendencia menciona que la computación en la nube es “una trampa destinada a obligar a más gente a adquirir sistemas propietarios, bloqueados, que les costarán más y más conforme pase el tiempo”.

Asimismo (Ali Babar and Aueef Chauhan 2011) mencionan la preocupación por la protección de los datos y la contradicción entre cifrado de datos como solución y la disminución de la eficiencia de la nube. Si se aplicaran estrategias para el cifrado de datos podría afectarse la calidad del sistema proveedor de CC, lo haría menos eficiente al necesitar más tiempo y recursos destinados al cifrado de la información. De no cifrarse los

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

datos, estarían propensos a ataques informáticos estando así en peligro la privacidad de los usuarios o consumidores de servicios. Esta contradicción continúa siendo otra de las desventajas principales de una Nube Computacional.

Como se hace notar CC, a pesar de las limitaciones que aún posee, promete grandes cambios para la sociedad actual, es un paradigma ambicioso lleno de expectativas innovadoras. Sin embargo, aplicar CC en todo su potencial en cualquier centro o institución necesita de una infraestructura potente y con tecnología de punta. La UCI, a pesar de ser una universidad digital avanzada, aún no cuenta con los recursos necesarios para desplegar en ella una arquitectura completa de CC, sin embargo, la universidad sí cuenta con una red de área local en la cual se pudiera aplicar alguna de las tres capas o principios de configuración de esta tendencia facilitando que el Módulo de servicios web, fruto de esta investigación, esté disponible para todos y pueda ser accedido desde diferentes áreas de la universidad. Para ello se realiza a continuación una reflexión sobre las tres configuraciones de CC concluyendo con una posición sobre cuál sería la más indicada para utilizar su principio de funcionamiento.

La **Infraestructura como Servicio** proporciona opciones prácticamente ilimitadas y muy asequibles a los centros que necesitan adaptar sus recursos de servidores y almacenamiento rápidamente y bajo demanda. Esta configuración es la entrega de infraestructura de computación como un servicio, generalmente en un entorno de virtualización de plataforma. Sin embargo, la creación de un sistema para brindar servicios en la red de la universidad no necesita de una infraestructura robusta, motivo por el cual esta configuración no resulta relevante para la investigación.

La **Plataforma como Servicio** ofrece una plataforma computacional y/o un conjunto de soluciones como servicios que facilitan la implementación de aplicaciones sin el costo y complejidad de comprar y administrar el hardware subyacente al desarrollo del software. En (Mell and Grance 2011) se agrega además que el consumidor no administra o controla la infraestructura de nube subyacente, o sea, la red, los servidores, sistemas operativos, o formas de almacenamiento, pero sí tiene control sobre las aplicaciones implementadas y posiblemente, sobre las configuraciones de los entornos de alojamiento de dichas aplicaciones.

En este caso, el desarrollo del Módulo de servicios web se realizará en un entorno personal individual. Además implementar este sistema no requiere de grandes

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

prestaciones de un centro de cómputo, grandes espacios de almacenamientos o potentes servidores, resultando también esta configuración poco relevante para la investigación.

El **Software como Servicio** a diferencia de las configuraciones anteriores consiste en eliminar la necesidad de instalar y ejecutar frecuentemente la aplicación en la computadora del usuario final, suprimiendo la carga del mantenimiento del software, los costos de las operaciones y el soporte técnico. La aplicación puede ser accedida desde diferentes dispositivos mediante una interfaz de cliente ligero, por ejemplo, un navegador web (Mell and Grance 2011).

Como se hace notar esta última configuración se adapta muy bien a las necesidades de la universidad, respondiendo además a la necesidad de la disponibilidad del Módulo de servicios web en la red local de la UCI. Si se usaran sus principios de funcionamiento se podría publicar el Módulo de servicios web facilitando así el acceso a sus servicios desde cualquier computadora o dispositivo que se encontrara conectado a la red de área local de la institución. Además dichos dispositivos no necesitarían de muchas prestaciones porque todas las funcionalidades del sistema se ejecutarían en el servidor remoto. Esta configuración de Software como Servicio es el enfoque de mayor relevancia para aplicar en la investigación.

Es importante aclarar en este punto que un Servicio Web es una pieza de software que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones mediante la red, aun cuando están desarrolladas en lenguajes de programación diferentes y soportadas sobre plataformas diferentes (Sheng, Maamar et al. 2010).

### **1.4.2. Analíticas de Aprendizaje**

Si se consideran las valoraciones de la Sociedad de Investigación de las Analíticas de Aprendizaje (SoLAR, por sus siglas en inglés) se puede definir a este paradigma como la medición, recopilación, análisis y presentación de datos sobre los alumnos y sus contextos, a los efectos de entender (y optimizar) el aprendizaje y los entornos en que este se produce (SoLAR 2013). Las AA se componen de una gama amplia de disciplinas académicas tales como la minería de datos, la incorporación de conceptos y técnicas de las ciencias de la educación, de las ciencias de la información y de la sociología, además

## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

de la informática, la estadística, la psicología y las ciencias del aprendizaje (Bernadette 2012).

Sobre esta tendencia el Reporte Horizon Iberoamericano (Durall, Gros, Maina, Johnson and Adams 2012) continúa destacando dos ventajas fundamentales, la primera está centrada en: cuándo este paradigma es aplicado e interpretado de forma correcta permite a los maestros identificar con mayor precisión las necesidades de aprendizaje de los estudiantes y personalizar la instrucción. La otra ventaja y la más importante a juicio del autor, es que si se usan eficazmente ayudarán a obtener señales tempranas de estudiantes *“de baja o lenta asimilación docente”*, permitiendo a los maestros y las instituciones escolares hacer frente a los problemas rápidamente.

Otras de las importancias que le son atribuidas a las AA es que permiten ampliar y mejorar los logros, la motivación y la confianza de los estudiantes, proporcionando información oportuna acerca de su desempeño y el de sus compañeros, además de ofrecer sugerencias sobre las actividades y contenidos que abordan las lagunas de conocimiento identificadas (Lockyer and Dawson 2011). También permiten hacer un mejor uso del tiempo docente y el esfuerzo por proporcionar información en la que los estudiantes necesitan ayuda adicional. La mejora de los procesos de desarrollo curricular a través de la utilización de los datos generados durante la instrucción en tiempo real y las actividades de aprendizaje es otra de las facilidades que brindan las AA además que estimulan a un rápido alcance de las metas de enseñanza dando a los estudiantes el acceso a herramientas que les ayuden a evaluar su progreso y determinar las actividades que están produciendo los mejores resultados (Siemens, Gasevic et al. 2011).

Las AA han demostrado que su utilización provee de información y conocimiento a las instituciones de educación superior. Son numerosos los ejemplos de la aplicación de las AA en el sector educacional; obteniendo resultados satisfactorios en el análisis de datos, identificación de patrones, establecimiento de indicadores etc., ejemplo de ello son los casos de:

- ✓ La Universidad Autónoma de Coahuila la cual utilizó técnicas de minería de datos para analizar los estilos de aprendizaje de los estudiantes de ciencias computacionales según (Olague Sánchez, Torres Ovalle et al. 2009).
- ✓ Los estudiantes de primer ciclo de Ingeniería en Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Técnica Particular de Loja en Ecuador quienes

participaron en un curso virtual en el que se aplicaron técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones de interacción (Valdiviezo Díaz 2010).

- ✓ La Universidad Carlos III de Madrid donde se utilizaron los informes de actividad de la plataforma Moodle para establecer indicadores de utilidad en el proceso evaluativo de la docencia universitaria (Martín Galán and Rodríguez Mateos 2012).

Considerando los análisis anteriores en cuanto a las AA, puede concluirse que este paradigma promete aprovechar al máximo las grandes cantidades de datos originadas por los estudiantes en actividades académicas e interacciones en línea, además, de aplicarse en todo su potencial, facilitan la toma de decisiones, identificación de patrones, permiten definir posible estudiantes en riesgo académico favoreciendo a profesores e instituciones aplicar estrategias diferenciadas sobre dichos estudiantes y particularizar el PEA. Al mismo tiempo es un paradigma que responde a las necesidades de la universidad descritas en la situación problemática inicial. Las AA son un tema muy relacionado a los Entornos de Aprendizaje Adaptativo.

### **1.4.3. Entornos de Aprendizaje Adaptativos**

Los Entornos de Aprendizaje Adaptativos (EAA) se definen como el siguiente paso lógico en el desarrollo de herramientas de apoyo al PEA. Desde el punto de vista de los EAA el PEA comienza con la incorporación de datos de AA a partir de la información obtenida de los entornos personales de aprendizaje. Luego se analizan los datos incorporados y se modifica el ambiente de aprendizaje (contenido e interfaz) según sea necesario. Mientras que para muchos son una herramienta de organización de contenidos, ejemplos y conceptos para apoyar el aprendizaje individual o en grupo, los entornos de aprendizaje son realmente las herramientas, contenidos, ejemplos y conceptos que se modifican en tiempo real basándose en cómo los estudiantes están aprendiendo realmente (Durall, Gros, Maina, Johnson and Adams 2012).

A juicio de (Durall, Gros, Maina, Johnson and Adams 2012) las principales ventajas y beneficios para la docencia de los EAA son:

- Posibilidad de poder atender a los estudiantes con diferentes estilos de aprendizajes.
- Facilidad de modificar estos entornos en función de cómo cada estudiante está trabajando, centrado siempre en sus necesidades específicas de aprendizaje.



# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

- Al estar más a tono con las necesidades de los diversos estudiantes, los tutores y profesores pueden utilizar los datos para crear nuevos cursos y nuevos materiales que se adapten a los diferentes estilos de aprendizaje.

La característica más valiosa de estos EAA es la capacidad de adaptabilidad. En su artículo (Shute and Zapata Rivera 2010) al referirse a estos sistemas, reflexionan: “cuando las tecnologías están integradas en un único entorno o plataforma para alcanzar el objetivo de mejorar el aprendizaje del estudiante a través de la adaptación, esto se denomina un entorno adaptativo”. Se mencionan a continuación, algunos de los ALEs más conocidos:

**Entornos de Hipermedias Adaptativas (EHA):** Como se mencionó en el epígrafe 1.3.2 los EHA combinan hipertexto e hipermedias, utilizan las características del alumno para adaptar los aspectos visibles a las necesidades del estudiante. Estos sistemas según (Brusilovsky 2001) son capaces de ordenar el contenido visible al usuario según sus características individuales, incluso plantea que establecen rutas de aprendizaje mediante la orientación directa activando o desactivando enlaces en la interfaz.

**Entornos de Aprendizaje Colaborativo (EAC):** Se basan en el principio de que si los estudiantes colaboran entre sí podrán aprender mucho más que por sí solos (Ovalle and Jiménez 2004; Shute and Zapata Rivera 2010). Los EAC establecen técnicas para capturar y analizar la colaboración e interacción de los estudiantes permitiendo a los docentes reflexionar al respecto.

**Entornos de Simulación e Inmersión (ESI):** Un ESI utiliza en su mayoría la realidad virtual para, mediante un conjunto predefinido de reglas, crear un ambiente en el cual el estudiante pueda poner en práctica sus conocimientos respondiendo a situaciones simuladas, sin la necesidad de estar en esas situaciones realmente. Por ejemplo, Smithtown (Shute and Glaser 1990) es un entorno simulado donde los estudiantes pueden cambiar parámetros en una ciudad hipotética como el ingreso per cápita, la población, el precio de la gasolina, además permite ver el impacto en los diferentes mercados aprendiendo las leyes de la oferta y la demanda.

Como se ha analizado hasta el momento existen diferentes SEAI. Sin embargo, continúa siendo necesidad aplicar sobre ellos estrategias que permitan lograr que cada vez estos sistemas sean más personalizables a partir de la integración de las características de los estudiantes y de su estado. Esta problemática dio lugar al surgimiento de los STIA, pero

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

como todo sistema, la adecuada implementación de cada una de sus funcionalidades es vital para su correcto funcionamiento. Las Analíticas de Aprendizaje, los Entornos de Aprendizaje Adaptativos y la Nube Computacional son tendencias que favorecen la construcción de estos sistemas, pero aun así, resulta vital introducir la Inteligencia Artificial para con sus técnicas y herramientas elevar la calidad de las instrucciones que darán estos sistemas a cada estudiante y acercarse cada vez más a la manera en que lo haría un profesor o tutor real.

### **2. Técnicas de la inteligencia Artificial utilizadas en la implementación de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes**

El autor de la investigación considera importante mencionar en este punto a la Ingeniería del Conocimiento (IC) como disciplina que soporta la idea de aplicar técnicas dentro de los sistemas basados en el conocimiento o sistemas expertos para la gestión del conocimiento (López Sánchez and Carretero Díaz 2010). La IC se define según (León Espinosa and García Valdivia 2008) como el “conjunto de principios, métodos y herramientas que permiten aplicar el saber científico y de experiencia a la utilización de los conocimientos y de sus fuentes, mediante construcciones útiles para el hombre”. Entre las técnicas más destacadas de IA utilizadas en los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC), según las investigaciones de (León Espinosa and García Valdivia 2008; Martínez Sánchez 2009), se encuentran las Redes Neuronales Artificiales, el Razonamiento Basado en Probabilidades, Razonamiento Basado en Reglas y el Razonamiento Basado en Casos. A continuación se analizan estas técnicas que ofrece la IA, teniendo en cuenta que pueden ser aplicadas en la implementación de los SEAI-A.

#### **1.4. Redes Neuronales Artificiales**

Una Red Neuronal Artificial (RNA) es un modelo que simula una red neuronal biológica (Gutierrez 2012; Kishan, Chadha and Maini 2012; Rabuñal and Dorado 2006). Este concepto constituye un paradigma de aprendizaje y procesamiento automático utilizado en problemas de clasificación y predicción. (Longoni, Porcel et al. 2010) bautizan a las RNA como un sistema informático que aprende de la experiencia mediante la auto-modificación de sus conexiones, que según (Gutierrez 2012) son capaces de encontrar características relevantes a partir de un gran número de entradas con información irrelevante. Una RNA permite analizar los datos con el objeto de descubrir y modelar las relaciones funcionales

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

existentes entre las variables. Permiten explorar relaciones o modelos que no podrían ser descubiertos usando los procedimientos estadísticos más tradicionales.

Las RNA se componen por un conjunto simple de elementos denominados nodos o neuronas conectados entre sí por un valor numérico modificable conocido como peso. En los últimos tiempos esta técnica de IA se ha convertido, por su capacidad de aprender patrones complejos, en uno de los instrumentos más usados para detectar categorías comunes en los datos (Gutierrez 2012). Al considerar de (Pulido Morales, Gualteros Gualteros et al. 2009) una de las características más importantes de las RNA es la tolerancia al ruido y la robustez ante fallos estructurales.

Investigadores como (Barreto, López et al. 2013; Basogain Olabe 2004; Gutierrez 2012; Longoni, Porcel, López and Dapozo 2010; Pulido Morales, Gualteros Gualteros and Rodríguez Rodríguez 2009) coinciden en que los algoritmos para ajustar los valores de las conexiones de RNA (para entrenar) se clasifican en dos tipos: Entrenamiento Supervisado y No Supervisado.

El **Entrenamiento Supervisado** consiste en el aprendizaje a partir de un conjunto predefinido de pares de entradas-salidas, dados como ejemplos. El aprendizaje involucra un ajuste de los pesos comparando la salida deseada con la respuesta de la red e iterando hasta encontrar un mínimo error. La importancia de este algoritmo consiste en su capacidad de autoadaptar los pesos de las neuronas de las capas intermedias para aprender la relación que existe entre un conjunto de patrones dados como ejemplo y sus salidas correspondientes (Pulido Morales, Gualteros Gualteros and Rodríguez Rodríguez 2009). Este entrenamiento se aleja un poco de la realidad biológica, es imposible para el cerebro conocer las posibles salidas deseadas para compararlas con las reales.

El **Entrenamiento No Supervisado** resulta más lógico desde el punto de vista biológico. Estos sistemas al no requerir de las salidas deseadas no realizan comparaciones entre las salidas reales y las esperadas. El conjunto de vectores de entrenamiento consiste únicamente en vectores de entrada. El algoritmo de entrenamiento modifica los pesos de la red de forma que produzca vectores de salida consistentes. El proceso de entrenamiento extrae las propiedades estadísticas del conjunto de vectores de entrenamiento y agrupa en clases los vectores similares (Basogain Olabe 2004).

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

Algunos ejemplos del uso de RNA en Sistemas Inteligentes son los casos de (Salgueiro, Cataldi et al. 2005b) donde se aplican para solucionar el problema de la selección del estilo de enseñanza en el marco de los STI. En dicho trabajo se propone que el Módulo Tutor disponga de un listado de protocolos pedagógicos o métodos de enseñanza y que pueda decidir, por medio de una red neuronal entrenada, cuál de ellos será el más adecuado para cada estudiante en particular. Otro es el caso de (Cataldi and Lage 2010) dónde se analiza la posibilidad de utilizar las RNA en STI para la elaboración del modelo del estudiante, como forma de predecir desempeños, para agrupar estudiantes según sus estados cognitivos a través del estilo de aprendizaje y el perfil psico-sociológico.

En (Bartó and Díaz 2012), se presenta la idea de utilizar STI y aplicaciones con robots para la enseñanza de Programación en Ingeniería, se utilizan también las RNA como herramientas para detectar patrones entre los estudiantes de los cursos de Programación a partir de información disponible de cursos anteriores y así determinar modelos mentales de aprendizaje. Asimismo en (Cataldi, Salgueiro et al. 2005) a fin de mejorar las calificaciones de los estudiantes se toman datos de evaluaciones parciales y a partir del análisis de los mismos se busca efectuar un diagnóstico con base en los errores cometidos. De este modo, en función de los datos de los primeros exámenes se podrán predecir errores futuros y dar sugerencias para realizar una ejercitación correctiva a fin de mejorar la producción. Para efectuar la predicción de los próximos errores se usa una RNA y sobre esta base se le sugiere al estudiante una secuencia de ejercicios y problemas a fin de mejorar su producción.

A pesar de las ventajas de las RNA y su amplia aplicación en los SBC su principal deficiencia radica en que son cajas negras que no explican ni permiten entender cómo se alcanza la solución. Lo anterior imposibilita al usuario establecer algún mecanismo para aprender a aprender, que basado en el análisis inteligente que realiza una RNA, le permita mejorar o perfeccionar sus estilos de aprendizaje o establecer analogías con la manera en que estos sistemas toman decisiones ante determinada situación.

### **1.5. Razonamiento Basado en Probabilidades**

En los sistemas que utilizan Razonamiento Probabilístico la adquisición del conocimiento consiste en coleccionar muestras y realizar un procesamiento estadístico que produzca las probabilidades o frecuencias que forman la base de conocimientos (Martínez Sánchez 2009). Estos sistemas se basan en modelos de Redes Bayesianas con base en la Teoría

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

de la Probabilidad. Esta red está compuesta por nodos y arcos, donde los nodos representan variables aleatorias que pueden ser continuas o discretas y los arcos interpretan influencias causales (Salarte Martínez and Castro Bermúdez 2012). La principal ventaja del razonamiento probabilístico sobre el razonamiento lógico es que el primero permite tomar decisiones racionales aún en los casos en que no haya suficiente información para probar que cualquier acción dada funcionará.

Los criterios de (Corso and Gibellini 2011) hacen pensar que el Razonamiento Probabilístico consiste en difundir los efectos de la evidencia por medio de la red para conocer la probabilidad a posteriori de las variables. Es decir a determinadas variables conocidas se les otorga una probabilidad y en base a esto se obtiene una probabilidad posterior. Para estimar estas probabilidades existen clasificadores bayesianos (Luque Malagón 2003; Santafé, Lozano et al. 2004) que en general utilizan una función para ubicar, según las características o atributos, a una instancia específica en una o en diferentes clases predefinidas. Se pueden mencionar algunos clasificadores bayesianos como:

- **Clasificador Bayesiano Simple:** asume que los atributos son independientes entre sí dada la clase, así que la probabilidad se puede obtener por el producto de las probabilidades condicionales individuales de cada atributo.
- **Redes bayesianas dinámicas:** este clasificador permite representar el estado de las variables en un cierto momento de tiempo.

Pese a las ventajas que posee el Razonamiento Basado en Probabilidades su principal inconveniente consiste en la dificultad que presenta la construcción de las redes cuando existen carencias de conocimiento con ayuda de expertos humanos. Además no son viables para explicar el razonamiento, pues al igual que en las RNA, los métodos y modelos que utiliza están aún lejos de ofrecer explicaciones comprensibles y satisfactorias para los expertos que pudieran utilizar las redes desarrolladas actualmente (Febles Espinosa 2013). Por las razones descritas con anterioridad resulta esta técnica poco relevante para la presente investigación. Sin embargo, existen otras técnicas de Inteligencia Artificial que basan su razonar en modelos e ideas más acercadas a la realidad. Tales son los casos del Razonamiento Basado en Reglas y el Razonamiento Basado en Casos.

### 1.6. Razonamiento Basado en Reglas

## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

El Razonamiento Basado en Reglas (RBR) es otra de las técnicas de IA utilizada en la implementación de SBC. La utilización de esta técnica comienza en la década de los 70 y aún en la actualidad no ha perdido vigencia. Una regla es definida mediante una estructura de la forma “IF (antecedente) THEN (consecuente)” en la cual si el antecedente es verdadero entonces el consecuente también lo será (Norzaidah Md, Ahmad et al. 2012). Una regla puede estar compuesta por más de un antecedente enlazados mediante AND o OR, por ejemplo: “IF día\_nublado AND humedad\_elevada THEN día\_lluvioso”.

Los Sistemas Basados en Reglas (SBR) se componen por tres elementos fundamentales según (Nalepa and Bobek 2014): una base de conocimiento, una base de hechos y una máquina de inferencia. La base de conocimientos almacena el conjunto de reglas, la base de hechos contiene la información necesaria para chequear cuáles condiciones de una regla se satisfacen en determinado análisis y la máquina de inferencia es la encargada de implementar mecanismos para procesar una regla de la base de conocimientos (Abraham 2005). Para lograr lo anterior la máquina de inferencia puede utilizar diferentes estrategias, sin embargo las más populares, reafirmado además por (Sasikumar, Ramani, Muthu Raman, Anjaneyulu and Chandrasekar 2007) son el encadenamiento hacia adelante y el encadenamiento hacia atrás.

En el encadenamiento hacia adelante el sistema analiza cada regla para determinar cuál es la que mejor satisface los antecedentes en determinada situación, en caso de existir varias reglas satisfechas se debe seleccionar una de ellas. Una vez seleccionada una regla se procede a su ejecución para determinar un resultado. Esta última acción podría dar lugar a añadir una nueva regla a la base de conocimientos o una nueva entrada en la base de hechos. Esta estrategia es conveniente utilizarse cuando la cantidad de soluciones posibles es considerablemente amplia. Por su parte, el encadenamiento hacia atrás es válido aplicarlo cuando hay pocas soluciones posibles y los valores de entrada no son adquiridos automáticamente. Esta estrategia tiene como objetivo determinar qué reglas pueden inferir un hecho determinado, realizando un análisis que parte del consecuente hacia los antecedentes. En el caso que no se encuentre una regla en la que sus premisas satisfacen la situación actual, se considera fallida la ejecución (Sasikumar, Ramani, Muthu Raman, Anjaneyulu and Chandrasekar 2007).

El RBR se utiliza en numerosos SBC. MICYN (Hance Shortliffe 2011) utiliza RBR para ofrecer su diagnóstico. Otro ejemplo del uso de esta técnica de IA es el caso de (Font

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

Fernández 2008) donde se propone un sistema basado en reglas que se aplica para la detección de lesiones de rodillas a partir de curvas isocinéticas<sup>3</sup>. Estas curvas se obtienen mediante una máquina que registra la fuerza muscular de una persona al realizar un determinado ejercicio. El sistema entonces analiza las curvas que provee la máquina considerando ciertas variables establecidas y detectando posibles lesiones. Un interesante sistema donde se aplica también RBR es el asistente automático de la tienda online IKEA (IKEA 2014). El sistema cuenta aproximadamente con 35,000 reglas utilizadas para intentar establecer una conversación coherente con los usuarios del sitio mediante un asistente virtual. Su principal misión es ayudar en la navegación de la página y responder a las preguntas frecuentes que realizan los usuarios del sitio.

El RBR es una técnica apoyada por muchos investigadores, sin embargo, la dificultad de aplicar un RBR radica en la cantidad de reglas de producción a emplear según el dominio o características del problema a resolver. Aunque poseen gran modularidad, uniformidad en el conocimiento y naturalidad en el lenguaje de representación, estos sistemas no logran reconocer qué reglas aplicar en cada ciclo, perdiéndose así la perspectiva global del conjunto de reglas al tener que ser analizadas una a una (Cordero Morales, Ruiz Constanten et al. 2013). El Razonamiento Basado en Casos (RBC), constituye una alternativa a los SBR especialmente cuando la cantidad de reglas es inmanejable, cuando la teoría del dominio es débil o incompleta o cuando no se cuenta con un experto para definir las reglas (León Rodríguez, Estrada Sentí et al. 2010).

### **1.7. Razonamiento Basado en Casos**

El Razonamiento Basado en Casos es una técnica de IA que de forma similar a los humanos intenta llegar a la solución de nuevos problemas utilizando la experiencia acumulada en situaciones similares (Bregón, Simón et al. 2005; Cordero Morales, Ruiz Constanten and Torres Rubio 2013; Delgado Dapena 2002; Jiménez Builes and Ovalle Carranza 2008; Norzaidah Md, Ahmad, Shamimi Ab and Mohd Ali 2012; Ochoa, Hernández et al. 2006; Wong Portillo 2012). Un sistema de RBC según (Huapaya 2009) aprende de sus experiencias almacenándolas como nuevos casos. Los componentes fundamentales de un sistema de RBC son la Base de Casos (BC) y un Motor de Inferencia (MI) (Maraza Quispe, Herrera Quispe et al. 2013).

---

<sup>3</sup> Movimiento ayudado o no por una máquina, realizado a una velocidad constante, para permitir que la fuerza desarrollada por el músculo quede fijada a lo largo del movimiento.

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

La BC contiene las experiencias, ejemplos o casos a partir de los cuales el sistema hace sus inferencias. Los casos se obtienen a partir del trabajo de expertos humanos o desde datos existentes registrados, por ejemplo, en una base de datos. La BC puede ser representada a través de una tabla cuyas columnas son etiquetadas por variables o atributos que representan los rasgos predictores y objetivos mientras sus filas representan los casos u otras formas de representación (Martínez Sánchez 2009). El autor de esta investigación hace notar que la BC puede estar formada por más de una tabla pero los atributos si tienen que responder todos a un mismo caso.

El MI es el encargado de dirigir el ciclo de los cuatro pasos que propone RBC: recuperación, adaptación, validación y almacenamiento (Jiménez Builes and Ovalle Carranza 2008). La recuperación consiste en encontrar en la BC aquellos casos relevantes que resuelven problemas similares al actual. Estos casos escogidos son utilizados para seleccionar cuál o cuáles de ellos pueden ser adaptados al problema vigente y derivar una solución. Una vez obtenida una posible solución se procede a la validación. Este paso se enfoca en chequear la consistencia de la solución derivada con la descripción del problema a resolver y aceptarlo o rechazarlo. Si se considera apropiada la solución validada se añade a la BC para ser usada en el futuro si es conveniente, este último proceso es el paso de almacenamiento. (Ochoa, Hernández, Alvarez, Burlak and Muñoz 2006).

Particularmente un caso es una situación que describe un problema específico previo, capturado y aprendido de tal forma que puede ser reutilizado en la resolución de problemas futuros (Wong Portillo 2012). Coincidiendo con las apreciaciones de (León Rodríguez, Estrada Sentí, Febles Díaz and Febles Rodríguez 2010; Ochoa, Hernández, Alvarez, Burlak and Muñoz 2006) un caso se compone generalmente de un problema que describe el estado del entorno cuando el caso ocurre y una solución que constituye la manera de resolver el problema previo. Una solución puede ser una información útil al usuario, una acción o un plan. Para comparar la similitud entre dos casos se utiliza una función de semejanza, esta función recibe dos casos y determina el grado de semejanza entre ellos. Determinar o seleccionar esta función es uno de los aspectos más importantes, según el autor de la presente investigación, en el momento de construir un sistema de RBC, a partir de ella se realizará el proceso de recuperación y por tanto el razonamiento.

El RBC está destinado a dos tipos fundamentales de tareas: tareas sintéticas y tareas analíticas, en esencia describen el tipo de acción para la cual el sistema será utilizado. Refiriéndose a este aspecto (Ochoa, Hernández, Alvarez, Burlak and Muñoz 2006) limitan



## **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

las tareas sintéticas a aquellas que intentan crear una nueva solución a partir de la unión de partes de soluciones previas. Ejemplos de ellas son la Configuración, Planeación y el Diseño de Proyectos, desde el punto de vista educativo pudieran incluirse la secuencia de tareas que un estudiante debe resolver para cumplir un determinado objetivo (es básicamente un problema de planificación). Por otro lado las tareas analíticas son las que generalmente comparan un caso con otro de la Base de Casos para determinar en qué categoría o clase se encuentra. Ejemplos de tareas analíticas son la Clasificación, el Diagnóstico, Soporte de Decisiones y las Tutorías. Estas últimas tareas, como se puede apreciar, presentan puntos en contacto con el objetivo perseguido en la presente investigación.

El RBC, por sus características y fortalezas es una de las técnicas de IA más utilizada en la construcción de Sistemas Inteligentes. Tal es el caso de (Martínez Sánchez, García Lorenzo, García Valdivia and Ferreira Lorenzo 2009) donde se propone un modelo para elaborar SEAI usando el RBC. En esta investigación se describe cómo los casos en la BC representan el estado del conocimiento y comportamiento del estudiante, así como el entrenador o material didáctico más adecuado. Cada caso es un ejemplo de modelado de estudiante, el cual se divide en modelo del estudiante (rasgos predictores), materiales didácticos más adecuados para ese modelo (rasgo objetivo). De esta forma dado un nuevo estudiante se diagnostica los entrenadores sugeridos para el mismo, adaptados a sus conocimientos y comportamientos.

Otro ejemplo de aplicación de RBC se refleja en la investigación de (Ovalle Carranza and Jiménez Builes 2007) donde se presenta un mecanismo de planificación instruccional implementado en un SEAI, el cual fundamenta su paradigma instruccional en tres modelos pedagógicos: conductismo, cognitivismo (cognición distribuida y aprendizaje basado en problemas) y la teoría histórico-social. Este sistema mediante el RBC utiliza la experiencia almacenada de la solución exitosa de problemas similares pasados para dar solución a problemas actuales. También en (Laza, Fernandez et al. 2000) se utiliza la técnica RBC en la construcción de una herramienta de apoyo en la elección de asignaturas optativas, que incorpora información acerca de los conocimientos y preferencias académicas de los estudiantes que han cursado al menos un curso en la universidad. La herramienta utiliza posteriormente esta información para aconsejar a nuevos estudiantes.

(Huapaya 2009) describe como la combinación de técnicas de RBC y métodos de filtrado puede servir para predecir estereotipos del estudiante incrementando la calidad de los

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

cursos creados con STI. Agrega además que esta técnica puede combinarse con agrupamientos (clústeres) de modelos de aprendiz para encontrar modelos de estudiantes similares a fin de personalizar la enseñanza y mejorar la adaptación de los cursos. En otro sentido (Maraza Quispe, Herrera Quispe and Alfaro Casas 2013) proponen un modelado del estudiante a partir de sus estilos de aprendizaje aplicando RBC. La finalidad de este modelo según sus autores, es permitir que los recursos, actividades y servicios educativos sean flexibles al estilo de aprendizaje del estudiante.

El RBC brinda grandes posibilidades en la construcción de SEAI-A. Su base, sustentada en la idea de encontrar soluciones a partir de la experiencia acumulada, constituye un potente método inteligente que fundamenta su razonar basándose en datos reales. Pensando en la posibilidad de utilizar esta técnica en la presente investigación, después de realizado un análisis de las técnicas de IA más usadas para estos sistemas, se concluye que RBC es la más acercada a la necesidad de dar un mejor aprovechamiento a la información que genera el estudiante durante el PEA en su propia personalización.

Teniendo en cuenta las características de la UCI, se puede asegurar que cada estudiante puede ser tratado como un caso a partir de que se cuenta con todos sus datos a pesar de que ellos están distribuidos en diferentes sistemas. Además se cuenta con los datos de los estudiantes de cursos anteriores que se almacenan en el EVA, en el Sistema de Gestión Académica y los otros sistemas de apoyo a la docencia con que cuenta la universidad. La tarea más importante sería diseñar o seleccionar una función de semejanza para comparar rasgos y establecer patrones y características comunes. De esta forma se podría realizar un razonamiento utilizando las experiencias previas de otros alumnos, aplicarlas o ajustarlas a un estudiante actual y lograr crear un modelo de dicho estudiante que posibilitaría la recomendación de un diseño instruccional o de la personalización de este acorde a sus capacidades, objetivos vencidos, estilos de aprendizaje, nivel de conocimientos etc.

### **2. Diagnóstico sobre la utilización de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes en el PEA de la UCI.**

Dada la compleja misión de la UCI se aplica un modelo para integrar sus procesos fundamentales: la docencia, la producción (como parte de la extensión) y la investigación (Martínez Ungo, Martínez Leyet et al. 2012). Hasta el momento se ha analizado la pertinencia de aplicar Sistemas Inteligentes Adaptativos como apoyo al PEA y así

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

favorecer el actual modelo. En la UCI se utilizan muchos sistemas para apoyar el PEA (EVA, Gestión Universitaria, Diagnóstico Integral), sin embargo muy pocos son Sistemas Snteligentes. Se pudiera añadir además que son escasas las investigaciones, realizadas dentro de la institución, dirigidas por la idea de introducir Sistemas Inteligentes en el PEA. A partir de estos problemas se decide realizar un análisis de algunas de estas investigaciones y las propuestas que presentan.

En los trabajos de (Martínez Espinosa 2004; Zulueta Véliz 2004) se presenta un Sistema Inteligente de Certificación Académica con el propósito de agilizar los procesos de confección, aplicación, revisión y evaluación de exámenes en la UCI. Esto incluye evaluar a los estudiantes sin la intervención continua de profesores y certificarlos académicamente en el conocimiento de una técnica determinada. Este sistema se presenta en las etapas de análisis y diseño. De igual forma, de existir constituiría un apoyo al actual proceso y forma de tratar las acciones relacionadas con los exámenes, pero no favorece, por ejemplo, a la enseñanza de una determinada asignatura de la carrera.

La investigación de (Rodríguez Llanes 2010) está centrada en un Sistema Inteligente de Soporte a la Toma de Decisiones desarrollado completamente en software libre, que constituye una solución genérica, reutilizable y multiplataforma, que utilizando técnicas de inteligencia artificial, específicamente el RBC, da la posibilidad a los dirigentes de cualquier institución u organismo de tomar una decisión correcta en un tiempo mínimo, ante una situación dada. Con una arquitectura cliente/servidor, este sistema, se consume desde la web como un servicio y puede ser perfectamente integrable lo mismo con un sistema de gestión hasta con un sistema de información geográfica que apoye también el proceso a informatizar. A pesar que durante el PEA, la toma de decisiones por parte de los profesores es un punto clave, no es suficiente con decidir ¿qué hacer? sino se conoce ¿cómo hacerlo? y ¿cuándo hacerlo? Este sistema puede aportar beneficios a muchas áreas, sin embargo, no es suficiente para lograr personalizar el PEA.

Más enfocado a las necesidades de la UCI (Cruz Pazos and Pacheco Piñeyro 2010) desarrollan un SEAI de apoyo al curso introductorio de Matemática. Este sistema tiene las características y potencialidades de un STI pero su principal inconveniente radica en su estructura rígida y poco flexible. Lo anterior se justifica en que el sistema al ser creado para una única asignatura no es capaz de utilizarse en otra sin la necesidad de realizarle modificaciones. Asimismo (Duarte Correa and Segovia Vega 2010) proponen una arquitectura para desarrollar STI bajo la metodología PASSI. La propuesta según los

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

autores es utilizable para desarrollar STI para cualquier sea su fin, sin embargo no existe un sistema desarrollado sobre esta arquitectura que se utilice actualmente en el PEA de la universidad.

### **3. Metodología y herramientas utilizadas en la solución**

La Ingeniería de Software es definida por la IEEE como “la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable para el desarrollo, operación y mantenimiento del software; es decir, la aplicación de ingeniería al software”. Esta disciplina es un área compleja que ofrece un amplio conjunto de herramientas, artefactos, métodos y técnicas con el fin de desarrollar y mantener productos de software de calidad. Sin embargo, seleccionar cada uno de estos elementos requiere un análisis de acuerdo a las características del producto final y principalmente al entorno de desarrollo del software. El presente epígrafe realiza un análisis de las principales herramientas y metodologías existentes seleccionando las más adecuadas para soportar la solución de la presente investigación.

#### **3.1. Metodología de desarrollo**

La selección de la metodología de desarrollo es una de las tareas más importantes para cualquier equipo de desarrollo de software. La misma justifica el uso de artefactos, técnicas, herramientas, procedimientos y un soporte documental correspondientes al ciclo de vida de un producto de software. Las metodologías de desarrollo de software se han clasificado en dos grandes grupos: las ágiles y las tradicionales o pesadas.

Las metodologías pesadas son aquellas que están guiadas por una fuerte planificación durante todo el proceso de desarrollo con numerosas políticas y normas. Comprenden la realización de una intensa etapa de análisis y diseño antes de la construcción del sistema. Generalmente son aplicadas en grandes equipos de desarrollo donde existe además un elevado número de roles. Este tipo de metodologías se basan principalmente en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo y poseen una cierta resistencia a los cambios (Amaro Calderón and Valverde Rebaza 2007).

Como una alternativa para las metodologías pesadas surgen en la década de los 90’s las metodologías ágiles (Rivadeneira Molina 2013). Al decir de (Letelier and Penadés 2004) estas metodologías se aplican a un amplio rango de proyectos; principalmente en aquellos donde el equipo de desarrollo es pequeño, existen pocos roles, se generan pocos

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

artefactos, los plazos de entrega son reducidos, existen requisitos volátiles y se basan en las nuevas tecnologías. Este análisis permite decidir utilizar metodologías ágiles para guiar la presente investigación.

Entre las principales metodologías ágiles usadas con mayor frecuencia en el proceso de desarrollo de software se encuentran: *eXtreme Programin (XP)*, *Scrum*, *Microsoft Solutions Framework (MSF)*, *Lean Development* entre otras como refiere (Amaro Calderón and Valverde Rebaza 2007). En el caso particular de la investigación se decide utilizar XP por ser uno de los máximos exponentes de las metodologías ágiles, además por sus características, flexibilidades y por el amplio material bibliográfico existente en la web relacionado con la forma de utilizarla.

### ***eXtreme Programin (XP)***

XP es creada por Kent Beck<sup>4</sup> cerca de 1999 siguiendo cuatro valores primordiales: comunicación, simplicidad, coraje y retroalimentación (Beck 1999). Se fundamenta por ser una metodología centrada en fortalecer las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software. Para lograrlo promueve el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa además en retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, la comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y el coraje para enfrentar los cambios. XP se recomienda especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos o muy cambiantes y donde existe un alto riesgo técnico (Canós, Letelier et al. 2004). Algunos de los artefactos fundamentales que genera XP son las historias de usuario, las tarjetas CRC, el código, las pruebas unitarias, de integración y de aceptación.

Las **historias de usuarios** es una de las técnicas para especificar los requisitos de software, son tarjetas donde se describen de forma muy puntual las características que el sistema debe poseer. Las historias de usuario pueden ser descompuestas en tareas para ser asignadas a varios programadores a la vez. Cada historia de usuario es lo suficientemente comprensible y delimitada para que los programadores puedan implementarla en unas pocas semanas (Jeffries, Anderson et al. 2001). Homólogamente a

---

<sup>4</sup> Kent Beck es un ingeniero de software estadounidense creador de las metodologías de desarrollo de software XP y el desarrollo guiado por pruebas (*Test-Driven Development* o TDD. Beck fue uno de los 17 firmantes originales del Manifiesto Ágil en 2001

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

las historias de usuario las **tarjetas CRC** (de clase, responsabilidad y colaboradores) son técnicas para realizar la especificación de cada clase del sistema.

XP pone la comprobación como el fundamento del desarrollo, con cada programador escribiendo pruebas cuando crean su código de producción (Fowler 2003). Las **pruebas unitarias** se enfocan solamente en comprobar pequeñas cantidades de código, solamente prueban el código del requerimiento específico. Este tipo de pruebas se aísla de otro código y de otros programadores evitando interferir con el trabajo realizado por otros (Rojas 2012). Las **pruebas de integración**, buscan asegurar el correcto funcionamiento del sistema o subsistema así como encontrar problemas que pueden surgir debido a la unificación o integración de los componentes. Finalmente según (Sommerville 2005) las **pruebas de aceptación** se refieren a la revisión junto al cliente de las funcionalidades implementada buscando la "aceptación" de la solución presentada.

La forma de comunicación entre los programadores en XP es fundamentalmente a través del **código**, por ello se propone regirse por ciertos estándares de programación así como buenas prácticas, normas y estilos (Canós, Letelier and Penadés 2004).

### 3.2. Lenguaje de Programación

Un lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar computaciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas como las computadoras. Pueden usarse para crear programas que controlen el comportamiento físico y lógico de una máquina, para expresar algoritmos con precisión, o como modo de comunicación humana (Mark 2010). Son numerosos los lenguajes de programación existentes en la actualidad que se dirigen principalmente a dos tipos de software: aplicaciones web o aplicaciones de escritorio. El módulo que se propone en esta investigación, pese a que puede ser perfectamente una aplicación de escritorio, se implementará como una aplicación web, pues de esta forma se logrará una mejor comunicación con los otros componentes del sistema general y se podrán explotar las facilidades que ofrecen los servicios web. Se decide utilizar PHP como lenguaje de programación web.

#### PHP

PHP (acrónimo de "PHP: *Hypertext Pre-processor*") es un lenguaje de programación web de "código abierto" interpretado, de alto nivel, embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor (Ahour, Betz et al. 2006). Este lenguaje de programación nace en la década de

# CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN

## MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

los noventa del pasado siglo y actualmente es uno de los lenguajes de programación más importantes y populares para el desarrollo web. Puede ser desplegado en la mayoría de los servidores web y en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno.

A grandes rasgos la lógica de PHP es la siguiente: cuando el cliente hace una petición al servidor para que le envíe una página web, el servidor ejecuta el intérprete de PHP. Éste, procesa el script solicitado que generará el contenido de manera dinámica (por ejemplo obteniendo información de una base de datos). El resultado es enviado por el intérprete al servidor, quien a su vez se lo envía al cliente. PHP permite además la conexión a diferentes servidores de bases de datos tales como MySQL, PostgreSQL, Oracle, ODBC, DB2, Microsoft SQL Server, Firebird y SQLite (Rincón Carrera 2011).

### 3.3. Entorno de Desarrollo Integrado

Un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE de sus siglas en inglés) brinda todas las herramientas de programación dentro de un único espacio. Antiguamente los programadores tenían que editar los ficheros, salvarlos, correr el compilador, construir la aplicación y ejecutarla a través de un depurador. Actualmente un IDE integra en una única aplicación: editor, compilador, el depurador y herramientas para la administración de los proyectos. Todas estas posibilidades favorecen el aumento de la productividad del programador (Bolton 2014). Por sus ventajas, popularidad y facilidades, además de la experiencia de los autores de esta investigación en el trabajo con este IDE, se decide utilizar el IDE NetBeans para soportar la implementación de la solución.

#### NetBeans

En el sitio oficial<sup>5</sup> de NetBeans, su colectivo de desarrollo lo caracteriza como “un entorno de desarrollo o una herramienta para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Está escrito en Java pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Existe además un número importante de módulos para extender el NetBeans IDE. Es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso”. Según los autores del artículo “IDE de Programación” de la EcuRed<sup>6</sup> esta herramienta ofrece un excelente entorno para programar en PHP. Agregan también que NetBeans es perfecto y

---

<sup>5</sup> [https://netbeans.org/index\\_es.html](https://netbeans.org/index_es.html)

<sup>6</sup> [http://www.ecured.cu/index.php?title=IDE\\_de\\_Programaci%C3%B3n&printab](http://www.ecured.cu/index.php?title=IDE_de_Programaci%C3%B3n&printab)

muy cómodo para los programadores producto de su excelente balance entre una interfaz con múltiples opciones y un aceptable completamiento de código.

### 3.4. Framework de desarrollo

En el desarrollo de software, un *framework* de desarrollo es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, con base a la cual otro proyecto de software puede ser mejor organizado y desarrollado. Típicamente, puede incluir soporte de programas, bibliotecas, y un lenguaje interpretado, entre otras herramientas, para así ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto (González Rodríguez 2011). Para desarrollar la solución de la presente investigación se decide utilizar Symfony2 por ser uno de los *framework* de desarrollo de aplicaciones web más populares en los últimos tiempos.

### Symfony2

Symfony2 es la versión más reciente de Symfony el cual es utilizado para desarrollar aplicaciones PHP. Symfony2 separa la lógica del negocio, la lógica del servidor y la presentación de la aplicación web rigiéndose por un patrón arquitectónico Modelo-Vista-Controlador. Proporciona varias herramientas y clases encaminadas a reducir el tiempo de desarrollo de una aplicación web compleja. Además, automatiza las tareas más comunes, permitiendo al desarrollador dedicarse por completo a los aspectos específicos de cada aplicación. La versión 2.0 se anunció por primera vez a principios de 2009<sup>7</sup> y supone un cambio radical tanto en arquitectura interna como en filosofía de trabajo respecto a sus versiones anteriores. Symfony2 ha sido ideado para exprimir al límite todas las nuevas características de PHP 5.3 siendo uno de los frameworks PHP con mejor rendimiento. Su arquitectura interna está completamente desacoplada, lo que permite reemplazar o eliminar fácilmente aquellas partes que no encajan en determinado proyecto (Eguiluz 2011).

### 3.5. Herramientas CASE

Una herramienta de ingeniería de software asistida por computadora (CASE de sus siglas en inglés) es un software que soporta varias actividades de la ingeniería de software dentro del proceso de desarrollo de software. Se utilizan principalmente para la confección de

---

<sup>7</sup> <http://www.symfony.es/2009/03/06/asi-seran-las-novedades-de-symfony-20/>



# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

diagramas y modelos que soportan todas las fases del ciclo de vida del software principalmente el análisis y diseño. Proveen también funcionalidades para la generación automática de código. Lo anterior favorece al desarrollo colaborativo y al mantenimiento (Tomar 2011; Umar 2012).

Algunos de los procesos que soportan las herramientas CASE son:

- Creación de flujos de datos y modelos de entidad de relación.
- Establecimiento de relaciones entre los requerimientos y modelos.
- Desarrollo de diseños de alto nivel.
- Construcción de diagramas de procesos.
- Creación de casos de pruebas.

Como herramientas CASE para facilitar el modelado de datos, la construcción de diagramas y la generación automática de código en la presente investigación se decide utilizar Visual Paradigm for UML y Embarcadero ER/Studio. A continuación se describen brevemente estas herramientas.

### **Visual Paradigm for UML**

Visual Paradigm for UML (VP) es una herramienta CASE que soporta el ciclo de vida completo en el desarrollo de software: análisis y desarrollo orientado a objetos, construcción, prueba y despliegue. Permite diseñar todo tipo de diagrama de clases, realizar la ingeniería inversa, generar códigos a partir de diagramas y crear documentación. VP es una herramienta libre y multiplataforma (Rosales Morales, Marrero Clark et al. 2013).

### **Embarcadero ER/Studio**

Embarcadero ER/Studio es una herramienta CASE utilizada para realizar modelos y diseños de base de datos que contribuyen a la comprensión de las mismas. (ER/Studio 2008). Con esta herramienta los arquitectos de base de datos tienen la posibilidad de ejecutar fácilmente la ingeniería inversa, analizar y optimizar bases de datos. Su comprensivo manejo de diagramas simplifica la construcción y mantenimiento de complejos modelos de datos (Embarcadero 2009).

ER/Studio ofrece:

- Un entorno para manejar el diseño de modelos de datos.

- Completo soporte para el ciclo de vida de bases de datos.
- Diseño de almacenes de datos y soporte de integración.
- Calidad en el diseño de bases de datos.

### 3.6. Sistema Gestor de Base de Datos

Un sistema gestor de base de datos (SGBD) es básicamente un sistema computarizado cuya finalidad general es almacenar información y permitir a los usuarios recuperar y actualizar esa información a través de peticiones o consultas. La información puede ser cualquier dato que resulte importante para el individuo u organización; en otras palabras, todo lo necesario para auxiliar el proceso general de su administración (Date 2001). En estos sistemas se proporciona un conjunto coordinado de programas, procedimientos y lenguajes que permiten a los distintos usuarios realizar sus tareas habituales con los datos, garantizando además la seguridad de los mismos (Sánchez Asenjo 2013). Algunos de los SGBD libres son SQLite<sup>8</sup>, DB2 Express-C<sup>9</sup>, Apache Derby<sup>10</sup>, MariaDB<sup>11</sup>, MySQL<sup>12</sup>, PostgreSQL<sup>13</sup> entre otros. Para el manejo de los datos del sistema propuesto en la investigación se utilizará como SGBD PostgreSQL.

#### PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema gestor de base de datos objeto-relacional, bajo licencia BSD. Esta licencia permite el uso del código fuente en software no libre. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más avanzado del mundo y en sus últimas versiones posee muchas características que solo se podían ver en productos comerciales de alto calibre. PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando (PostgreSQL 2013).

Este SGBD se ejecuta en casi todos los principales sistemas operativos: Windows, Linux, Unix, BSDs, Mac OS, Beos, etc. Posee además una documentación muy bien organizada, pública y libre, colmada por comentarios de los propios usuarios.

### 4. Conclusiones del capítulo

---

<sup>8</sup> <http://www.sqlite.org>

<sup>9</sup> <http://www.ibm.com/software/data/db2/express/>

<sup>10</sup> <http://db.apache.org/derby/>

<sup>11</sup> <http://mariadb.org/>

<sup>12</sup> <http://dev.mysql.com/>

<sup>13</sup> <http://www.postgresql.org>

# **CAPÍTULO I: LOS SISTEMAS INTELIGENTES ADAPTATIVOS EN LA EDUCACIÓN**

## **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

Luego de realizar un análisis profundo del estado del arte de los Sistemas Inteligentes Adaptativos en la educación y de las tendencias computacionales actuales impulsadas por el uso de las TIC se concluye que:

- Las TIC favorecen al desarrollo y perfeccionamiento de la educación superior introduciendo tendencias que permiten mejorar el PEA propiciando además la vinculación de la Inteligencia Artificial dentro de dicho proceso dando lugar al surgimiento de los SEAI-A en respuesta a los problemas que presentaban los sistemas de enseñanza tradicionales.
- El paradigma de Razonamiento Basado en Casos es útil dentro de la implementación de Sistemas Basados en el Conocimiento para incorporar la experiencia previa de estudiantes y aplicarlas a futuros planes instruccionales.
- Las Analíticas de Aprendizaje destacan en el manejo de los datos y la información generada durante los procesos docentes. Dentro de los Sistemas Inteligentes permiten caracterizar el estado de los estudiantes en cuanto a los objetivos vencidos y su desempeño en el PEA.
- La Computación en la Nube brinda innovadoras propuestas para acceder, compartir y gestionar esta información mediante el uso de servicios web.
- Utilizar Entornos de Aprendizaje Adaptativos dentro de la Universidad de las Ciencias Informáticas permitirá obtener de ellos todas las ventajas que ofrecen para perfeccionar y personalizar el actual PEA.
- La metodología de desarrollo XP, el lenguaje de programación PHP, el IDE NetBeans junto al framework de desarrollo Symfony2, las herramientas CASE Visual Paradigm y ER/Studio y finalmente el SGBD PostgrSQL permitirán apoyar el desarrollo de la solución favoreciendo al cumplimiento del objetivo general planteado en la investigación.

**CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

El presente capítulo persigue como principal objetivo describir las características técnicas del Módulo de servicios web que propone la investigación. Mediante la relación de aspectos teóricos y prácticos se establece un marco de trabajo a través del cual se determinan los principales componentes y artefactos del sistema. Algunos de estos elementos comprenden los requisitos funcionales y no funcionales, la definición del modelo de datos y el establecimiento de patrones y estilos arquitectónicos, así como de diseño. El capítulo incluye además la descripción de los elementos relacionados con la BC que utilizará el sistema cuando se aplique el RBC para determinar la próxima actividad que debe realizar el estudiante.

**1. Descripción del sistema**

**1.1. Descripción del marco de trabajo del sistema**

Durante el desarrollo de la investigación se ha analizado un conjunto de material bibliográfico, sin embargo, las propuestas que se defienden en la mayoría de los artículos analizados carecen de una representación que se pueda considerar global, completa y apegada a la forma y los fundamentos de la educación superior cubana (Horuittinier 2009). El principal objetivo perseguido con este marco de trabajo es lograr representar el diseño instruccional en sus diferentes niveles, que puede ir desde la carrera (el más ambicioso y general), hasta la clase, la auto-preparación o el estudio independiente. Para el marco de trabajo propuesto se considerarán los siguientes niveles: carrera, disciplina, asignatura, tema y clase. Los análisis que se presentan a continuación parten del siguiente esquema:

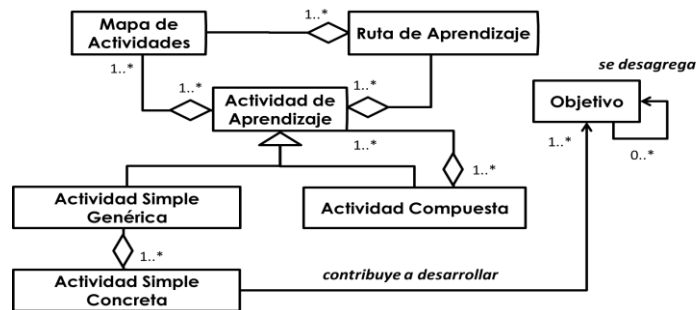


Figura 5: Esquema general del marco de trabajo propuesto.

Como se observa en el esquema general del marco de trabajo propuesto en la Figura 5 la idea central gira alrededor del cumplimiento de los objetivos (sin importar si estos son instructivos o educativos, pues eso tiene más relación con la naturaleza de las actividades de aprendizaje) y del término actividad de aprendizaje (AP). Una AP a su vez puede ser

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

simple o compuesta, la actividad de aprendizaje simple (AAS) puede ser entre otras una tarea docente o una actividad evaluativa.

La **clase** por ejemplo, como forma organizativa del PEA, la cual constituye el nivel más bajo de los que se trabajarán en esta investigación, es una actividad de aprendizaje compuesta en la cual se realizan diferentes actividades de aprendizaje simple; ejemplo de ellas son la autopreparación, el estudio independiente y la evaluación del aprendizaje. Con esta idea una disciplina es una actividad de aprendizaje compuesta cuyos componentes son sus asignaturas y su examen de disciplina si así procede.

Una **asignatura** será a su vez la composición de actividades compuestas referidas a sus temas y a su sistema de evaluación. Un tema estaría compuesto por actividades que irían a las clases y a la evaluación del aprendizaje. En la clase intervienen además los métodos empleados por el profesor para enseñar el contenido, las tareas y las evaluaciones. A partir de lo analizado en este punto es importante definir algunos conceptos relevantes para la propuesta presentada.

Una **actividad de aprendizaje** se refiere a todas aquellas actividades que el estudiante debe ejecutar durante el PEA y que contribuyen a lograr uno o varios objetivos. La actividad de aprendizaje puede clasificarse en simple o compuesta dependiendo de la cantidad de elementos de aprendizaje que en ella se definan.

El **objetivo** comprende el resultado que se espera alcanzar en el estudiante, se puede plantear en lenguaje de acciones. Los objetivos se clasifican, de acuerdo con el grado de trascendencia en la transformación que se espera alcanzar en los estudiantes en: instructivos y educativos. El **objetivo instructivo** se refiere a las transformaciones esperadas alcanzar por los estudiantes en sus pensamientos. Por su parte el **objetivo educativo** constituye las transformaciones a lograr en los sentimientos, convicciones y otros rasgos de la personalidad (Portuondo 2001).

La **actividad de aprendizaje simple** constituye una forma de organización del aprendizaje o del PEA. Una AAS puede traducirse en una tarea, un diagnóstico, un ejercicio o un método utilizado por el profesor durante el PEA. Además una AAS contribuye a desarrollar uno o varios objetivos de aprendizaje.

Asimismo una **actividad de aprendizaje compuesta** (AAC) constituye una forma de organización para relacionar las actividades simples, su objetivo es contribuir e incidir en el logro de uno o varios objetivos.

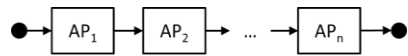
A partir de los conceptos anteriores y las explicaciones del esquema general del marco de trabajo se pasará a explicar las posibles relaciones que pueden existir entre actividades de aprendizaje así como sus características y formas de ensamblarse dentro del proceso docente. Por lo tanto, se establecen cuatro formas básicas de ensamblar las actividades de aprendizaje, sin importar si son simples o compuestas: linealmente, paralelamente, condicionalmente y repetitivamente.

#### 1.1.1. Ensamblaje lineal

Dos o más actividades de aprendizaje  $AP_1, AP_2, \dots, AP_n$  pueden ser ensambladas o combinadas de manera lineal a partir de un punto inicial, se escribe:

$$AP_1 \rightarrow AP_2 \rightarrow \dots \rightarrow AP_n, n \geq 1$$

Lo anterior representa que  $AP_1$  se ejecuta previo a la ejecución de  $AP_2$ , asimismo  $AP_{n-1}$  se ejecuta previo a  $AP_n$ . De manera gráfica se puede representar como:



Un ejemplo en la práctica de ensamblaje lineal es la secuencia de temas de una determinada asignatura.

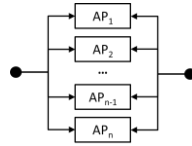
#### 1.1.2. Ensamblaje paralelo

Dos o más actividades de aprendizaje  $AP_1, AP_2, \dots, AP_n$  pueden ser combinadas de manera paralela a partir de un punto inicial, ello significa que todas las actividades se ejecutan paralelamente, sin que intervenga ninguna restricción. Las actividades al finalizar deben estar conectada a un mismo punto. Este tipo de ensamblaje se representa como:

$$[AP_1|AP_2|\dots|AP_{n-1}|AP_n], n \geq 2$$

Un ejemplo es las asignaturas dentro de un semestre, todas se van ejecutando de manera paralela, aunque es claro que existe una planificación y una relación entre ellas.

De manera gráfica se puede representar como:



**1.1.3. Ensamblaje condicional**

Para una mayor comprensión del ensamblaje condicional se divide en tres tipos: simple, compuesto y múltiple:

**1.1.3.1. Ensamblaje condicional simple**

Una actividad de aprendizaje AP<sub>i</sub> puede ser combinada como una actividad condicional simple cuando su ejecución depende de una condición, se representa como:

$$\overrightarrow{\text{condición}} \langle AP_i \rangle$$

La actividad se ejecuta solo cuando se cumple la condición. Un ejemplo clásico es el encuentro comprobatorio que muchas asignaturas realizan para determinar el derecho al examen o la nota final de un estudiante, esta actividad puede depender de determinadas condiciones. De manera gráfica se puede representar como:

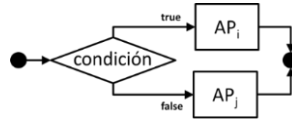


**1.1.3.2. Ensamblaje condicional compuesto**

Dos actividades de aprendizaje AP<sub>i</sub> y AP<sub>j</sub> pueden ser combinadas como una actividad condicional compuesta cuando su ejecución depende de una condición y hay solo dos caminos posibles, se representa como:

$$\overrightarrow{\text{condición}} \langle AP_i, AP_j \rangle$$

La actividad AP<sub>i</sub> se ejecuta cuando se cumple la condición y la AP<sub>j</sub> cuando no se cumple. La asignación personalizada de tareas docentes es en muchos casos un ejemplo, a los estudiantes se les puede “clasificar” de acuerdo a su estado cognitivo y sus resultados, ello en muchas ocasiones determina la tarea docente que deben realizar. De manera gráfica se puede representar como:



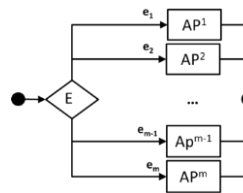
**1.1.3.3. Ensamblaje condicional múltiple**

Teniendo un conjunto de actividades de aprendizaje  $[AP_1, AP_2, \dots, AP_n]$  estas pueden ser combinadas como una actividad condicional múltiple cuando la ejecución de una  $AP_i$  depende de un valor en una escala ordinal finita  $E$  de orden  $m$ , se representa como:

$$\vec{E}\langle AP^1, \dots, AP^m \rangle$$

$\forall k \text{ tal que } 1 \leq k \leq m \quad AP^k \in \{AP_1, \dots, AP_n\}$

La asignación personalizada de tareas docentes es en muchos casos un ejemplo, a los estudiantes se les puede “clasificar” de acuerdo a su estado cognitivo y sus resultados, en este caso particular en más de una “clase” ello en muchas ocasiones determinan la tarea docente que deben realizar. Una posible forma es la selección de un valor aleatorio. El ensamblaje condicional múltiple se puede representar de manera gráfica como:



**1.1.4. Ensamblaje con repetición**

El ensamblaje con repetición de las actividades de aprendizaje puede ser: precondicional, postcondicional y controlada por contador.

**1.1.4.1. Ensamblaje con repetición precondicional**

El ensamblaje de una actividad de aprendizaje  $AP_i$  se dice con repetición precondicional, cuando la actividad puede ser ejecutada más de una vez pero la condición para su repetición se verifica antes de la ejecución de la misma, se representa como:

$$\langle AP_i \rangle_{\overline{\text{condición}}}$$

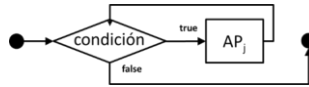
La aplicación de este ensamblaje puede ser la verificación del estado del estudiante y si este está por encima de determinados parámetros entonces puede omitirse la ejecución de  $AP_i$  la actividad estará ejecutándose hasta tanto se cumple la condición declarada. En este



## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

caso debe flexibilizarse y adecuarse la manera de la selección de la actividad que va a realizar el estudiante en aras de cumplir el o los objetivos al que está vinculado la condición. De manera gráfica se puede representar de la siguiente forma:

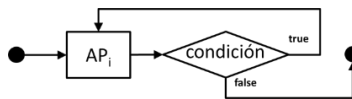


#### 1.1.4.2. Ensamblaje con repetición postcondicional

El ensamblaje de una actividad de aprendizaje  $AP_i$  se dice con repetición postcondicional, cuando la actividad puede ser ejecutada más de una vez pero la condición para su repetición se verifica después de la primera ejecución de la actividad, se representa como:

$$\langle AP_i \rangle_{\text{condición}}$$

De manera gráfica se puede representar de la siguiente forma:

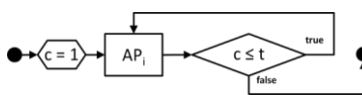


#### 1.1.4.3. Ensamblaje con repetición controlada por contador

El ensamblaje de una actividad de aprendizaje  $AP_i$  se dice con repetición controlada por contador, cuando la actividad debe ser ejecutada un número finito de veces  $t$ , se representa como:

$$\langle AP_i \rangle^t$$

Este tipo de ensamblaje con repetición se puede representar de manera gráfica de la siguiente forma:



En este punto en el cual se han presentado las formas de ensamblar las actividades de aprendizaje se introduce entonces el término mapa de actividades: no es más que un grupo de rutas que responden a diferentes niveles donde para conseguir su objetivo hay que recorrer todas las rutas que lo componen.

Se representa como una quintupla que contiene un conjunto de actividades de aprendizaje, las relaciones existentes entre las actividades de aprendizaje, una función de transición que determina si se puede transitar de una actividad de aprendizaje a otra, una actividad inicial y una actividad final:

**Mapa de actividades <actividades de aprendizaje, relaciones, función de transición, actividad inicial, actividad final>**

Un mapa de actividades puede representarse además como un dígrafo dirigido en el cual sus vértices son las actividades de aprendizaje. Las aristas del grafo comprenderían las relaciones entre las actividades y la forma en que se organizan. Existe además una función de transición encargada de validar el paso de un vértice a otro. El comienzo del proceso de aprendizaje es representado mediante una actividad inicial, el punto de verificación del cumplimiento de los objetivos y el fin del proceso de aprendizaje es representado mediante una actividad final. Si se analiza en este sentido, a nivel de asignatura, la actividad inicial pudiera ser la primera clase o el diagnóstico, incluso un diagnóstico que pudiera realizarse sin la presencia del estudiante a partir de los aprendizajes que ha realizado y los datos almacenados sobre sus anteriores actividades docentes.

Sobre un mapa de actividades se pueden organizar las actividades de diferentes formas con el fin de, a partir de la actividad inicial, realizar una secuencia de actividades hasta culminar con la actividad final. Lo anterior permite introducir el concepto de camino o ruta de aprendizaje. Un **camino o ruta de aprendizaje** sobre un mapa de actividades de aprendizaje es una secuencia finita de actividades de aprendizaje que comienza en la actividad inicial y termina en la actividad final. Se puede representar:

$$CA = \{AP_1, AP_2, \dots, AP_{n-1}, AP_n\}$$

Donde:

$$n > 2, AP_1 = AP_i, AP_n = AP_f$$

y se cumple que

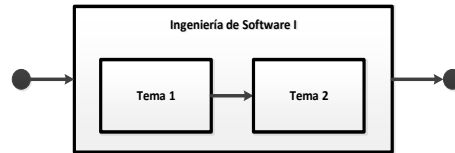
$$\forall i \ 1 \leq i \leq n - 1 (AP_i, AP_{i+1}) \in Relaciones.$$

Teniendo en cuenta la definición anterior, un **camino o ruta de aprendizaje ejecutado** es entonces donde se cumple además que  $\forall i \ 1 \leq i \leq n - 1 f(AP_i, AP_{i+1}) = true$ . En este caso se verifican las restricciones existentes entre los arcos de dos actividades relacionadas comprobando si se es válido el paso de cada actividad de la ruta de aprendizaje a la siguiente correspondiente dentro de la propia ruta.

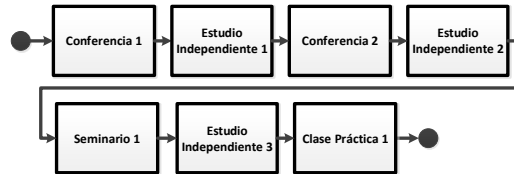
Para una mejor comprensión del marco de trabajo propuesto se presenta un ejemplo de cómo quedaría la modelación de la asignatura Ingeniería de Software I (ISW I). Esta modelación se le realiza solo a los temas 1 y 2 de la asignatura. Se puede partir definiendo una ruta de aprendizaje denominada Ingeniería de Software I la cual contiene dos actividades compuestas: Tema 1 y Tema 2. De manera gráfica se representaría:

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

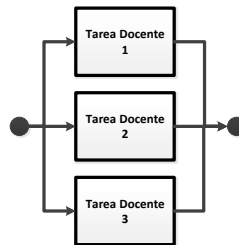
### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO



A su vez, el Tema 1 como actividad compuesta contiene varias actividades de aprendizaje. Estas actividades pueden ser simples o compuestas y conforman entre ellas una ruta de aprendizaje referida solamente a este tema. De manera gráfica se representaría:



En este sentido la actividad de aprendizaje compuesta Conferencia 1, contiene actividades simples genéricas correspondientes a las tareas que se ejecutan dentro de ella. Estas actividades pueden ensamblarse, por ejemplo, de manera paralela. De manera gráfica se representaría:



A partir del análisis teórico realizado durante la investigación, el marco de trabajo definido, junto a los principales conceptos abordados en este epígrafe se permitió concretar una arquitectura para el sistema dónde se mantuvo como premisa cada una de estas características. El siguiente epígrafe estará dedicado a la explicación de dicha arquitectura así como sus principales componentes y la relación de algunos sistema ya existentes con la misma.

### 1.2. Descripción de la arquitectura del sistema

En la siguiente imagen se muestra la arquitectura del Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza Inteligentes y Adaptativos propuesto en el proyecto de investigación de la MsC. Naryana Linares Pons y del cual forma parte el Módulo de servicios web presentado en este trabajo.

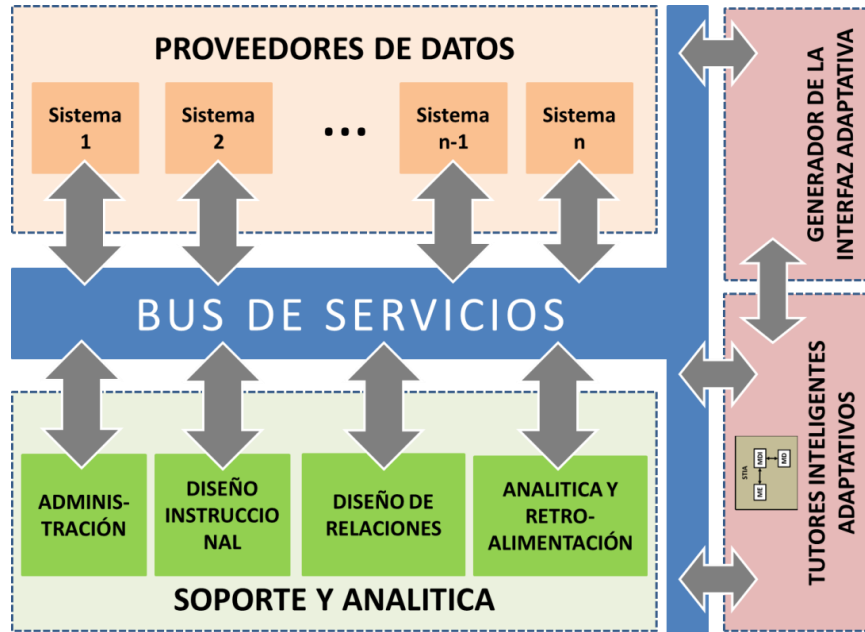


Figura 6: Arquitectura del modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza Inteligentes y Adaptativos

Para una mejor comprensión de la arquitectura y la relación con la investigación realizada y la propuesta presentada en este trabajo se explican a continuación cada uno de sus componentes:

**Proveedores de datos:** Como proveedores de datos se tienen los diferentes sistemas que se han implementado como parte de la nube computacional educativa con que cuenta la universidad. Estos sistemas tienen la ventaja de ser capaces de captar y gestionar grandes volúmenes de datos. Además en su implementación se tuvo como premisa una arquitectura orientada a servicio.

**Bus de Servicios:** La función del bus de servicios es la de permitir la conexión lógica entre los distintos sistemas implementados que ofrecen determinados servicios a la comunidad universitaria. A través del bus de servicios se intercambiarán los datos entre los diferentes dispositivos y sistemas.

**Soporte y Analítica (SYA):** Este es un elemento muy importante en la arquitectura propuesta. La capa SYA cuenta con tres componentes: el componente de Diseño Instruccional (CDI), el componente del Diseño para el establecimiento de Relaciones (CDR) y el componente de Analítica y Retroalimentación (CAR). EL CDI es el componente que propone las teorías instruccionales que se deben tener presente. El CDR se encarga de mantener las posibles relaciones entre los sistemas incorporados a la nube. El CAR se

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

ocupa de obtener la información y los datos que se generen de las interacciones que se desarrollan en la nube.

- **Administración:** En gran parte, la seguridad del sistema se encuentra en la autenticación. Cada usuario posee un acceso de acuerdo al rol que desempeñe. Este módulo es el responsable de la autenticación y el registro en la aplicación.
- **Componente de Diseño Instruccional:** El CDI funciona de manera sistemática y propone la utilización de teorías instruccionales y de aprendizaje para asegurar que se alcanzarán los objetivos planteados en cada momento. Para ello se realizará un análisis de las necesidades y metas educativas a cumplir.
- **Componente de Diseño de Relaciones:** Este componente establece las posibles interacciones que se ejecutan en la nube entre los diferentes sistemas que se han implementado como servicio. Al componente se pueden agregar aquellas interacciones válidas que se ejecuten de forma espontánea aunque no hayan sido preconcebidas inicialmente.
- **Componente de Analítica y Retroalimentación:** El CAR es el componente encargado del análisis de los datos como resultado de la interacción de los diferentes sistemas implementados e incorporados a la nube como servicios. Permite detectar las principales dificultades en los procesos de enseñanza-aprendizaje así como establecer los planes de tareas dinámicos y personalizados a partir del diagnóstico y la evaluación.

Entre los componentes de la capa SYA las relaciones se establecen a través del propio bus de servicios. El Componente de Diseño Instruccional propone las teorías instruccionales para el logro de determinados objetivos que son seguidas a través del Componente de Diseño de Relaciones cuyo propósito es predeterminar relaciones que tributen a los objetivos propuestos por el CDI y velar porque aquellas que se establezcan en la nube de manera espontánea obedezcan al logro de esos objetivos planteados inicialmente. Por su parte el Componente de Analítica y Retroalimentación informa a través de datos almacenados como evidencias de las interacciones que se producen en la nube, las debilidades y fortalezas que permiten explicar el cumplimiento de las metas y objetivos propuestos e informados con anterioridad.

**Tutores Inteligentes Adaptativos:** Los tutores se incorporan como servicios a la nube computacional educativa. La información y los datos que utilizan para personalizar la

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

enseñanza y diferenciar el trabajo formativo con los estudiantes la obtendrán de la interacción de estos con los sistemas que han sido implementados en la universidad para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Un tutor debe ser capaz de proponer qué hacer, cómo y cuándo hacerlo de manera que guíe en cada momento la actuación de los estudiantes orientándolos al logro de los objetivos, competencias y habilidades que estos deben obtener igual a como lo hace un profesor en su clase.

Los STI son servicios que se implementan con el objetivo de reforzar los procesos de enseñanza-aprendizaje. La relación entre la Capa de Proveedor de Datos y la Capa de Analítica y Soporte se mide a través de los datos que suministra la primera y que son utilizados por los diferentes componentes (CDI, CDR, CAR) de la última. Los STI para proponer rutas de aprendizaje personalizadas, planes de tareas dinámicos y diferenciados tienen que basar su actuación en resultados que parten del análisis de datos (diagnósticos, resolución de ejercicios, etc) y que incluye la verificación del cumplimiento de determinados objetivos tal y como lo hace un profesor en la clase. Para ello necesitan tener incorporados elementos que son transversales al proceso de enseñanza-aprendizaje y se obtienen del CDI. Del mismo modo deben prever posibles modos de actuación en los estudiantes y ello es posible con la existencia de un Componente de Diseño de Relaciones.

Un STI debe considerarse flexible y adaptable en la medida que su actuación se ajusta a las necesidades y demandas de los estudiantes. Para ello se deberán incorporar determinadas analíticas en el CAR que permitan analizar los datos que proveen los sistemas implementados en la universidad con los que constantemente el estudiante interactúa. Todo el intercambio que se ha descrito se realiza a través del bus de servicios que funciona como intérprete del tráfico que se produce y que explica la relación entre las capas propuestas en el diseño de la arquitectura. Es importante aclarar que cada uno de los módulos de la capa Soporte y Analítica son una parte de cómo se modela el PEA, porque los diferentes STI-A solo son ayudas al estudiante para el aprendizaje de determinada área del conocimiento dígase una clase, tema, asignatura o toda una disciplina, de ahí la escalabilidad del modelo.

**Componente Generador de la Interfaz Adaptativa:** Este componente es el encargado de analizar las características de cada usuario con el fin de crear un modelo que permita adaptar el entorno y los elementos de la interfaz a cada estudiante. La adaptación se realiza a partir de los datos almacenados de los usuarios en el sistema o utilizando técnicas de Inteligencia Artificial. Este componente persigue el fin de mantener al

estudiante motivado con la interacción con el sistema. Se enfoca en la activación o desactivación de links en la aplicación, combina colores y textos y adapta la navegación acorde al dispositivo de acceso.

Una vez analizada la arquitectura propuesta junto al marco de trabajo sobre el cual se desarrollará la investigación se procede al diseño y construcción de la base de datos del sistema. A continuación se describe dicha base de datos así como sus componentes y las relaciones existentes entre ellos.

### 1.3. Descripción de la base de datos del sistema y sus componentes

Luego de determinar el marco de trabajo y conocer la arquitectura previamente descrita se procede a diseñar una base de datos que soporte las características que se requieren y sea capaz de representar y almacenar toda la información del sistema general. El diagrama presentado en el **Anexo 1** corresponde al modelo de la base de datos creada. Se explican del mismo además en el **Anexo 2** las tablas más importantes y que aportan mayor relevancia dentro de la base de datos. Este modelo de datos es la vista más amplia de la base de datos propuesta para el sistema, sin embargo, para una mejor comprensión de la relación de dicho modelo con la arquitectura de un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Adaptativo se describen a continuación los componentes que están presentes dentro de esta base de datos y su relación con los módulos de un STI-A.

#### Componente Estudiante

El componente Estudiante mostrado en la Figura 7 es la propuesta para realizar la representación de datos referida al módulo Estudiante de un STI-A. Este componente almacena las características, los rasgos y estilos de aprendizaje de cada estudiante permitiendo realizar el modelado del alumno para establecer posteriores estrategias instruccionales. Además, utilizando los datos relativos al entorno y las características de conexión, se permite la adaptación de la interfaz según las peculiaridades y preferencias de cada estudiante. Es conveniente aclarar que la determinación de qué características almacenar de cada estudiante se realizó a partir de la propuesta de (González Gutierrez, Duque Mendez et al. 2008) para el modelado del alumno. Este modelo está abierto a la inclusión de nuevos elementos, pues diferentes tipos de STI requieren de diferente información del estudiante y en el modelo al que responde la base de datos se prevé que

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

se utilicen diferentes técnicas, por lo que las necesidades de información pueden ser diferentes.

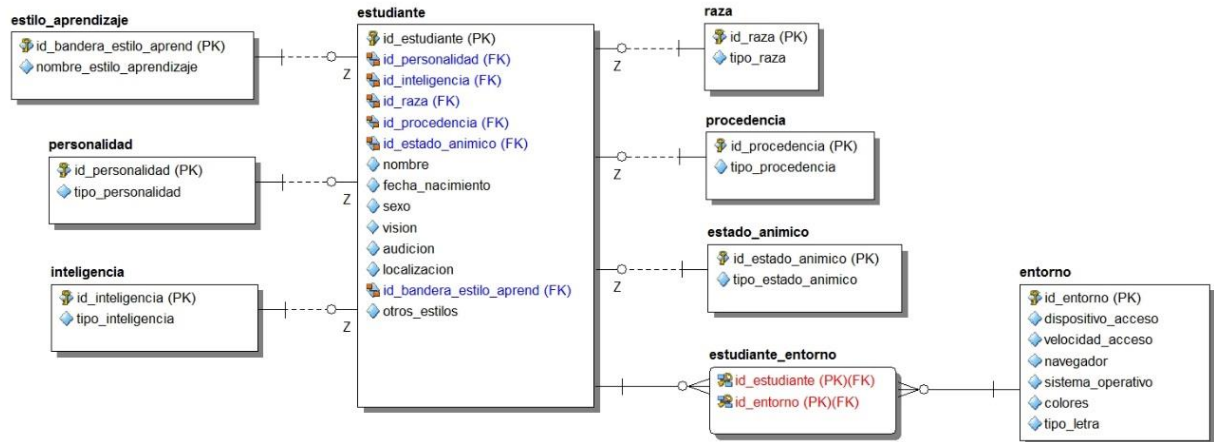


Figura 7: Componente "Estudiante" de la base de datos propuesta

### Componente Estudiante-Trazas

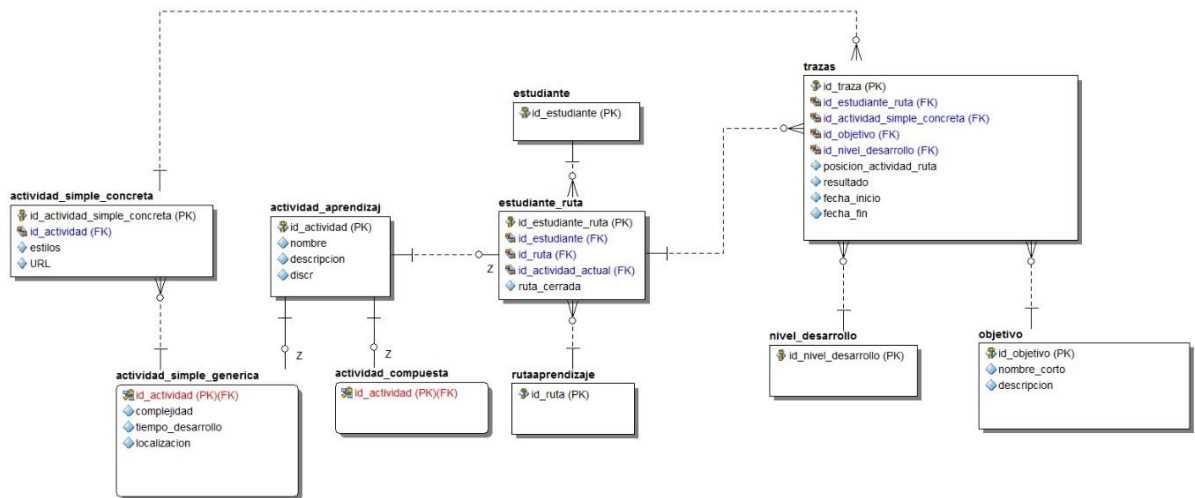


Figura 8: Componente "Estudiante-Trazas" de la base de datos propuesta.

El componente Estudiante-Trazas mostrado en la Figura 8 se desarrolla con el objetivo de monitorear y almacenar el comportamiento del estudiante en el sistema. Este componente almacena los resultados que va obteniendo cada alumno en cada actividad correspondiente a cada ruta de aprendizaje adaptada así como el nivel de desarrollo alcanzado en determinado objetivo. Un elemento interesante es que utilizando técnicas de IA estas trazas podrían ayudar en posteriores momentos a crear o adaptar rutas de aprendizajes a futuros estudiantes basándose en las experiencias acumuladas de anteriores alumnos no solo con el RBC.



### Componente Pedagógico

El componente Pedagógico, como se puede observar en la Figura 9, recoge datos de suma importancia para el sistema. Este componente es el encargado de gestionar los objetivos para un determinado nivel y las actividades que tributan al cumplimiento o logro de cada uno de ellos. Asimismo almacena las rutas de aprendizaje que se definen en el diseño instruccional inicial y las creadas por el propio sistema como parte del proceso de adaptación. El componente Pedagógico representa los datos que los módulos Tutor y Dominio de un STI-A necesitan. En la figura solo se muestran las tablas relevantes, se eliminaron aquellas que representan los nomencladores y tablas auxiliares.

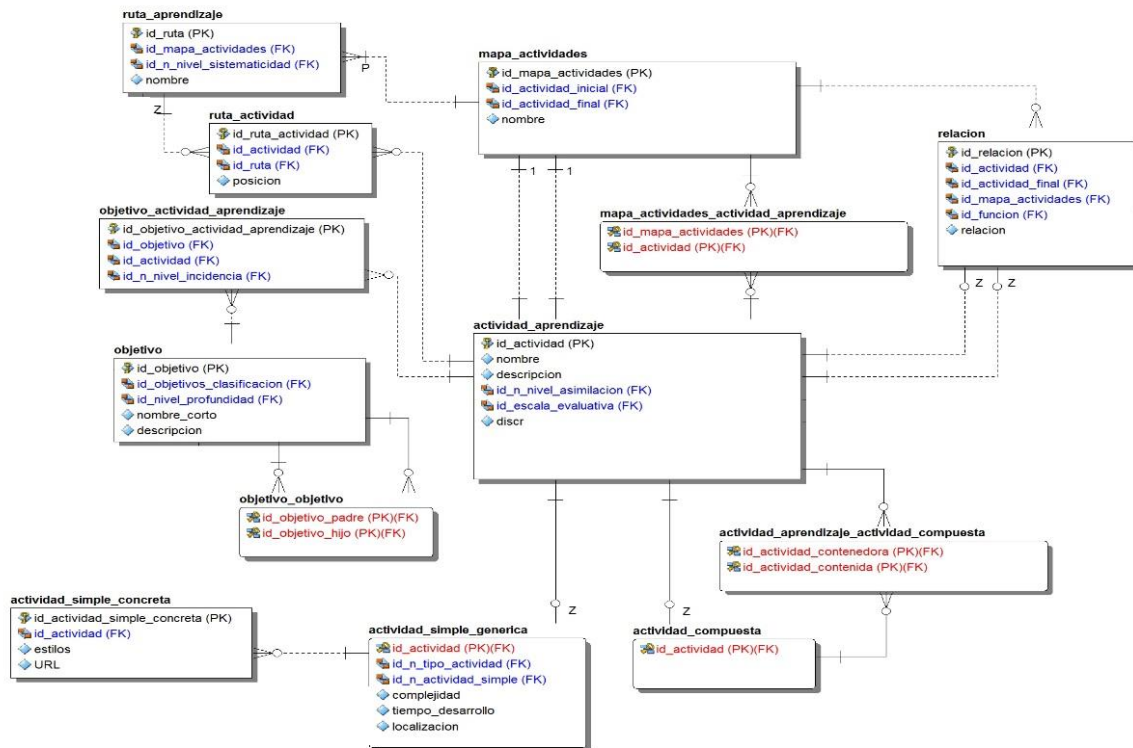
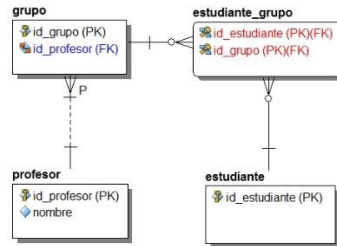


Figura 9: Componente "Pedagógico" de la base de datos propuesta.

### Componente Grupo

La Figura 10 corresponde al modelo de datos referente al componente Grupo de la base de datos propuesta. Este componente agrupa las tablas: grupo, profesor, estudiante\_grupo y estudiante.



*Figura 10: Componente "Grupo" de la base de datos propuesta.*

La idea principal de este componente es almacenar la relación que se establece entre un profesor, una ruta de aprendizaje y un estudiante en particular. Esta triple unión permite introducir el término “grupo”. Un grupo en este caso se refiere a cuando uno o más estudiantes se matriculan en una ruta de aprendizaje porque desean cumplir determinados objetivos. Esta ruta de aprendizaje corresponde a un profesor y los estudiantes que matriculan en la ruta son entonces los que conforman el grupo. Es importante aclarar que el profesor en este caso puede ser un profesor virtual creado por el propio sistema. A pesar que los estudiantes se matriculan a una ruta de aprendizaje que ofrece un profesor, esta ruta es adaptada según las características de cada alumno, con el fin de cumplir los objetivos para los que fue creada la ruta inicial genérica.

En este punto el análisis ha girado en función de determinar un marco de trabajo y describir una arquitectura para el modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos. Posterior a ello se analizó todo lo referente a la base de datos del sistema y se separó cada una de sus tablas en componentes según el fin para el que fueron creadas. A pesar que los análisis marchan un poco más allá de la propuesta de solución de la presente investigación estos son elementos fundamentales que se debían definir para comprender las características y funcionamiento del Módulo de servicios web. El siguiente epígrafe estará enfocado puramente en la descripción de este módulo en particular.

## 2. Descripción del Módulo de servicios web para el Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente y Adaptativo

En este punto ha quedado claro que la base central del Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Adaptativos se sustenta sobre el concepto de ruta o camino de aprendizaje, la definición de las actividades de aprendizaje y un diseño instruccional inicial que se modifica en correspondencia a las características de cada estudiante. El presente trabajo, como un componente de dicho modelo, ofrece un Módulo de servicios web que

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

encapsula las funcionalidades de un SEAI, especialmente en lo relativo a la adaptación de la ruta de aprendizaje para un estudiante en particular. A este módulo le denominaremos MSW-SEAI a partir de este punto. La orientación a servicios ha sido seleccionada principalmente para lograr acoplar dicho módulo a los demás elementos del modelo general. Una de las características más potente del MSW-SEAI es que utiliza técnicas de IA, específicamente el RBC, para determinar sus resultados y ofrecer las respuestas que brinda a través de servicios web que pueden ser consumidos desde otras aplicaciones. Por tanto, a partir de las características que debe poseer este componente, en lo que resta del capítulo, se determinarán los elementos necesarios para llegar a la fase de implementación de este sistema. Otro elemento importante es que este módulo puede quedar abierto a la adición de otros servicios en el futuro.

#### 2.1. Captura de requisitos funcionales y no funcionales

Los requisitos funcionales se definen según (Sommerville 2005) como las declaraciones de los servicios que debe ofrecer el sistema, su reacción ante entradas particulares y el comportamiento en situaciones específicas. En algunos casos los requisitos funcionales pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer. Para el MSW-SEAI se determinaron los siguientes requisitos funcionales (RF):

RF	Descripción
RF1	Inicializar la base de casos de una determinada ruta de aprendizaje.
RF2	Seleccionar la próxima actividad dado un estudiante, su entorno de trabajo y una ruta de aprendizaje.
RF3	Recuperar la ruta de aprendizaje ajustada a un estudiante dado.
RF4	Recuperar el estado actual de los objetivos vinculados a una determinada ruta de aprendizaje ejecutada por un estudiante.
RF5	Obtener las actividades y los objetivos de una ruta dado un estudiante y la ruta.
RF6	Cerrar una ruta de aprendizaje.
RF7	Brindar cada funcionalidad como un servicio web.

Por su parte los requisitos no funcionales (RNF) son aquellos que más allá de las funciones específicas del sistema se refieren a las propiedades que emergen de este como la fiabilidad, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento. En otras palabras, son aquellos requerimientos que definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida y las posibles representaciones de los datos en las interfaces del sistema (Sommerville 2005). Además estos requisitos se clasifican según sus características técnicas en: requerimientos de seguridad, de integridad, de disponibilidad, de usabilidad, de rendimiento, de portabilidad, de confiabilidad,

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

requerimientos de software y de hardware. Para el MSW-SEAI se determinaron los siguientes requisitos no funcionales:

**Requerimientos de seguridad:** La información manejada por el sistema podrá ser accedida por las personas que tienen los permisos para ello, por lo que estará protegida de acceso no autorizado y divulgación. Los usuarios accederán solo a la información correspondiente a su rol siempre y cuando se proporcionen los datos necesarios.

**Requerimientos de integridad:** Los datos contenidos en la Base de Datos no deberán ser redundantes o falsos. La información generada por el sistema será objeto de un alto nivel de protección contra la corrupción.

**Requerimientos de disponibilidad:** El acceso a la información y los servicios web deberá estar disponible para los usuarios autorizados en cualquier momento que sea solicitada. Los servicios web deberán estar disponibles 24x7x365.

**Requerimientos de usabilidad:** La aplicación debe ser lo más interactiva posible, proporcionando un acceso fácil a los servicios que se brindarán disminuyendo la dificultad del usuario al utilizarla.

**Requerimientos de rendimiento:** El sistema debe poder lograr un tiempo de respuesta de 0.1 a 0.7 segundos ante la concurrencia de peticiones.

**Requerimientos de portabilidad:** Los servicios podrán ser consumidos desde cualquier sistema operativo.

**Requerimientos de confiabilidad:** Se garantizará la llegada de los datos de forma íntegra y segura al destino. Los datos serán almacenados de forma segura en una Base de Datos.

#### Requerimientos de software

- El servidor central de procesamiento deberá tener instalado como Sistema Operativo Windows o Linux, deberá contar además con un servidor de aplicaciones web como por ejemplo el servidor WAMP (Windows) o LAMP (Linux).
- El servidor central de bases de datos deberá tener instalado Sistema Operativo Windows o Linux y Gestor de Base de Datos PostgreSQL 9.2.

**Requerimientos de hardware:** El Servidor central de procesamiento y el de base de datos requieren una memoria RAM de 2 GB DDR2 o superior, un procesador de 1.90 GHZ y 80

GB de capacidad de almacenamiento mínimo de disco duro. Además estos servidores deben poseer una tarjeta de red con velocidad mínima de transmisión de 1000 Mbps.

#### **2.2. Descripción de las historias de usuarios**

Las historias de usuarios, como se menciona en el capítulo anterior, son uno de los artefactos generados por la metodología XP y se crean a partir de los requisitos funcionales definidos. Las tablas relacionadas en el **Anexo 3** corresponden a las historias de usuario concebidas a partir de los requisitos funcionales del sistema.

#### **2.3. Selección de estilos arquitectónicos**

Mary Shaw y Paul Clements identifican los estilos arquitectónicos como un conjunto de reglas de diseño que identifican clases, componentes y conectores que se pueden utilizar para componer un sistema o subsistema. Roy Fielding sintetiza la definición de estilo, diciendo que un estilo arquitectónico es un conjunto coordinado de restricciones arquitectónicas que restringe los roles/rasgos de los elementos arquitectónicos y las relaciones permitidas entre esos elementos dentro de la arquitectura correspondiente a ese estilo (Reynoso and Kiccillof 2004).

En el artículo “Estilos y Patrones en la Estrategia de Arquitectura de Microsoft” (Reynoso and Kiccillof 2004) se expone la existencia de diversos grupos de estilos, entre estos se encuentran: Estilos de Flujos de Datos, Estilos Centrados en Datos, Estilos de Llamada y Retorno, Estilos de Código Móvil, Estilos Heterogéneos y los Estilos Peerto-Peer. Dentro de la familia de los Estilos Peerto-Peer se encuentra el estilo Arquitectura Orientada a Servicios (SOA). Este estilo arquitectónico, después de realizar una revisión bibliográfica profunda y según las características del sistema, se selecciona como el estilo a utilizar en el Módulo de servicios web. A continuación se realiza una breve descripción del mismo.

#### **Arquitectura Orientada a Servicios**

Según la guía de arquitectura de aplicaciones Microsoft, una Arquitectura Orientada a Servicios permite utilizar las funcionalidades de una aplicación mediante un conjunto de servicios. Los servicios utilizan interfaces basadas en estándares que pueden ser invocados, publicados o descubiertos además se centran en proporcionar un esquema y una interacción basada en mensajes a partir de un contrato predefinido. El estilo SOA puede empaquetar los procesos de negocio en los servicios interoperables, utilizando una

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

---

serie de protocolos y formatos de datos para comunicar la información. Los clientes y otros servicios pueden acceder a los servicios locales que se ejecutan en el mismo nivel, o acceder a los servicios remotos a través de una red de conexión (Microsoft 2009).

De acuerdo a (Microsoft 2009; Zamoszczyk 2006) las claves fundamentales de un estilo arquitectónico SOA son:

- **Los servicios son autónomos:** cada servicio se desarrolla, se mantiene, implementa y actualiza independientemente del resto.
- **Los servicios son distribuibles:** los servicios pueden estar ubicados en cualquier lugar de una red, de forma local o remota, siempre y cuando la red sea compatible con los protocolos de comunicación necesarios.
- **Los servicios están unidos ligeramente:** cada servicio es independiente de los demás, y puede ser reemplazado o actualizado sin romper las aplicaciones que lo utilizan, siempre y cuando la interfaz siga siendo compatible.
- **Los servicios comparten esquemas y contratos, no clases:** los servicios utilizarán contratos y esquemas para comunicarse, nunca se establecerá la comunicación a nivel de clases internas.
- **La compatibilidad se basa en la política:** la política en este caso significa la definición de características tales como el transporte, el protocolo y la seguridad.

Los mayores beneficios, afirmando los análisis de (Pelaez 2009b), del estilo de arquitectura SOA emergen a partir de 3 rasgos fundamentales:

- **Alineación con el Dominio:** el re-uso de servicios comunes con interfaces estándares incrementa las oportunidades de negocios y reduce costos.
- **Abstracción:** los servicios al ser autónomos y accedidos a través de un contrato formal proveen desacople y abstracción.
- **Capacidad de Descubrimiento:** los servicios pueden exponer descripciones que permiten a otras aplicaciones y servicios localizarlos y determinar de forma automática la interfaz.

En (Microsoft 2009) se describe cuándo un ambiente de desarrollo es idóneo para aplicar un estilo arquitectónico SOA, algunos de los elementos que destacan y tienen puntos en contacto con el objetivo perseguido con el desarrollo del Módulo de servicios web de esta investigación son:

- Se desea crear una aplicación basada en la nube.

- Se debe admitir la comunicación basada en mensajes entre los segmentos de la solicitud y exponer la funcionalidad de una manera independiente de la plataforma.
- Se desea exponer servicios que se pueden descubrir a través de directorios y pueden ser utilizados por los clientes que no tienen un conocimiento previo de las interfaces.
- Se desea la comunicación entre diferentes sistemas soportados sobre sistemas operativos diferentes e implementados en desiguales lenguajes de programación.

El estilo arquitectónico SOA está pensado para aplicaciones que desean consumir y brindar funcionalidades como servicios usando contratos y mensajes. Este estilo posee numerosas ventajas principalmente por su propia orientación a servicios y la posibilidad que permite para integrar y lograr la comunicación entre aplicaciones. Ya se mencionó que el MSW-SEAI es un componente del Modelo para diseñar SEAI, componente encargado, entre otras funciones, de proporcionar comunicación entre varias partes del modelo. Utilizar entonces la orientación a servicios es la mejor forma de proveer comunicación, funcionalidades y rapidez en la interacción de dicho módulo con las partes restantes del sistema general.

#### **2.4. Selección de patrones arquitectónicos**

Un patrón de arquitectura es una plantilla para una arquitectura de aplicaciones. Los patrones arquitectónicos especifican las propiedades generales a la estructura del sistema, y repercuten en la arquitectura de sus subsistemas. La selección de un patrón de arquitectura es por lo tanto una decisión fundamental al desarrollar un sistema de software (Marquina and Parra 2008). Durante el proceso de selección de un patrón arquitectónico para el Módulo de servicios web se realiza un análisis de los principales patrones existentes, además se consultan a expertos en el tema para conocer sus criterios y opiniones. Luego de realizado el análisis se decide, por las características del sistema a crear, utilizar el patrón arquitectónico N-Capas. A continuación se describe brevemente dicho patrón.

#### **Patrón arquitectónico N-Capas/3-Capas**

El patrón arquitectónico N-Capas se enfoca en la distribución de roles y responsabilidades de forma jerárquica entregando una forma muy efectiva de separación de responsabilidades. El rol indica el modo y tipo de interacción con otras capas, y la

## **CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

responsabilidad indica la funcionalidad que está siendo desarrollada. Una aplicación web típica está compuesta por 3 capas fundamentales: una capa de presentación (funcionalidad relacionada con la comunicación con el usuario), una capa de negocios (procesamiento de reglas de negocios y métodos) y una capa de datos o persistencia (funcionalidad relacionada con el acceso a datos) (Pelaez 2009a). Este tipo de composición (3-Capas) será la utilizada para el Módulo de servicios web. Seguidamente se explica el funcionamiento y las responsabilidades de cada capa del patrón después de revisar algunos materiales bibliográficos tales como: (Arevalo Lizardo 2010; Fernández Álvarez 2008; Galbán Izquierdo 2007; Pelaez 2009a).

#### **Capa de presentación**

Esta capa puede incluir a clases simples encargadas de crear un menú basado en líneas de comando o más complejas como crear una aplicación basada en objetos. La capa de presentación es la encargada a grandes rasgos de proveer la interacción con el usuario y facilitar las principales funcionalidades. Esta capa en el MSW-SEAI sería la encargada de acceder al contrato y requerir la ejecución de cada servicio solicitado por el cliente. Además permitiría brindar la respuesta de los propios servicios para consumirlas por el cliente.

#### **Capa de reglas de negocio**

Esta capa contiene la funcionalidad que implementa la aplicación. Involucra cálculos basados en la información dada por el usuario y datos almacenados y validaciones. Controla la ejecución de la capa de acceso a datos y servicios externos. Se puede diseñar la lógica de la capa de negocios para uso directo por parte de componentes de presentación o su encapsulamiento como servicio y llamada a través de una interfaz de servicios que coordina la conversación con los clientes del servicio o invoca cualquier flujo o componente de negocio. Esta capa en el MSW-SEAI sería la encargada de ajustar las funcionalidades del sistema a cada servicio. Abarcaría las clases encargadas de realizar análisis a partir de los parámetros introducidos por el usuario. En esta capa se encontrarían también las clases controladoras encargadas de manejar la forma de acceder a los datos y convertir la información almacenada en respuestas en forma de servicios.

#### **Capa de datos o persistencia**



La capa de datos o persistencia no es más que un grupo de clases y de componentes responsables del almacenamiento de los datos, esta incluye necesariamente un modelo de las entidades del dominio del negocio. La capa de datos, es la representación real de los datos y representa además la persistencia del estado del sistema. En esta capa se representan los procedimientos almacenados y el esquema de los datos. Esta capa representaría todas las clases entidades y abarcaría además las funciones creadas dentro de la base de casos del MSW-SEAI. Cubriría también aquellas clases o repositorios que almacenan las consultas para acceder a los datos de la base de datos.

#### 2.5. Selección de patrones de diseño

Un patrón de diseño es definido por (Marquina 2008) como un esquema de refinamiento de los subsistemas o componentes dentro de un sistema, o las relaciones entre estos. Describe una estructura común y recurrente de componentes interrelacionados, que resuelve un problema general de diseño dentro de un contexto particular. Los patrones de diseño tienen un alcance más reducido que los patrones de arquitectura y no dependen del lenguaje de programación, sin embargo la utilización de los mismos pudiera modificar la estructura de un subsistema. Los patrones de diseño están divididos en tres clases que son: Creacional, Estructural y de Comportamiento (Hamon 2014) además existen también los conocidos patrones generales de software para asignar responsabilidades GRASP (De sus siglas en inglés, *General Responsibility Assignment Software Patterns*)(Larman 1999). Se describen a continuación los patrones utilizados en la implementación del MSW-SEAI.

##### 2.5.1. Patrones GRASP

Los patrones GRASP describen los principios fundamentales de la asignación de responsabilidades a objetos. El nombre se eligió para indicar la importancia de captar (*grasping*) estos principios, si se quiere diseñar eficazmente el software orientado a objetos (Visconti and Astudillo 2006). De los patrones GRASP, después de analizar las revisiones de (Larman 1999; Visconti and Astudillo 2006) se utilizan los siguientes:

**Experto:** Este patrón es utilizado más que cualquier otro por su principio de asignar responsabilidades y por su concepto básico suele utilizarse en el diseño orientado a objetos. Este patrón se utiliza dentro del MSW-SEAI, por ejemplo, en la librería de Doctrine al encapsular toda la lógica de los datos y generar las clases con todas las funcionalidades comunes de las entidades.

**Bajo acoplamiento:** El bajo acoplamiento refiere a la escasa dependencia que debe existir entre las clases para lograr una mayor reutilización de ellas así como reducir el impacto de los cambios en el sistema y promover una mayor productividad. Si analizamos el MSW-SEAI, teniendo en cuenta además que en él se aplica el patrón Experto cada clase posee su lógica y solo ella la conoce, permitiendo así que otras clases solo tengan que solicitar alguna funcionalidad o servicio y mantener de este modo el bajo acoplamiento.

**Alta Cohesión:** El patrón Alta Cohesión está referido a las clases que poseen responsabilidades específicas a un área funcional y colaboran con otras para llevar a cabo determinadas tareas. Un ejemplo del uso de este patrón en el MSW-SEAI sería al usar Doctrine, encargado de la abstracción referente a la base de datos. Doctrine, como componente, está compuesto por varias clases que interactúan entre sí para llevar a cabo una tarea más grande como por ejemplo una consulta, el proceso sería el siguiente: un usuario solicita una consulta a la base de datos, existe una clase encargada de realizar la conexión con la base de datos, otra clase encargada de llamar a la consulta en el lenguaje sobre el que esté corriendo la base de datos y por último otra clase que es la encargada de devolver el resultado de dicha consulta en una estructura propia del lenguaje que se esté utilizando.

**Controlador:** El patrón Controlador se refiere a asignar a una determinada clase la responsabilidad del manejo de los mensajes de los eventos de un sistema, en el caso de Symfony2, framework de desarrollo sobre el cual se implementa el MSW-SEAI, estas clases serían los propios controladores de la aplicación. Las mismas son las responsables de que cuando el usuario solicita una URL se tome esta petición y se le devuelva la vista que solicitó o el servicio que desea consumir.

### 2.6. Descripción de las tarjetas CRC de las clases

Las tarjetas CRC son otros de los artefactos generados por la metodología XP. En ellas se establecen las responsabilidades de cada clase así como las relaciones o colaboraciones de las mismas con otras clases dentro del sistema. Las tarjetas CRC son una sustitución que realiza XP de los diagrama de clases que generan algunas otras metodologías, por ejemplo RUP. A continuación se presentan las tarjetas CRC de dos de las clases con mayor relevancia del MSW-SEAI. Algunas de las tarjetas CRC de las restantes clases se pueden encontrar en el **Anexo 4**.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

Tabla 1: Tarjeta CRC de la clase *FuncionalidadesController.php*

Tarjeta CRC	
<b>Clase:</b> <i>FuncionalidadesController.php</i>	
<b>Súper Clase:</b> <i>Controller.php</i>	
<b>Responsabilidades:</b>	<b>Colaboraciones:</b>
Se especializa en recuperar las actividades y el estado de los objetivos de una ruta a partir de un estudiante y una ruta determinada. Encargada de iniciar y cerrar la base de casos de una determinada ruta de aprendizaje. Además contiene el método para seleccionar la próxima actividad a realizar por un estudiante en una determinada ruta.	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>EstudianteRuta.php</i></li><li>• <i>Estudiante.php</i></li><li>• <i>RutaAprendizaje.php</i></li><li>• <i>RutaActividad.php</i></li><li>• <i>Trazas.php</i></li><li>• <i>ActividadSimpleGenerica.php</i></li><li>• <i>ActividadSimpleConcreta.php</i></li><li>• <i>Entorno.php</i></li></ul>

Tabla 2: Tarjeta CRC de la clase *BaseCasos.php*

Tarjeta CRC	
<b>Clase:</b> <i>BaseCasos.php</i>	
<b>Responsabilidades:</b>	
Controlar el acceso a los datos de la base de casos. Permite almacenar y recuperar un caso que relacione un estudiante, una actividad, una ruta y un objetivo. Ver epígrafe 2.7	<b>Colaboraciones:</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>FuncionalidadesController.php</i></li></ul>

### 2.7. Diseño de la base de casos

Durante el presente capítulo se ha reiterado que el objetivo fundamental del MSW-SEAI es encapsular las funcionalidades de un STIA, en este caso, relativo a la adaptación a cada estudiante de la ruta de aprendizaje genérica definida por un profesor.

La idea fundamental de aplicar el RBC consiste en utilizar la experiencia de estudiantes previos en cuanto al trabajo de los mismos con el sistema y mediante análisis proponer a los nuevos estudiantes una actividad concreta a realizar. Esta actividad debe corresponderse con la experiencia acumulada y debe contemplar los estilos de aprendizaje, las características del estudiante, al dispositivo de acceso y además debe pertenecer a la ruta de aprendizaje que cursa el estudiante y tributar al cumplimiento de un objetivo en específico.

A raíz de este análisis y teniendo en cuenta las características de la base de datos propuesta para el sistema se procede a confeccionar una BC que sea capaz de almacenar dicha información y que reúna los datos necesarios para proponer una actividad con los elementos que se requieren. La Figura 11 corresponde al modelo de datos definido para la base de casos del MSW-SEAI cuando se utiliza el razonamiento basado en casos.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

base_casos	
id_base_casos (PK)	
id_bd_ruta	
id_bd_actividad	
tipo_personalidad	
tipo_raza	
tipo_inteligencia	
procedencia	
sexo	
vision	
audicion	
localizacion	
dispositivo_acceso	
velocidad_acceso	
navegador	
sistema_operativo	
colores	
tipo_letra	
estilos_estudiante	
estilos_actividad	
complejidad	
tiempo_desarrollo	
escala_evaluativa	
nivel_asimilacion	
id_bd_objetivo	
nivel_desarrollo	
resultado	
url	

Figura 11: Base de casos propuesta para el MSW-SEAI.

Es importante recordar en este punto que un caso se compone por rasgos predictores y rasgos objetivos. En la Tabla 3 se especifica la composición utilizada para los casos de la base de casos destacando los rasgos predictores, los rasgos objetivos y algunos rasgos de apoyos utilizados para recuperar los casos más semejantes al nuevo caso.

Tabla 3: Composición de los casos de la base de casos.

COMPOSICIÓN DE UN CASO	RASGOS		TIPO RASGO
	A P O Y O	<i>id_bd_ruta</i> <i>id_bd_actividad</i> <i>tipo_personalidad</i>	
ESTUDIANTE	<i>tipo_raza</i> <i>tipo_inteligencia</i> <i>procedencia</i> <i>sexo</i> <i>vision</i> <i>audicion</i> <i>localizacion</i> <i>dispositivo_acceso</i> <i>velocidad_acceso</i> <i>navegador</i> <i>sistema_operativo</i> <i>colores</i> <i>tipo_letra</i> <i>estilos_estudiante</i> <i>estilos_actividad</i>		RASGOS PREDICTORES
ACTIVIDAD CONCRETA	<i>complejidad</i> <i>tiempo_desarrollo</i> <i>escala_evaluativa</i> <i>nivel_asimilacion</i>		
O B J E T I V O	<i>url</i> <i>resultado</i> <i>id_bd_objetivo</i> <i>nivel_desarrollo</i>		RASGOS OBJETIVOS

## CAPÍTULO II: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

Luego de realizado el modelo de datos de la base de casos del sistema y definida la estructura de los casos se procede a definir una función de semejanza de casos junto a otra función para comparar la similitud entre rasgos. Se determina como función de semejanza de casos la función propuesta por (Martínez Sánchez 2009):

$$\beta(E_0, E_t) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot \delta_i(r_i(E_t), r_i(E_0))}{\sum_{i=1}^n \omega_i}$$

Dónde:

$\omega_i$ : Importancia o peso de los rasgos predictores. Este valor se determina a partir del criterio de especialistas del dominio de aplicación.

$\delta_i(r_i(E_t), r_i(E_0))$ : Función de comparación de cada rasgo. En este caso la función utilizada para realizar la comparación entre rasgos es:

$$\bullet \quad \delta_i(r_i(E_0), r_i(E_t)) = \begin{cases} 1 & \text{si } r_i(E_0) = r_i(E_t) \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases}$$

Luego se diseña un algoritmo capaz de proponer la próxima actividad concreta que debe desarrollar determinado estudiante en una ruta a partir de sus características y estado. Para determinar la actividad este algoritmo aplica un grupo de reglas y utiliza el RBC con las funciones definidas previamente.

#### 2.7.1. Algoritmo para la selección de la próxima actividad a realizar por el estudiante

Por la importancia que posee para el MSW-SEAI se presenta a continuación el pseudocódigo del algoritmo que propone la próxima actividad.

**Algoritmo** proximaActividad( Estudiante e, Ruta r, Entorno en ) : Actividad[]

**Variables**

```
// Próxima actividad de la ruta r
próxima                : Actividad
// Arreglo de todas las actividades concretas que se corresponden con la próxima actividad
// en la ruta r
actividades_concretas  : Actividad[]
// Actividad a retornar
actividades_seleccionadas : Actividad[]
```

**Inicio**

```
// Seleccionar la próxima actividad en la ruta r
próxima = Proxima_actividad_ruta( r );

// Seleccionar todas las actividades concretas que se corresponden con próxima
actividades_concretas = ActividadesConcretas( próxima );

// Chequear que existan actividades concretas para poder aplicar las reglas de selección de
// la actividad
Si actividades_concretas.Cantidad = 0 entonces
    Retornar -1; //ERROR
Fin Si

// Reglas para seleccionar la actividad

// Regla 1. Chequear si hay solo una para no seguir seleccionando sobre el conjunto mínimo
Sino Si actividades_concretas.Cantidad = 1 entonces
    actividades_seleccionadas = actividades_concretas;
    Retornar actividades_seleccionadas;
Fin Si

// Regla 2. Seleccionar utilizando el Razonamiento Basado en Casos
Sino Si la base de casos de r esta inicializada entonces
    actividades_seleccionadas = Seleccionador_RBC( e, r, próxima, en );
    Retornar actividades_seleccionadas;
Fin Si

// Regla 3. Seleccionar usando el estilo de aprendizaje
Sino
    actividades_seleccionadas =
        Seleccionador_Estilos( e, actividades_concretas );
    Retornar actividades_seleccionadas;
Fin Si no

Fin Algoritmo
```

Si se analiza detalladamente el algoritmo, se puede percibir que pudiera darse el caso en que se retorne más de una actividad. Esta posible situación se fundamenta principalmente a partir de que varias actividades concretas que tributen a iguales estilos de aprendizaje

pueden pertenecer a una misma actividad genérica. De ocurrir esta situación el sistema retorna una lista de actividades concretas ordenadas según sean más adecuadas para realizar por el estudiante.

Resulta conveniente explicar que el método `Seleccionador_RBC()` realiza tres funciones fundamentales. Primeramente se recuperan los casos que pertenecen a la ruta de aprendizaje dada, de ellos se obtienen los casos que corresponden a las actividades simples concretas que pertenecen a la actividad simple genérica introducida. Luego a estos casos obtenidos se le aplica la función de semejanza de casos para obtener el grado de semejanza con la nueva situación. Finalmente se retorna una lista con los rasgos objetivos de cada caso incluyendo la url de las posibles actividades simples concretas a realizar por el estudiante y ordenadas según el grado de semejanza con el nuevo caso.

## 2. Conclusiones del capítulo

Luego de los análisis y diseños realizados dirigidos a concretar una propuesta de solución con las características necesarias para cumplir con el objetivo de la presente investigación, se concluye:

1. La definición de un marco de trabajo capaz de representar la estructura y relación entre las actividades que comprenden el PEA fue un punto de partida para definir los principales artefactos y componentes del Módulo de servicios web.
2. La descripción de la arquitectura del Modelo para diseñar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes y Adaptativos permitió justificar la necesidad de las principales funcionalidades del Módulo de servicios web, principalmente la preeminencia del uso de una Arquitectura Orientada a Servicios.
3. La metodología de desarrollo seleccionada para la investigación guió la generación de artefactos y diagramas necesarios para la siguiente etapa de implementación.
4. Mediante el diseño de la base de casos, la definición de las funciones para la semejanza de casos y rasgos y la construcción de un algoritmo que propone la próxima actividad a realizar por determinado alumno se facilitará la aplicación de la técnica de IA Razonamiento Basado en Casos.

## CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Luego de definidas las características del Módulo de servicios web y cada uno de sus componentes, se procede a la implementación del sistema. El presente capítulo persigue como objetivo describir las principales pruebas realizadas a la aplicación y exponer los resultados obtenidos después de aplicarlas. La realización de pruebas constituye la mejor manera de validar lo implementado y determinar el nivel de calidad que posee la propuesta realizada.

### 1. Diseño y ejecución de pruebas de software

El diseño y ejecución de pruebas de software son tareas arraigadas a una determinada estrategia de prueba. Esta estrategia integra los métodos de diseño de caso de pruebas del software en una serie bien planeada de pasos que influirán en la eficaz construcción del software. La estrategia proporciona los pasos que se darán como parte de la prueba, además de cuánto esfuerzo, tiempo y recursos consumirán. Por tanto, cualquier estrategia de prueba debe incorporar el diseño de casos de pruebas, la ejecución de pruebas y la recolección y evaluación de los datos resultantes (Pressman 2005).

Según Pressman y Sommerville una estrategia de prueba del software debe ser lo suficientemente flexible como para promover un enfoque personalizado. Al mismo tiempo, debe ser lo adecuadamente rígido como para promover una planeación razonable y un seguimiento administrativo del avance del proyecto. El software se prueba para descubrir errores cometidos al realizar el diseño y construcción. La prueba es un conjunto de actividades que se planean con anticipación y se realizan de manera sistemática (Pressman 2005; Sommerville 2005).

Una estrategia para la prueba del software debe incluir pruebas de bajo nivel (necesarias para confirmar la correcta implementación de un pequeño segmento de código fuente) y de alto nivel (que validen las principales funciones del sistema a partir de los requisitos del cliente). Debido a que los pasos de la estrategia de prueba son simultáneos, cuando empieza a aumentar la presión por las fechas límites debe tener la opción de medir los avances y buscar que los problemas aparezcan lo antes posible (Pressman 2005). Como estrategia de pruebas para la propuesta de solución en la presente investigación, teniendo presente la metodología de desarrollo utilizada, se establecen **pruebas unitarias** (como pruebas de bajo nivel) y **pruebas de aceptación** (como pruebas de alto nivel). La



## CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÓDULO DE SERVICIOS WEB

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

descripción de la ejecución de cada una de ellas así como los resultados obtenidos aparece en los epígrafes siguientes.

#### 2.1. Pruebas unitarias

La prueba de unidad se concentra en el esfuerzo de verificación de la unidad más pequeña del diseño del software: el componente o módulo de software. Tomando como guía la descripción del diseño al nivel de componentes, se prueban importantes caminos de control para descubrir errores dentro de los límites del módulo. Las pruebas de unidad se concentran en la lógica del procesamiento interno y en las estructuras de datos dentro de los límites de un componente.

PHPUnit es un entorno para realizar pruebas unitarias en el lenguaje de programación PHP. PHPUnit es un framework de la familia xUnit originada con SUnit de Kent Beck. Se creó bajo la idea de que cuanto antes se detecten los errores en el código antes podrán ser corregidos. Como todos los frameworks de pruebas unitarias, PHPUnit utiliza *assertions* para verificar que el comportamiento de una unidad de código es el esperado.

Este framework fue el utilizado para realizar las pruebas unitarias controlando la ejecución de las funcionalidades de la clase *FuncionalidadesController.php* y comprobando que las respuestas obtenidas eran las esperadas. Los errores encontrados a partir de la ejecución de estas pruebas fueron corregidos en su totalidad. El **Anexo 5** muestra algunas imágenes relacionadas con la ejecución de este proceso de pruebas.

#### 2.2. Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación se definen junto al cliente y persiguen el objetivo de comprobar el comportamiento del sistema a partir de los requisitos funcionales establecidos. Uno de los artefactos necesarios para realizar adecuadamente las pruebas de aceptación son los diseños de casos de prueba junto a los juegos de datos a probar. La Tabla 4 y la Tabla 5 corresponden respectivamente al caso de prueba diseñado para la historia de usuario **HU05** y a los juegos de datos a probar. Los restantes casos de pruebas pueden consultarse en el **Anexo 6**.

Tabla 4: Diseño de caso de prueba de aceptación para la historia de usuario HU05.

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Historia de Usuario:	<b>HU05:</b> Obtener las actividades y los objetivos de una ruta dado un estudiante y la ruta.
Descripción:	A partir del identificador de un estudiante y el de una ruta se deberán

## CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÓDULO DE SERVICIOS WEB

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

		recuperar los objetivos sobre los que el estudiante ha incidido durante la ejecución de la ruta así como las actividades realizadas para lograrlo. Esta información permitirá conocer cómo se ha ido ejecutando la ruta de aprendizaje paso a paso.	
<b>Condiciones de ejecución:</b>		Se ha realizado una petición para consumir el servicio.	
<b>Escenarios de prueba:</b>		<b>Flujo del escenario:</b>	<b>Resultados esperados:</b>
EP1	Se realiza una petición para consumir el servicio introduciendo parámetros válidos.	Se solicita el servicio introduciendo parámetros válidos en la URL. Se selecciona la opción para acceder a la URL escrita en la barra de direcciones.	El sistema devuelve un arreglo que contiene el identificador de las actividades y los objetivos a los que ellas tributan.
EP2	Se realiza una petición para consumir el servicio introduciendo parámetros inválidos.	Se solicita el servicio introduciendo parámetros inválidos en la URL. Se selecciona la opción para acceder a la URL escrita en la barra de direcciones.	El sistema muestra un mensaje describiendo el error ocurrido.
EP3	Se realiza una petición para consumir el servicio introduciendo parámetros válidos pero que no existen en la base de datos.	Se solicita el servicio introduciendo parámetros válidos en la URL. Se selecciona la opción para acceder a la URL escrita en la barra de direcciones.	El sistema muestra un mensaje describiendo el error ocurrido.
EP4	Se realiza una petición para consumir el servicio introduciendo parámetros válidos pero el estudiante no se encuentra matriculado en la ruta.	Se solicita el servicio introduciendo parámetros válidos en la URL. Se selecciona la opción para acceder a la URL escrita en la barra de direcciones.	El sistema muestra un mensaje describiendo el error ocurrido.

Tabla 5: Juego de datos a probar para la historia de usuario HU05.

JUEGO DE DATOS DE PRUEBA			
Escenarios de prueba	Id ruta	Id estudiante	Respuesta del sistema
EP1	<b>1</b>	<b>2</b>	<pre>array (size=1)   0 =&gt;     array (size=2)       'idObjetivo' =&gt; string '1' (length=1)       'idActividad' =&gt; string '24' (length=2)</pre>
	(V)	(V)	
EP2	<b>t</b>	<b>2</b>	ERROR: los identificadores del estudiante y la ruta deben ser valores numéricos.
	(l)	(V)	
	<b>1</b>	<b>t</b>	
EP3	(V)	(l)	ERROR: imposible encontrar un estudiante o una ruta con los identificadores especificados.
	<b>1</b>	(V)	
	(V)	(l)	
EP4	<b>1</b>	<b>8</b>	ERROR: El estudiante no se encuentra matriculado en la ruta.
	(V)	(V)	

Luego de confeccionar los casos de pruebas para cada historia de usuario se procede a comprobar el funcionamiento del sistema en una primera iteración. Esta comprobación se realiza con el objetivo de encontrar inconformidades en las respuestas esperadas por el

## CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MÓDULO DE SERVICIOS WEB

### MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO

MSW-SEAI e intentar corregirlas si existen. El Gráfico 1 refleja los resultados obtenidos en la primera iteración realizada.

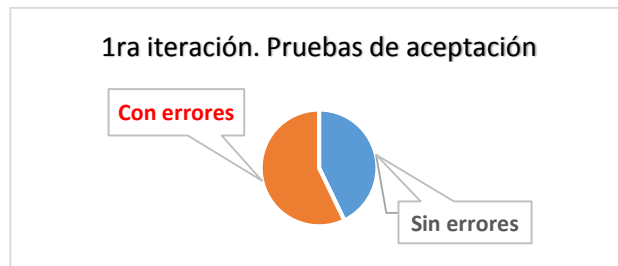


Gráfico 1: 1ra iteración de las pruebas de aceptación.

Como se puede observar, de las seis historias de usuario probadas, un 57% de ellas arrojaron no conformidades, lo que representa cuatro historias de usuario del total. A raíz de este resultado se procede a realizar un análisis cuidadoso del código para intentar erradicar en su totalidad los principales problemas encontrados. En el interés de comprobar si se suprimieron todos los problemas se realiza una segunda iteración donde se prueban las cuatro historias de usuario que presentan errores. Después de realizada la iteración se obtienen los resultados que se muestran en el Gráfico 2.

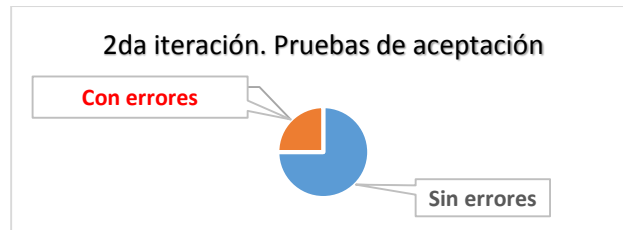


Gráfico 2: 2da iteración de las pruebas de aceptación.

La mayoría de los problemas se eliminan en esta segunda iteración pero continúa arrojando no conformidades una de las cuatro historias de usuario, específicamente en el manejo de las excepciones. Luego de realizado un análisis profundo del código fuente se identifica el problema y se procede a darle solución. En una tercera iteración se delibera el sistema con un 100% de aceptación de las historias de usuarios. En el **Anexo 7** se puede consultar la carta emitida por la MsC. Naryana Linares Pons mostrando su conformidad y satisfacción con la propuesta realizada.

### 3. Conclusiones del capítulo

### **CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODULO DE SERVICIOS WEB**

#### **MÓDULO DE SERVICIOS WEB PARA UN SISTEMA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTE Y ADAPTATIVO**

---

La realización de pruebas de software al Módulo de servicios web permitió comprobar la calidad del sistema propuesto. Las pruebas de unidad, enfocadas en verificar el correcto funcionamiento de cada método arrojaron resultados satisfactorios y esperados. Por su parte la realización de pruebas de aceptación, luego de una tercera iteración, aprobaron el correcto funcionamiento y el cumplimiento de los requisitos de software definidos para la aplicación. Todo lo anterior permitió validar la solución propuesta dando lugar al cumplimiento del objetivo general de la investigación.

#### CONCLUSIONES FINALES

Luego de finalizada la investigación, presentada la propuesta de solución y realizadas las pruebas de software se puede arribar a las siguientes conclusiones:

1. El estudio realizado permitió demostrar la necesidad y pertinencia de la aplicación de nuevas tendencias computacionales y Sistemas Inteligentes Adaptativos para apoyar, perfeccionar y personalizar el actual PEA en la universidad a partir de la solución que se propone.
2. Se determinó que la técnica de Inteligencia Artificial más apropiada para usar en este tipo de soluciones es el Razonamiento Basado en Casos.
3. Se diseñó e implementó un Módulo de servicios web que encapsula las funcionalidades básicas de un SEAI-A.
4. La realización de pruebas de software, correspondientes a la metodología de desarrollo seleccionada, posibilitó validar las funcionalidades del Módulo de servicios web permitiendo catalogar como satisfactoria la propuesta de solución y cumpliendo en su totalidad con el objetivo general de la investigación.

#### RECOMENDACIONES

Como recomendaciones generales de la investigación se tienen las que se listan a continuación:

1. Implementar nuevas técnicas de IA en el desarrollo de la solución.
2. Validar la solución mediante casos de estudios que midan la viabilidad de la aplicación desde la práctica.
3. Incorporar nuevos servicios en función de agregar nuevas funcionalidades al sistema.