



## **EL PARADIGMA DEL RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS EN EL ÁMBITO DE LOS SISTEMAS DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE INTELIGENTES**

*Natalia Martínez Sánchez; [natalia@uclv.edu.cu](mailto:natalia@uclv.edu.cu)  
María M. García Lorenzo; [mmagarcia@uclv.edu.cu](mailto:mmagarcia@uclv.edu.cu)  
Zoila Zenaida García Valdivia; [zgarcia@uclv.edu.cu](mailto:zgarcia@uclv.edu.cu)  
Gheisa Ferreira Lorenzo; [gheisa@uclv.edu.cu](mailto:gheisa@uclv.edu.cu)*

*Departamento de Computación, Universidad Central de las Villas,  
Santa Clara, Cuba*

### **RESUMEN**

Los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes son programas que portan conocimientos de cierto contenido mediante un proceso interactivo individualizado.

En este trabajo se expone un modelo que integra el paradigma del Razonamiento Basado en Casos y los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes que favorece la concepción de estos sistemas a usuarios no expertos en informática, teniendo en cuenta las facilidades y naturalidad del enfoque basado en casos.

### **PALABRAS CLAVES**

Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes, Razonamiento Basado en Casos, Modelado del Estudiante.

### **ABSTRACT**

The Intelligent Teaching-Learning Systems are programs which carry knowledge about certain subject through an individualized interactive process.

In the present work, a model which integrates the case-based reasoning paradigm and the Intelligent Teaching-Learning Systems is proposed, the model favors the design of these systems by users no necessarily experts in the informatics field, taking into account the facilities and naturalness of the case-based approach.

### **KEY WORDS**

Intelligent Teaching-Learning Systems, Case-Based Reasoning, Student Modelling.



## 1. INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Enseñanza-Aprendizaje Inteligente (SEAI) lo componen tres módulos fundamentales. El Módulo del Estudiante que almacena la información relacionada con el alumno, a través de él se determina *¿Qué conoce el estudiante?* y a partir de la respuesta a esta interrogante se infiere *¿Qué enseñar?* y *¿Cómo enseñar?*, informaciones representadas en el Módulo del Dominio y Módulo Pedagógico respectivamente.

Los sistemas basados en el conocimiento (Guida and Tasso 1994), (Bello 2002) constituyen técnicas de la Inteligencia Artificial válidas para enfrentar la construcción de SEAI dado por sus aspectos afines. Estos sistemas utilizan conocimiento sobre un dominio específico. La solución que se obtiene es similar a la alcanzada por una persona experimentada en el dominio del problema. Por su parte los SEAI utilizan la información almacenada sobre las características del estudiante para adaptar el proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo a la materia a enseñar.

Diferentes tipos de conocimiento dan lugar a diferentes tipos de sistemas basados en el conocimiento, entre ellos los sistemas basados en reglas (Rich 1988), los sistemas basados en probabilidades (Castillo, Gutiérrez et al. 1997) sistemas expertos conexionistas o redes expertas (Hilera and Martínez 1995) y los sistemas basados en casos (Kolodner 1992), (García and Bello 1997) y (Gutiérrez and Bello 2003).

No todos los paradigmas para crear sistemas basados en el conocimiento facilitan la concepción de un SEAI, donde lo fundamental para su desarrollo es determinar cómo representar el conocimiento requerido para sus módulos y a partir de dicho conocimiento realizar un diagnóstico del estudiante para que el sistema se adapte a sus características. Sin embargo, similitudes de los SEAI y los Sistemas Basados en Casos son factores a estudiar para concebir todos los módulos de los SEAI y un diagnóstico adecuado del qué y cómo enseñar dependiendo del estudiante.

Consecuentemente con lo expuesto anteriormente en este trabajo se presenta un modelo que integra el Razonamiento Basado en Casos y los SEAI para facilitar a profesores, no necesariamente expertos en el campo informático, el desarrollo de este tipo de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje en cualquier área del saber.

## 2. SISTEMAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE INTELIGENTES

Los SEAI son programas que portan conocimientos sobre cierta materia y cuyo propósito es transmitir este conocimiento a los alumnos mediante un proceso interactivo individualizado, intentando simular la forma en que un tutor o profesor guiaría al alumno en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Alpighini, Peters et al. 2002), (Salgueiro, Cataldi et al. 2005), (Shneiderman 2006), (Sierra 2006).

El término inteligente se refiere a la habilidad del sistema sobre qué enseñar, cuándo enseñar y cómo enseñar, simulando la actividad de un profesor real. Para lograrlo, un SEAI debe encontrar la información relevante sobre el proceso de aprendizaje de ese estudiante y aplicar el mejor medio de instrucción según sus necesidades individuales (Huapaya, Arona et al. 2005), (Ovalle, Jiménez et al. 2005), (Tella 2006), (Jiménez and Ovalle 2008), (Gómez 2008), (Cataldi and Lage 2009).

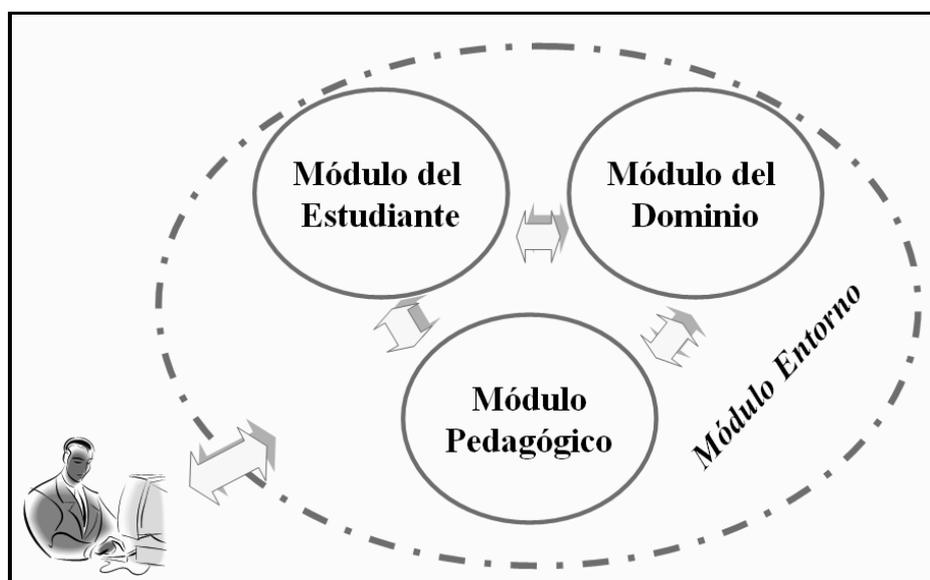


La arquitectura descrita en (Ovalle and al. 2007) reúne los elementos más comúnmente encontrados en la literatura consultada y se resumen en el criterio que plantea que un SEAI está compuesto por un módulo del dominio, un módulo del alumno y el módulo pedagógico, que operan de forma interactiva y se comunican a través de un módulo central que suele denominarse módulo entorno (ver figura 1).

### Módulo del Estudiante

El módulo del estudiante está presente en todos los trabajos en los que se describe la arquitectura básica de un SEAI. Generalmente solo se diferencian entre sí por las características a incluir para representar el modelo del estudiante.

Puede afirmarse que el modelo del estudiante es un problema de investigación que debe enfocarse desde todas sus aristas con el fin de obtener una representación de las características del estudiante completa y precisa. Algunos autores toman en consideración características tales como: el estilo de aprendizaje, el nivel de conocimiento, la información personal o la combinación de algunas de ellas.



*Figura 1. Arquitectura general de los Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes*

### Módulo del Dominio

El módulo del dominio, denominado también por muchos autores como módulo experto, proporciona los conocimientos del dominio. Satisface dos propósitos diferentes. En primer lugar, presentar la materia de la forma adecuada para que el alumno adquiriera las habilidades y conceptos, lo que incluye la capacidad de generar preguntas, explicaciones, respuestas y tareas para el alumno. En segundo lugar, el módulo del dominio debe ser capaz de resolver los problemas generados, corregir las soluciones presentadas y aceptar aquellas soluciones válidas que han sido obtenidas por medios distintos.

En este módulo, el conocimiento a ser enseñado por el SEAI debe organizarse pedagógicamente para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Hatzilygeroudis and Prentza 2004), (Ming and Quek 2007).



## Módulo Pedagógico

Decide qué, cómo y cuándo enseñar los contenidos del tutor, adaptando sus decisiones pedagógicas a las necesidades del estudiante (Jiménez and Ovalle 2004). Algunos autores le denominan módulo tutor, ya que es el encargado de comparar las características de los estudiantes con el contenido a enseñar y elegir la mejor forma de tomar las decisiones pedagógicas oportunas, adaptándose en cada momento al estudiante.

## Módulo Entorno

El módulo entorno gestiona la interacción de las otras componentes del sistema y controla la interfaz persona-computadora.

### 3. MODELADO DEL ESTUDIANTE EN LOS SEAI

El modelado del alumno es un problema central en el diseño y desarrollo de los SEAI. En efecto, si la característica que distingue a los SEAI de los Sistema de Enseñanza- Aprendizaje es su capacidad de adaptación al alumno; entonces un SEAI debe ser capaz de determinar con la mayor precisión y rapidez posible cuál es el estado cognitivo y afectivo-motivacional del estudiante; para poder personalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El problema del modelado del alumno está en seleccionar la estructura de datos para representar toda la información relativa al alumno y elegir el procedimiento que se utiliza para realizar el diagnóstico. Evidentemente ambas componentes están estrechamente relacionadas, y por tanto se diseñan y desarrollan simultáneamente (ver figura 2).

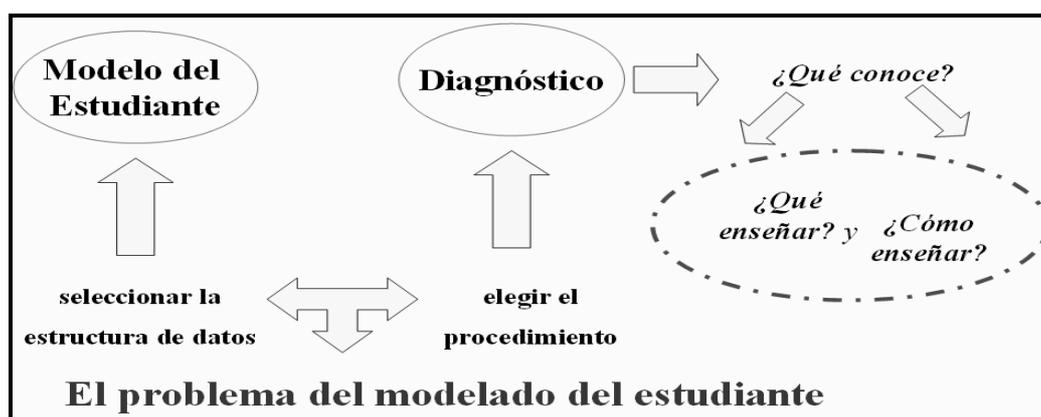


Figura 2: Esquema que representa el problema del Modelado del Estudiante

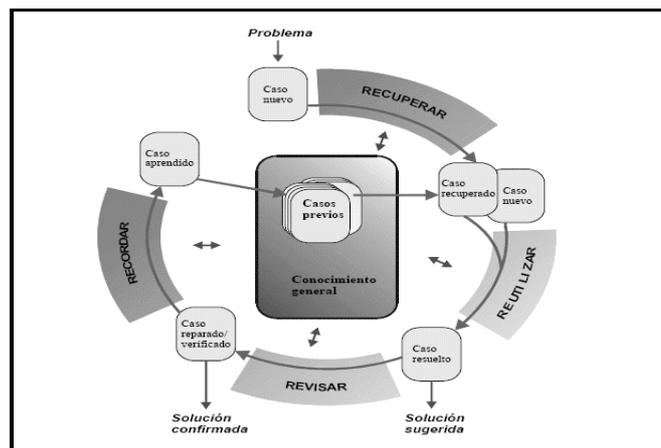


## 4. EL RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS

El Razonamiento Basado en Casos (RBC) (Kolodner 1993), (Bello 2002), (López de Mántaras 2005), es un enfoque que aborda nuevos problemas tomando como referencia problemas similares resueltos en el pasado. De modo que problemas similares tienen soluciones similares, y la similitud juega un rol esencial (Rodríguez and García 2007). Sus componentes fundamentales son la base de casos, el módulo de recuperación de casos y el módulo de adaptación de las soluciones. La figura 3 muestra el ciclo de vida de un Sistema Basado en Casos.

### Base de Casos (BC)

La BC contiene las experiencias, ejemplos o casos a partir de los cuales el sistema hace sus inferencias. Esta base puede ser generada a partir de casos o ejemplos resultantes del trabajo de expertos humanos o por un procedimiento automático o semiautomático que construye los casos desde datos existentes registrados, por ejemplo, en una base de datos.



**Figura 3:** Ciclo de vida de un Sistema Basado en Casos

### Módulo de Recuperación

En este módulo se recuperan de la Base de Casos los casos más semejantes al problema. No existe una medida de semejanza única, general, para cualquier dominio, de ahí que la eficiencia del sistema radica en la función de semejanza que se defina.

### Módulo de Adaptación

Después de la determinación de los casos más semejantes, las soluciones contenidas en dichos casos pueden usarse directamente como solución al nuevo problema, pero comúnmente necesitan ser modificadas. En (Kolodner 1993), (Bonzano 1998) y (Mitra and Basak 2005) aparecen métodos y reglas de adaptación para realizar dicha modificación.



El enfoque que utilizan los Sistemas Basado en Casos (SBC) para la adquisición de conocimiento es una de las ventajas que se le acreditan a este tipo de sistemas; pues razonan desde episodios específicos, lo cual evita el problema de descomponer el conocimiento del dominio y generalizarlo en reglas.

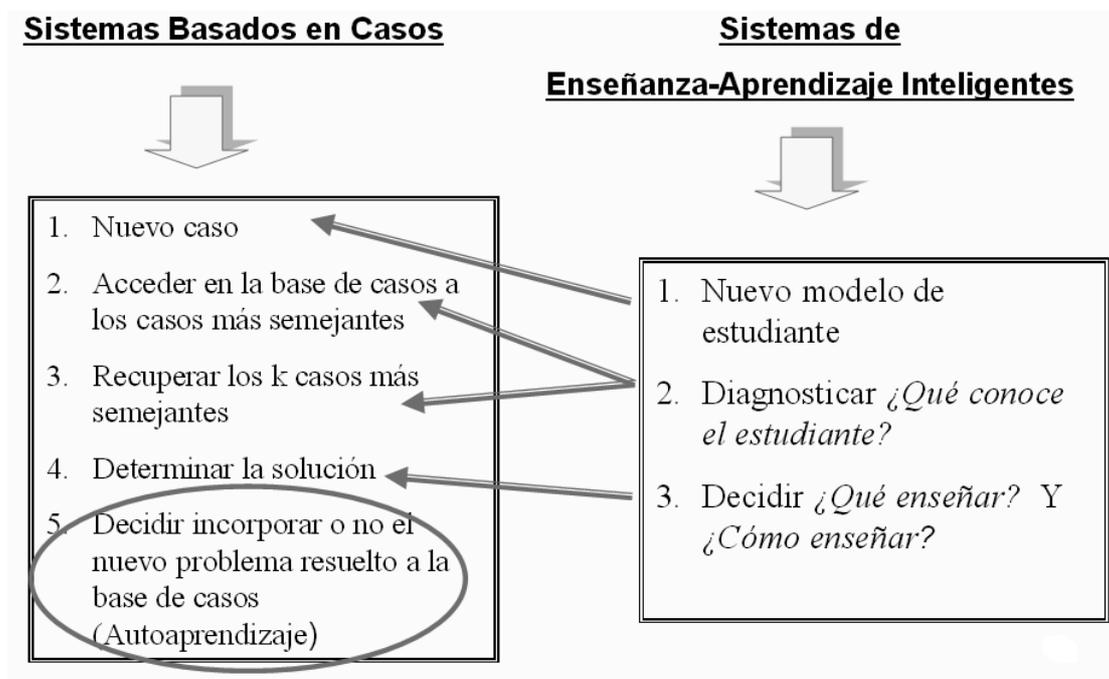
Otras de las ventajas de los SBC están fundamentadas; en la flexibilidad para representar el conocimiento a través de los casos, la organización de la BC y de las estrategias de recuperación y adaptación de los casos y que el usuario puede ser capaz de agregar nuevos casos a la BC sin la intervención experta.

Ventajas lo son también, el reuso de las soluciones previas al resolver un problema, y el almacenar casos que resultó un fracaso, lo que permite advertir sobre problemas potenciales a evitar. Así como también poder fundamentar las soluciones derivadas a partir de casos reales.

Las limitantes de los SBC están en la definición de la función de semejanza y en lo difícil que resulta encontrar una estructura apropiada para describir el contenido de un caso y decidir cómo la memoria de casos debe ser organizada e indexada para un almacenamiento, recuperación y reuso efectivo.

## 5. ¿POR QUÉ MODELAR EL ESTUDIANTE USANDO RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS?

La figura 4 muestra un esquema general de cómo se corresponden las etapas del ciclo de vida de los Sistema Basado en Casos y los SEAI.



**Figura 4.** Correspondencia las etapas del ciclo de vida de los Sistema Basado en Casos y los SEAI



Existen varias razones que justifican el uso del Razonamiento Basado en Casos en la implementación de los SEAI, entre otras se pueden citar:

- ✓ Es difícil concebir pensamiento sin memoria.
- ✓ Las limitaciones que presentan otros sistemas basados en el conocimiento para alcanzar éxito en cualquier dominio amplio, o captar efectivamente la noción del sentido común, mucho de lo cual, se cree, está basado esencialmente en la memorización de la experiencia pasada.
- ✓ No siempre el pensamiento humano está regido conscientemente por las reglas de la lógica; en ocasiones es básicamente un procesamiento de información recuperada con el tiempo.
- ✓ Para los expertos explicar el estado cognitivo de un estudiante mediante cadenas de reglas generalizables es un trabajo muy engorroso, siéndole más factible describirlo a través de rasgos seleccionados previamente a partir de ejemplos existentes.
- ✓ La hipótesis de que “problemas similares tienen soluciones similares”, es común al Razonamiento Basado en Caso, y a los Sistema de Enseñanza/Aprendizaje Inteligentes, donde “Modelos de Estudiantes similares tienen estrategias de aprendizajes similares”.

## **6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MODELO PARA ELABORAR SEAI USANDO EL RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS**

El esquema en forma de mapa conceptual que ilustra la figura 5 muestra la estructura general del modelo que se describe en este artículo.

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). Dado un nuevo estudiante se diagnostica usando el paradigma del RBC los entrenadores sugeridos para el mismo, adaptados a sus conocimientos y comportamientos.

Los rasgos predictores reflejan el estado cognitivo, el estado afectivo y otros elementos de interés sobre el estudiante. No se limita el número de rasgos para caracterizar el estado cognitivo y afectivo del estudiante. Cada rasgo tiene un valor asociado y una medida de certeza. El rasgo objetivo es un rasgo multievaluado, los valores del mismo se corresponden con los materiales didácticos propuestos para ese modelo de estudiante sugiriendo un orden.

Los rasgos predictores, contienen los datos de entrada, o sea la información a partir de la cual el sistema infiere el estado del estudiante, ya sea cognitivo, afectivo-motivacional u otras características que se consideren importantes a tener en cuenta en el SEAI que se desarrolla.

Se ilustra el procedimiento general del modelo a través del siguiente ejemplo sencillo e hipotético:



Se tiene una base de 5 casos, como muestra la figura 6, definidos por tres rasgos predictores, y un rasgo objetivo que representa el entrenador que se adecua al estado cognitivo del estudiante, según los valores que toman los rasgos predictores.

Como en todo sistema basado en casos, definiremos, el dominio de los rasgos, y las funciones de comparación de cada uno de los rasgos predictores.

Dominio de definición de los rasgos  $r_1, r_2, r_3: \{0 \text{ ó } 1\}$

Función de comparación de los rasgos  $r_1, r_2, r_3:$

$$\delta_i(x_i(O_0), x_i(O_t)) = \begin{cases} 1 & \text{si } x_i(O_0) = x_i(O_t) \\ 0 & \text{e.o.c} \end{cases}$$

iguales y 0 en otros casos.

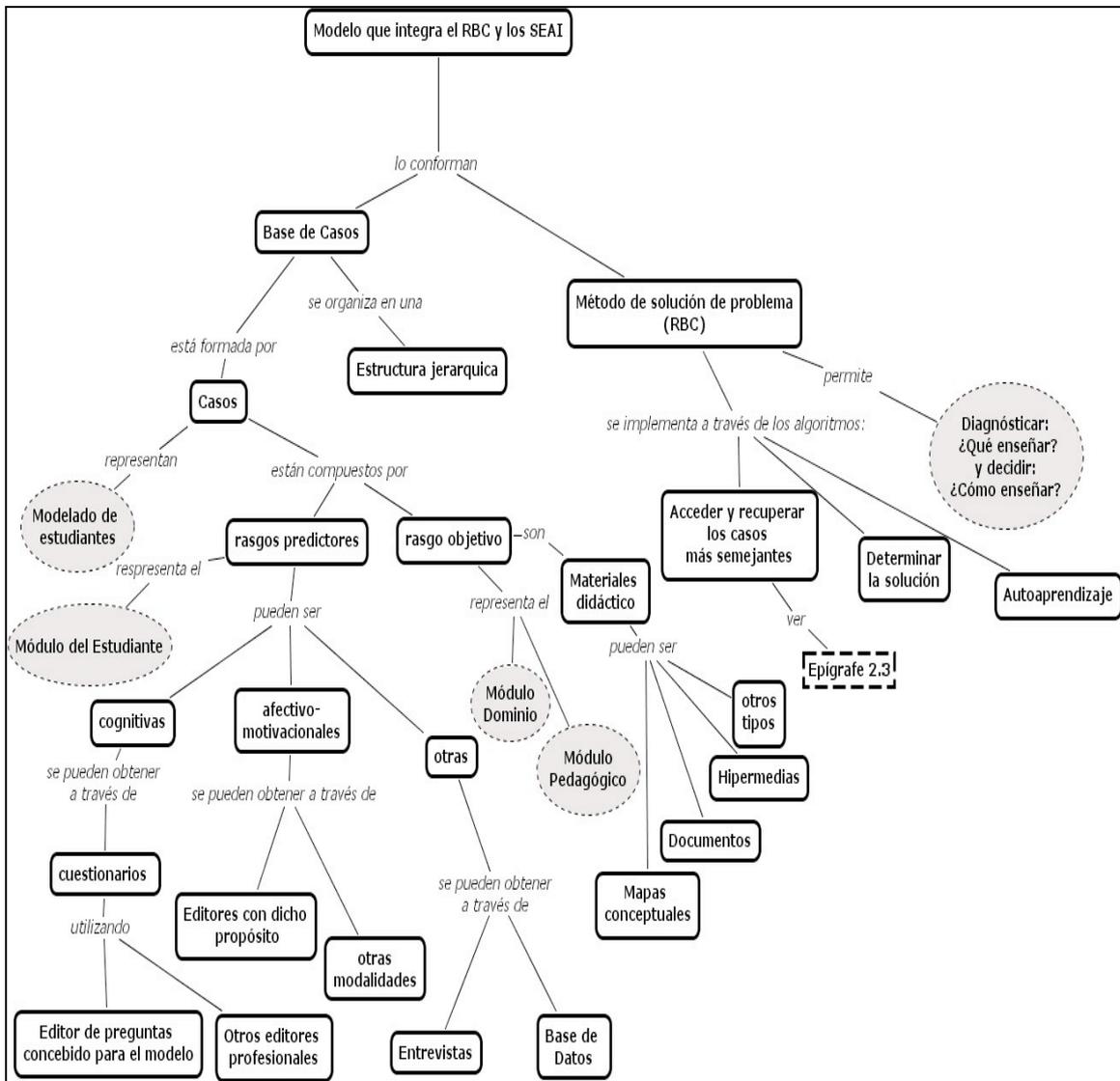


Figura 5. Esquema general del modelo



Utilizaremos la función de comparación  $\beta(O_0, O_t) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \delta_i(x_i(O_0), x_i(O_t))}{\sum_{i=1}^n w_i}$ , para

determinar la semejanza entre los casos, donde  $w_i$  denota la importancia de los rasgos, cuestión a la que no se ha hecho referencia en el trabajo, pero es de suma relevancia, pues es evidente que todos los rasgos no tienen igual importancia a la hora de diagnosticar el estado cognitivo-afectivo de un estudiante (modelo del estudiante).

Los pesos  $w_i$  son  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{2}$ , respectivamente.

Supongamos que tenemos toda la información descrita anteriormente y se tiene un nuevo estudiante que se desea entrenar que se adecue a sus características de los diseñados.

Casos	rasgo 1	rasgo 2	rasgo 3	Rasgo objetivo
Caso 1	1	0	1	Tutorial 1
Caso 2	1	0	0	Tutorial 2
Caso 3	0	1	1	Tutorial 1
Caso 4	0	0	1	Tutorial 3
Caso 5	1	1	1	Tutorial 1

**Figura 6:** Representa la Base de Casos del ejemplo.

**Paso 1:** Obtener el nuevo caso, o sea obtener el valor de los tres rasgos del nuevo estudiante, por el método establecido. Suponemos nuevo caso:  $r_1=0$ ,  $r_2=0$ ,  $r_3=0$ .

**Paso 2:** Comparar el nuevo caso con cada uno de los casos de la Base de Casos, para seleccionar el caso o los casos más semejantes. Utilizando las funciones de comparación de rasgos y la función de semejanza definidas anteriormente.

$$\beta(\text{caso 1, caso nuevo}) = (\frac{1}{8} * 0 + \frac{3}{8} * 1 + \frac{1}{2} * 0) = \frac{3}{8}$$

Recuerde que la función de comparación de rasgos es 1 si tienen igual valor y 0 en caso contrario. El caso 1 y el nuevo caso solo tienen igual valor en el rasgo 2.

Así se calcula la semejanza del caso nuevo con los 5 casos de la base de casos.

$$\beta(\text{caso 2, caso nuevo}) = \frac{1}{8}, \beta(\text{caso 3, caso nuevo}) = \frac{1}{8}, \beta(\text{caso 4, caso nuevo}) = \frac{1}{2} \text{ y } \beta(\text{caso 5, caso nuevo}) = 0.$$

Los casos de la BC con mayor semejanza al caso nuevo son el 2 y el 4.

**Paso 3:** Se selecciona el rasgo objetivo que se le asigna al nuevo caso, puede ser una adaptación teniendo en cuenta los casos más parecidos o seleccionar la solución del caso más semejante, en este caso se puede decidir que el nuevo caso será entrenado con el tutorial 2, rasgo objetivo del caso 2, cuyo grado de semejanza es mayor.



## 7. REALIZACIÓN COMPUTACIONAL DEL MODELO DESARROLLADO

El modelo propuesto constituye el fundamento para el diseño y la implementación de la herramienta computacional HESEI.

Los SEAI han demostrado su efectividad en diversas aplicaciones de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo; su construcción implica un complejo e intenso trabajo de ingeniería del conocimiento, que impide un uso más general y aprovechamiento óptimo. HESEI es una herramienta de autor que facilita la elaboración de SEAI a usuarios no expertos en el campo informático; pero sí en dominios donde ejercen su profesión como docentes.

Como filosofía de trabajo de este software se definen dos fases bien delimitadas: diseño del SEAI y trabajo con la herramienta computacional HESEI.

La fase de diseño del SEAI se refiere al trabajo metodológico implícito o ingeniería del conocimiento en la elaboración de este. En esta fase se selecciona el tema, se estructura el mismo, se definen los objetivos que se persiguen, así como los estilos de aprendizaje, particularidades en las que se basa la caracterización de los estudiantes, los entrenadores o materiales adecuados a cada modelo de estudiante, entre otros.

En la fase anterior quedó concebida la base de casos estructuralmente, sin embargo es en la fase de trabajo donde se edita la BC y por tanto quedan completados los rasgos predictores que caracterizan modelos de estudiante y el rasgo objetivo que describe el material didáctico necesario a ese modelo. Por tanto un caso, representa un modelado del estudiante sin prever otros factores.

Con estas dos fases se logra eliminar el intermediario (ingeniero del conocimiento) entre el experto y el sistema que se desea construir. Esto facilita al experto en la materia representar a plenitud su saber humano, lo que resulta un trabajo muy engorroso para un ingeniero del conocimiento debido a la disimilitud de materias y a la complejidad de poder asimilar la experiencia humana.

### 7.1 Guía de orientación para la IC en el diseño de SEAI utilizando HESEI

El paso previo a la utilización de HESEI, está determinado por tres etapas fundamentales, estrechamente relacionadas y con un orden de precedencia establecido, que facilitan definir los modelos de estudiantes y materiales didácticos que se incorporarán posteriormente a este software.

Se sugiere transitar por el siguiente conjunto de etapas:

Etapa I: Diagnóstico del contexto.

Objetivo: Justificar la necesidad de elaborar el SEAI.

Aspectos a examinar:

1. Análisis de las necesidades educativas.
2. Disponibilidad de recursos tecnológicos.
3. Implicación de la introducción de un SEAI en el proceso de enseñanza-aprendizaje.





adecuadas para adaptarse a los modelos de estudiantes (se realiza en base al resultado de los tópicos evaluados) y decidir los medios de enseñanza para mostrar la información a utilizar en cada material didáctico (mapas conceptuales, documentos en Word, documentos en pdf, páginas Web, presentaciones en PowerPoint, entre otras).

Transitado los aspectos a examinar de cada etapa, desde la visión del ingeniero del conocimiento se ha definido la BC, describiendo los casos a través de los rasgos predictores y objetivo, su dominio y las funciones de comparación asociadas. Desde la visión del usuario final se define el modelo del estudiante y los tutoriales que se adecuan a cada modelo de estudiante previsto.

## 7.2 Aspectos sobre la filosofía de trabajo con HESEI.

La herramienta computacional HESEI tiene dos actores fundamentales: profesor y estudiante.

Las funcionalidades del profesor se corresponden con la obtención de un prototipo computarizado del diseño realizado en la etapa 3 de la guía de orientación a la IC y las correspondientes al estudiante se fundamentan en el diagnóstico del conocimiento del estudiante implementando el RBC como método de solución de problema.

Secuencia de trabajo en HESEI para el desarrollo de un SEAI:

1º. Identificación del usuario existiendo ambientes de trabajo distintos para el profesor y el estudiante, con dominios diferentes si se trabaja en red o en PC aislada.

El sistema tiene su propia política de seguridad, disponiendo de tres tipos de permisos:

- a. Administrador: permite acceder a todas las funcionalidades, controla la autorización de accesos y administra las cuentas de los usuarios registrados en cualquiera de los dominios concebidos.
- b. Profesor: permite todas las funcionalidades relacionadas con el profesor: crear, modificar y almacenar SEAI.
- c. Estudiante: permite las funcionalidades relacionadas al estudiante: seleccionar un SEAI.

2º. Dependiendo del usuario:

Para el usuario Profesor:

- crear o modificar un SEAI para lo cual se auxilia de un:
  - ✓ Editor de tópicos,
  - ✓ Editor preguntas,
  - ✓ Base da datos,
  - ✓ Otros.
- recuperar materiales didácticos.



El editor de tópicos permite definir: el número de preguntas que conforman el cuestionario, validar los tópicos, calcular el grado de certeza relacionado con el valor del tópico, entre otros.

El editor de preguntas permite el trabajo sobre tres tipos de preguntas: verdadero o falso, marcar la correcta y relacionar columnas. Su diseño e implementación favorece la incorporación de otros tipos de preguntas para ofrecer una mayor variedad de formas para obtener los rasgos cognitivos de un estudiante.

Para el usuario Estudiante:

- Seleccionar un SEAI previamente elaborado.
- Describir su modelo.
  - ✓ Llenar cuestionario aplicado.
  - ✓ Interactuar con un SAT.
  - ✓ Otros.
- El sistema propone material didáctico completando el modelado.
- Interactúa el estudiante con el material.

## **5. ANÁLISIS DE LA CONFORMIDAD DE LOS USUARIOS CON EL MODELO Y EL SISTEMA COMPUTACIONAL DESARROLLADO.**

La evaluación del modelo y su implementación computacional se realiza teniendo en consideración dos aspectos:

- ✓ Facilidades que brinda al usuario el transitar por la guía de orientación a la IC para desarrollar un SEAI.
- ✓ Grado de usabilidad de la herramienta computacional HESEI.

Se desarrolló una encuesta para recolectar los datos que permitieron evaluar las facilidades que brinda la guía de orientación a la IC para el desarrollo de los SEAI. Para medir la conformidad del usuario con el grado de usabilidad de HESEI se utilizó como instrumento la observación participante, interactuando el observador con los sujetos observados.

### **8.1 Análisis de la factibilidad de la guía de orientación a la IC.**

Para evaluar la factibilidad de la guía de orientación a la IC en función de los criterios de los usuarios se definieron nueve variables que aparecen formalizadas en la Tabla 1. Se utiliza una escala valorativa (escalonamiento tipo Likert) definiéndose los siguientes valores: 5: muchísima, 4: mucha, 3: regular, 2: un poco y 1: casi nada.

Las variables fueron ponderadas considerando la frecuencia de utilización de la guía de orientación a la IC (frecuentemente, algunas veces o casi nunca) y se realizó el análisis



descriptivo de los datos utilizando el paquete estadístico SPSS. Estos resultados aparecen resumidos en porcentajes en la Tabla 2.

Los expertos manifestaron sentirse cómodos al seguir los pasos de la guía de orientación a la IC para el desarrollo de un SEAI. 79.4% reflejó sentir muchísima comodidad y 20.6% mucha, lo que corrobora la correspondencia que existe entre la guía de orientación a la IC y la habitual metodología de trabajo de los usuarios para elaborar materiales diferenciados para el estudio independiente de sus estudiantes.

Variables	Descripción de las variables.
V1	Comodidad al transitar por las etapas establecidas en la guía metodológica.
V2	Correspondencia entre la guía metodología para el diseño de materiales educativos utilizando HESEI y su habitual metodología de trabajo para elaborar este tipo de materiales.
V3	Probabilidad de obtener un Sistema de Enseñanza - Aprendizaje Inteligente a su gusto siguiendo la guía metodológica.
V4	Factibilidad de la utilización de la guía metodológica para la elaboración de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes en cualquier dominio de aplicación.
V5	Utilidad de la selección de los tópicos para describir el estado cognitivo del estudiante.
V6	Importancia de la sugerencia de introducir elementos afectivos-motivacionales en la descripción del modelo del estudiante.
V7	Validez teórica de la guía metodológica para elaborar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes con la herramienta HESEI.
V8	Validez práctica de la guía metodológica para elaborar Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje Inteligentes con la herramienta HESEI.
V9	Satisfacción al terminar de transitar por todos los pasos de la guía metodológica.

**Tabla 1.** Descripción de las variables utilizadas en la investigación.

Escala valorativa	Variables								
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
<i>Casi nada</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Un poco</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Regular</i>	0	0	0	0	0	11.8	8.8	8.8	0
<i>Mucha</i>	20.6	52.9	38.2	8.8	38.2	38.2	32.4	47.1	8.8
<i>Muchísima</i>	79.4	47.1	61.8	91.2	61.8	50.0	58.8	44.1	91.2

**Tabla 2.** Resultados en % de la encuesta aplicada



El cálculo de la escala final que dio como resultado **4.63** (en una escala de 1 a 5), demuestra el grado de aceptación de la guía de orientación a la IC por parte de sus usuarios.

### 8.1.1 Evaluación del efecto de la guía de orientación a la IC para concebir SEAI con un enfoque basado en casos.

Para este estudio se aplicó la técnica multivariada de componentes principales con el objetivo de encontrar grupos homogéneos de nuevas variables o factores e interpretarlas. (Kollo and Dietrich 2005), (Marques de Sá 2007).

Primeramente se realizó el análisis de la correlación que existe entre cada una de las variables de la encuesta (Tabla 1).

La Tabla 3 ilustra la relación que se establece entre las variables y los factores determinados.

El factor 1 se corresponde con la factibilidad del uso del RBC pues muestra correlaciones altas con las variables V1, V2 y V5, que reflejan la naturalidad de la guía de orientación a la IC en correspondencia con la metodología habitual de trabajo de los docentes, así como los aspectos a tener en cuenta para realizar un trabajo personalizado con los estudiantes.

El factor 2, por su parte, puede interpretarse como la utilidad de la guía de orientación a la IC para elaborar el modelo del estudiante pues muestra correlaciones más elevadas con las variables V5, V6 y V8, fundamentado en la orientación práctica que brinda la guía de orientación a la IC acerca de cómo captar el estado cognitivo y afectivo de los estudiantes.

Al factor 3 se relaciona la factibilidad y la validez teórica de la guía propuesta, tributan en mayor medida las variables V4 y V7.

El último factor mide las expectativas del usuario mediante las variables V3 y V9, que correlacionan los intereses del usuario cuando comienza la elaboración del sistema y la obtención de un SEAI final a su medida.

Variables	Factores			
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
V1	.717			
V2	.801			
V3				.936
V4	-.369		.802	
V5	-.682	.627		
V6		.687	.502	
V7	-.350		-.724	
V8		.912		
V9	-.464	.568	-.362	.425

**Tabla 3.** Matriz de las componentes rotadas.



Dichos factores constituyen conceptos subyacentes no observables directamente, pero que tienen una interpretación clara en función del problema, como se mostró anteriormente.

## 8.2 Validación de la Usabilidad de HESEI

Actualmente la usabilidad se reconoce como un importante atributo de calidad del software. Tiene como objetivo hacer las interfaces de software fáciles de usar, de recordar, de aprender, eficientes, con bajo coeficiente de error y que generen satisfacción en el usuario (Hornbaek 2006), (Sharp 2007).

En (Bertoa and Vallecillo 2006) se define Usabilidad como “la capacidad de un software para ser entendido, aprendido, usado y atractivo para los usuarios, cuando se usa bajo condiciones concretas.”

En el trabajo referenciado por (Granollers i Saltiveri 2004) puede encontrarse un análisis detallado sobre diferentes definiciones dadas al término usabilidad de un software, así como la valoración de su importancia y beneficios.

Granollers i Saltiveri cita a Nielsen, uno de los autores destacados en el terreno de la usabilidad de los sistemas interactivos, que asegura en un estudio sobre el incremento de la usabilidad, que no existe la interfaz de usuario perfecta y, por tanto, el trabajo relacionado con su usabilidad nunca será completo. Argumenta que cualquier diseño siempre puede mejorarse y aunque se llegue a disponer de una interfaz que cumpla el 100% de las recomendaciones de alguna lista de guías de estilo (como las de Nielsen) nunca se alcanza la interfaz perfecta, pues, de seguro existen nuevas recomendaciones a añadir a dicha lista que ayudan a mejorar la experiencia del usuario.

Aun así, una vez que se dispone de un nuevo sistema no se dice que está muy, poco o nada usable; sino que se desea conocer algún tipo de medida numérica que refleje cuantitativamente el nivel de usabilidad del sistema implementado.

Las pruebas de usabilidad realizadas para obtener una medida que refleje el grado de usabilidad de la herramienta computacional HESEI parten de seleccionar un grupo de 11 usuarios y se observa el comportamiento de los mismos en el uso de las diferentes opciones de la herramienta.

Se evalúan cuatro atributos: exactitud, tiempo requerido, recuerdo y respuesta emocional, en una escala descendente de 5 a 1, determinados a partir de los cinco atributos básicos definidos por Nielsen.

- exactitud: número de errores cometidos por los sujetos de prueba y si estos fueron recuperables o no al usar los datos o procedimientos adecuados. Se recopilan datos tales como: número y tipo de errores, tiempo de solución de errores; tiempo necesario para utilizar la ayuda; y cantidad de referencias de ayuda por periodo de tiempo estándar, entre otras.
- tiempo requerido para concluir la actividad: se recopilan datos tales como: grupo de tareas finalizadas correctamente por encima del período de tiempo estándar,



frecuencia de acciones, secuencia de acciones, tiempo transcurrido observando la pantalla, etc.

- recuerdo: qué tanto recuerda el usuario después de un período sin usar la aplicación. Se recopilan datos tales como: acciones anteriores que reconoce el usuario, recuerda las combinaciones de teclas de acceso rápido utilizadas en el diseño del sistema, reconoce los iconos de la interfaz, etc.

1. respuesta emocional: cómo se siente el usuario al terminar la tarea (bajo tensión, satisfecho, molesto, etc.). Se obtiene de conjugar la apreciación personal del evaluador y el resultado de un intercambio evaluado-evaluador a modo de cuestionario.

El criterio del equipo de evaluadores de los atributos definidos anteriormente, aparece expresado en por ciento en la Tabla 4.

<i>Métricas / escalas</i>	5	4	3	2	1
<b>Exactitud</b>	27.3	36.4	36.4	0.0	0.0
<b>Tiempo requerido</b>	18.2	72.7	9.1	0.0	0.0
<b>Recuerdo</b>	54.5	45.5	0.0	0.0	0.0
<b>Respuesta emocional</b>	63.6	36.4	0.0	0.0	0.0

**Tabla 4.** Resultados de la evaluación de de los factores para medir la usabilidad.

El cálculo de la escala final que dio como resultado **4.32** (en una escala de 1 a 5), demuestra el grado de usabilidad de la herramienta computacional HESEI por parte de sus usuarios.

Los usuarios evaluados mostraron su satisfacción al trabajar con la herramienta HESEI reflejado en las evaluaciones obtenidas en el cuarto atributo calculado.

Se obtienen buenos resultados respecto a la métrica “recuerdo” debido a la implementación de la interfaz de HESEI similar al estándar de Microsoft Office, frecuentemente utilizado por los profesores.

Los resultados de los atributos “exactitud” y “tiempo” requerido son inferiores a las anteriores. Una posible causa podría ser la no familiarización de la herramienta por parte de los expertos seleccionados.

## 6. CONCLUSIONES

Con este trabajo quisimos dar al lector nuestro punto de vista, de la factibilidad de utilizar como técnica para el modelado del estudiante el razonamiento basado en casos en lugar de las otras alternativas existentes. Basado en que en principio, los sistemas basados en casos



parecen ser útiles en toda clase de situaciones, tienen gran versatilidad en modelado del alumno y constituyen una herramienta muy potente para realizar inferencias. Sin embargo, su uso en modelado del estudiante no está todo lo extendido que cabría esperar, ya que el razonamiento basado en casos dota al modelado del estudiante de la solidez de la que hasta ahora carecen muchos de los sistemas existentes, resolviendo cada una de las cuestiones fundamentales del modelado del estudiante.

Además los resultados obtenidos permiten concluir que:

1. Un modelo que integre el Razonamiento Basado en Casos y los SEAI favorece la implementación de las componentes fundamentales de este tipo de Sistemas de Enseñanza-Aprendizaje en cualquier área del saber. En cada caso se describe el modelo del estudiante y su modelado. El RBC determina la decisión a tomar para lograr el aprendizaje interactivo-individualizado atendiendo a las características del estudiante sobre la base de una selección adecuada de las mismas.
2. La utilización de una función de semejanza adaptada al modelo del estudiante permite la recuperación de los k modelos del estudiante más similares a la descripción del estudiante presentado.
3. La implementación computacional del modelo facilita el desarrollo de SEAI en aplicaciones específicas a la medida del usuario final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alpigini, J. F., J. Peters, et al. (2002). "Rough sets and current trends in computing." Third International Conference, RSCTC 2002, Malvern, PA, USA., Lectures Notes in Computer Science 2475 Springer 2002

Bello, R. (2002). "Aplicaciones de la Inteligencia Artificial." Ediciones de la Noche, Guadalajara, Jalisco, México. ISBN: 970-27-0177-5.

Bertoa, M. F. and A. Vallecillo (2006). "Medidas de Usabilidad de Componentes Software." IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, VOL. 4, NO. 2, APRIL 2006.

Bonzano, A. (1998). "ISAC: a Case-Based Reasoning System for Aircraft Conflict Resolution." A thesis submitted to the University of Dublin, Trinity College, for the degree of Doctor in Philosophy.

Castillo, E., J. M. Gutiérrez, et al. (1997). "Expert Systems and Probabilistic Network Models." Springer, New York. Versión Española editada por la Academia Española de Ingeniería.

Cataldi, Z. and F. J. Lage (2009). "SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES ORIENTADOS A LA ENSEÑANZA PARA LA COMPRENSIÓN." EDUCTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Número 28/Marzo 2009. ISSN:1135-9250. <http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec28/>.



García, M. and R. Bello (1997). " El empleo del razonamiento basado en casos en el desarrollo de Sistemas basados en el conocimiento para el diagnóstico." Trabajo de Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas., UCLV.

Granollers i Saltiveri, T. (2004). "MPIu+a. UNA METODOLOGÍA QUE INTEGRA LA INGENIERÍA DEL SOFTWARE, LA INTERACCIÓN PERSONA-ORDENADOR Y LA ACCESIBILIDAD EN EL CONTEXTO DE EQUIPOS DE DESARROLLO MULTIDISCIPLINARES." Memoria de la tesis doctoral desarrollada por Toni Granollers i Saltiveri y dirigida por el doctor Jesús Lorés Vidal para optar al grado de doctor en Informática, especialidad en Interacción Persona-Ordenador, por la Universitat de Lleida.

Guida, G. and C. Tasso (1994). "Design and Development of Knowledge- Based Systems. From Life Cycle to Methodology." John Wiley and Sons Ltd., Basing Lane, Chichester, England.

Gutiérrez, I. and R. Bello (2003). "Modelo para la Toma de Decisiones usando Razonamiento Basado en Casos en condiciones de Incertidumbre." Trabajo de Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas.UCLV.

Hatzilygeroudis, I. and J. I. Prentza (2004). "Knowledge Representation Requirements for Intelligent Tutoring Systems." Proceedings of 7th International Conference Intelligent Tutoring Systems, ITS2004, Brasil.

Hilera, J. and V. Martínez (1995). "Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones." Addison-Wesley.

Hornbaek, K. (2006). "Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. ." International Journal of Human-Computer Studies, 64, pp. 79-102.

Huapaya, C. R., G. M. Arona, et al. (2005). "Sistemas Tutoriales Inteligentes Aplicados a Dominios de la Ingeniería." JEITICS 2005 - Primeras Jornadas de Educación en Informática y TICS en Argentina.

Jiménez, J. and D. Ovalle (2004). "Entorno Integrado de Enseñanza/Aprendizaje basado en ITS & CSCL." Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática, USA, 1(1).

Jiménez, J. A. and D. A. Ovalle (2008). "Uso de técnicas de Inteligencia Artificial en ambientes distribuidos de enseñanza/aprendizaje." Revista Educación en Ingeniería. ISSN 1900-8260. no. 5 . Pp 98-106.

Kollo, T. and v. R. Dietrich (2005). "Advanced Multivariate Statistics with Matrices." Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands. 579.

Kolodner, J. L. (1992). "An Introduction to Case-Based Reasoning." Artificial Intelligence Review 6, pp. 3-34.

Kolodner, J. L. (1993). "Case-Based Reasoning,." Morgan Kaufmann Publishers, Inc., San Mateo, CA, 1993.

León, M., I. Bonet, et al. (2008). "Combining Concept Maps and Petri Nets to Generate Intelligent Tutoring Systems: A Possible Approach." MICAI 2008 Seventh Mexican



International Conference on Artificial Intelligence. LNAI 5317, pp. 797-805, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

López de Mántaras, R. (2005). "Retrieval, reuse, revision, and retention in case based reasoning." The Knowledge Engineering Review, Vol. 00:0, 1–2. 2005, Cambridge University Press DOI: 10.1017/S0000000000000000 Printed in the United Kingdom.

Marques de Sá, J. P. (2007). "Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R." Library of Congress Control Number: 2007926024. I SBN 978-3-540-71971-7 Springer Berlin Heidelberg New York.

Ming, G. and C. Quek (2007). "EpiList: An Intelligent Tutoring System Shell for Implicit Development of Generic Cognitive Skills That Support Bottom-Up Knowledge Construction." IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics: Part A, 37(1), .

Mitra, R. and J. Basak (2005). "Methods of Case Adaptation. ." A Survey. INTERNATIONAL JOURNAL OF INTELLIGENT SYSTEMS, VOL. 20, 627-645. .

Ovalle, D. and e. al. (2007). "Análisis funcional de la estrategia de aprendizaje individualizado adaptativo." Proyecto de investigación - DIME - Vicerrectoría de Investigación. Modelo de sistema multiagente de cursos adaptativos integrados con ambientes colaborativos de aprendizaje.

Ovalle, D. A., J. Jiménez, et al. (2005). "Sistemas de Enseñanza / Aprendizaje basados en Agentes Inteligentes Pedagógicos." Avances en Sistemas e Informática 2 (2) 2005 17 - 26.

Rich, E. (1988). "Inteligencia Artificial." Edit. Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1988.

Rodríguez, Y. and M. García (2007). "Generalización de la métrica basada en la diferencia de valores (VDM) para variables lingüísticas y su aplicación en sistemas basados en el conocimiento." Tesis presentada en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. UCLV.

Salgueiro, F., Z. Cataldi, et al. (2005). "SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES: REDES NEURONALES PARA SELECCIÓN DEL PROTOCOLO PEDAGÓGICO." IV Workshop de Tecnología Informática Aplicada en Educación. XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. Pág. 255-266.

Sharp, H. (2007). "Interaction Design. Beyond Human-Computer Interaction." 2ª Ed. Chichester, Hoboken, NJ: Wiley.

Shneiderman, B. (2006). "Diseño de interfaces de usuario. Estrategias para una interacción personacomputadora efectiva. ." Mexico: Addison Wesley.

Sierra, E., García-Martínez, R., Hossian, A., Britos, P. y Balbuena, E. (2006). "Providing Intelligent User-Adapted Control Strategies in Building Environments." Research in Computing Science Journal. ISSN 1665-9899. Volumen 19. Pág. 235-241.



Para citar este artículo:

MARTÍNEZ, Natalia; GARCÍA, María M.; GARCÍA, Zoila Z.; FERREIRA, Gheisa (2009) «El paradigma del razonamiento basado en casos en el ámbito de los sistemas de enseñanza/aprendizaje inteligentes» [artículo en línea]. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa. Núm. 30 / Noviembre 2009. [Fecha de consulta: dd/mm/aa].  
<http://edutec.rediris.es/revelec2/revelec30/>  
ISSN 1135-9250.

