

SISTEMA TUTOR INTELIGENTE DE REDES DE COMPUTADORAS

INTELLIGENT TUTOR SYSTEM OF COMPUTER NETWORKS

M. A. Ruiz Jaimes¹
S. E. León Sosa²
R. E. López Díaz³
Y. Toledo Navarro⁴

RESUMEN

En este artículo se presenta el desarrollo de una herramienta educativa que unifica los diseños ya existentes, que han sido propuestos por los STI (Sistema Tutor Inteligente), que a través de una estructura logra controlar la evolución pedagógica del estudiante, analizando su estilo de aprendizaje, clasificando y evaluando sus áreas de oportunidad con herramientas como redes bayesianas y árboles de decisión. Se aborda el tema de la clasificación de estudiantes mediante su estilo de aprendizaje para filtrar el contenido de la asignatura y dependiendo el estilo de aprendizaje determinado, con el propósito de mejorar los resultados en el estudiante en relación con el contenido que este percibe, permitiendo así que el entorno donde el estudiante practica sea apropiado para él. Se utilizaron arboles de decisión para planificar la asignatura introducción de redes de computadoras de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos y los resultados del estudiante fueran procesados por un sistema de redes bayesianas, que estarán en conjunta comunicación con el árbol de decisión para el planificador de lecciones. Se finaliza con los resultados obtenidos en el sistema y se compara con los resultados de un experto humano que será el punto de referencia para verificar el cumplimiento de los resultados.

ABSTRACT

This article presents the development of an educational tool that unifies existing designs, which have been proposed by the STI (Intelligent Tutor System), which through a structure manages to control the pedagogical evolution of the student by analyzing their learning style, classifying, and evaluating your areas of opportunity with tools such as Bayesian networks and decision trees. The issue of classifying students through their learning style is addressed to filter the content of the subject and depending on the specific learning style, with the purpose of improving the results in the student in relation to the content that he/she perceives, thus allowing the environment where the student practices is appropriate for him. Decision trees were used to plan the subject introduction to computer networks of the Polytechnic University of the State of Morelos and the student's results found processed by a system of Bayesian networks, which will be in joint communication with the decision tree for the study. lesson planner. It ends with the results obtained in the system and is compared with the results of a human expert who will be the point of reference to verify compliance with the results.

ANTECEDENTES

La Universidad Politécnica del Estado de Morelos es una Institución de Educación Superior y un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado de Morelos que inició sus actividades en septiembre de 2004, ofrece Programas Educativos de Ingeniería y Licenciatura, forma parte de las 63 Universidades Politécnicas que se han ido creando en el país desde 2001, y que conforman el Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas de la Secretaría de Educación Pública.

¹ Profesor de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. mruiz@upemor.edu.mx.

² Profesora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. lsandra@upemor.edu.mx

³ Profesor de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. rlopezd@upemor.edu.mx

⁴ Profesora de Tiempo Completo. Universidad Politécnica del Estado de Morelos. ytnavarro@upemor.edu.mx

Actualmente, la Universidad Politécnica del Estado de Morelos se encuentra inscrita en el programa de Cisco Networking Academy llevando la curricula de CCNA Versión 7:

- Módulo 1: Introduction to Networks: 3° cuatrimestre: Introducción de Redes de computadoras
- Módulo 2: Switching, Routing and Wireless Essentials: 4° cuatrimestre: Ruteo y Conmutación
- Módulo 3: Enterprise Networking, Security and Automation: 5° cuatrimestre: Escalamiento de Redes

Por lo anterior, se busca diseñar un sistema de tutor inteligente que sea adaptable en el conocimiento e interacción de cada estudiante en sus prácticas de enseñanza, para lo cual se recopilará información asociada al proceso de enseñanza aprendizaje en tiempos acelerados de cambio, utilizando las tecnologías en la educación (Borrego, *et al.*, 2019). Además, permitirá desarrollar nuevas habilidades a los usuarios, prepararlos para los cursos de CCNA y mejorar el desempeño de los estudiantes en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos en el área de redes de computadoras, aplicaciones de red, protocolos y servicios.

El objetivo principal de esta investigación consiste en desarrollar un sistema tutor inteligente para la asignatura de introducción de redes de computadoras de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos, empleando técnicas de inteligencia artificial como los árboles de decisión para el control de contenidos y las redes bayesianas para la evaluación y diagnóstico del estudiante, involucrando la información de la curricula CCNA Versión 7 del programa Cisco Networking Academy.

La presente investigación coadyuvará en la formación de los estudiantes de la Ingeniería en Tecnologías de la Información, considerando los siguientes aspectos:

- a) Acceder a la información del curso CCNA.
- b) Medir el avance individual de cada estudiante.
- c) Realizar evaluaciones constantes para cada estudiante.
- d) Crear un área de oportunidad con un amplio conocimiento en el área de redes con la ayuda de tutor inteligente.
- e) Poner a prueba una nueva forma de aprendizaje gracias al tutor inteligente.

Sin embargo, se han identificado algunas limitaciones que se mencionan a continuación:

- a) Los resultados serán diversos, ya que, el estudiante emprenderá en la plataforma, es decir, cada estudiante será responsable del avance que se lleve empleando el sistema.
- b) El sistema solo abarca el primer curso de CNNA que corresponde a introducción de redes de computadoras.

METODOLOGÍA

Desde los años ochenta, se han propuesto modelos de solución y el diseño de módulos para los Sistemas Tutores Inteligentes; mismos que permiten evaluar acciones, conocimiento y habilidades del estudiante con relación al dominio que desea entrenar (Müller, *et al.*, 2007).

Un tutor inteligente, por lo tanto, es un “Sistema de software que utiliza técnicas de inteligencia artificial (IA) para representar el conocimiento e interactúa con los estudiantes para enseñárselo” (Brown & VanLehn, 1980). Wolf (1984) los define como un sistema que modela la enseñanza, aprendizaje, comunicación y dominio del conocimiento del especialista y entendimiento del estudiante sobre ese dominio”. Así también, Giraffa, *et al.* (1997) lo describen como un “Sistema que incorpora técnicas de Inteligencia Artificial a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa”.

A continuación, se presentan algunas de las investigaciones relacionadas en el tema de Sistema Tutor Inteligente. Mario Humberto Rodríguez (2021) llevó a cabo un análisis del uso y características del sistema de tutorías como programas de enseñanza asistida por computadora. Por otro lado, en la investigación denominada “Integración de los estilos de aprendizajes a los Sistemas Tutoriales Inteligentes” pretenden simular el comportamiento de un tutor humano que interactúa con las necesidades de los estudiantes para identificar la manera en que el estudiante resuelve un problema, y si es necesario, intervenir para guiarlo y así mejorar su desempeño (Jiménez, *et al.*, 2015).

Así también, Tarongí (2010) aborda una propuesta para el diseño de un STI adaptativo. Obteniendo información de cómo el alumno interactúa con la plataforma en el proceso de aprendizaje y enseñanza. En otro proyecto de investigación titulado “Sistemas inteligentes para el modelado del tutor” se plantea el manejo de una guía de metodologías de trabajo cuando el alumno presenta dificultades en la interpretación o comprensión de ciertos conceptos (Salgueiro, *et al.*, 2005).

La presente investigación pretende desarrollar un sistema tutor inteligente para la asignatura de introducción de redes de computadoras de tercer cuatrimestre de la Ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos.

Para desarrollar un sistema tutor inteligente en la asignatura de introducción de redes de computadoras, se utilizará el modelo basado en prototipos como una forma efectiva de realizar el proyecto (Pfleeger, 2002). La metodología cuantitativa es una técnica que se ha utilizado en las ciencias empíricas. Se centra en aspectos observables susceptibles de cuantificación, utilizando la estadística para el análisis de los datos (Corbetta, 2003). Se utilizarán técnicas de inteligencia artificial como los árboles de decisión para el control de contenidos y las redes bayesianas para representar el conocimiento a través de nodos en evaluación diagnóstico del estudiante, involucrando la información de la currícula CCNA Versión 7 Cisco Networking Academy.

Los resultados obtenidos serán comparados con resultados obtenidos, es decir, en este caso se evaluará al estudiante comparando el conocimiento que tiene y ha adquirido a lo largo del curso. La evaluación que se obtendrá será la comparativa de cómo es que el tutor humano experto evalúa en contraste con el sistema y el atributo a evaluar es el conocimiento. La propuesta de solución para el desarrollo del sistema es la siguiente:

Módulo dominio integra los parámetros del sistema, conocimientos y elementos pedagógicos.

Módulo tutor que integra los protocolos pedagógicos y la planificación de la lección.
Módulo estudiante relacionado con el estado de conocimiento del estudiante.

Cada uno de estos módulos permite al sistema:

Análisis del estilo de aprendizaje del estudiante: mediante un test se determina la forma en la que el estudiante percibe las cosas, para diseñar el contenido de la asignatura.

Árbol de decisión: realizar la planeación del contenido de acuerdo con el progreso alcanzado por el estudiante, es decir, determina qué temas de la asignatura han sido asimiladas, utilizando la información que provee las redes bayesianas.

Redes bayesianas: realizar estadísticas del progreso alcanzado en el reconocimiento de conceptos de la asignatura, evaluando al estudiante para comunicar al árbol de decisión el progreso alcanzado para determinar la continuidad con temario.

RESULTADOS

Con base en la metodología utilizada, se presentan los resultados obtenidos para el desarrollo de un Sistema de Tutor Inteligente. La forma en que los módulos trabajan en conjunto es cuando el estudiante resuelve un test, las redes bayesianas se encargan de evaluar el conocimiento actual del estudiante para proveer al árbol de decisión del resultado obtenido para determinar qué conceptos se conocen y si puede continuar con el temario del curso.

El árbol de decisión juega un papel importante en el análisis y clasificación de los temas o subtemas después de realizar el test de cada capítulo, con el fin de que se compruebe que el alumno contiene los conocimientos necesarios para pasar al siguiente capítulo. En la Figura 1 se puede apreciar la estructura que contiene la asignatura “Fundamentos de redes de computadoras” que consta de 11 capítulos, pero los temas y subtemas varían dependiendo el número de capítulo, es por lo que, se tomó la decisión de crear y manejar los árboles de manera dinámica.

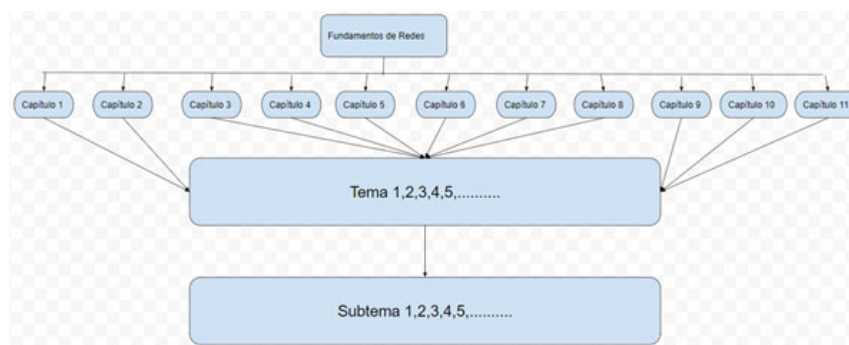


Figura 1. Estructura de la materia “Fundamentos de redes de computadoras”

Cuando el administrador introduce el nombre de la materia y el número de capítulos es cuando se empieza a formar el árbol. El siguiente paso para seguir creando el árbol es

seleccionar un capítulo para introducir información del capítulo y el número de temas que contiene. El último paso de la creación e implementación del árbol es ingresar el número total de subtemas que contiene el tema previamente elegido como se muestra en la Figura 2.

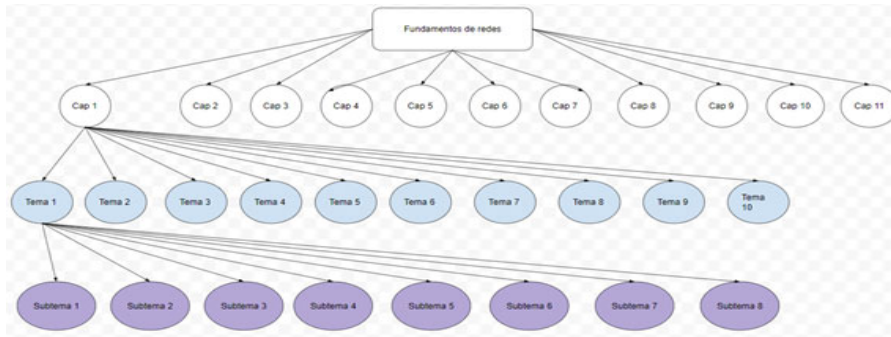


Figura 2. Estructura actual del capítulo 1

Las redes bayesianas se utilizan en el problema de diagnóstico, para ello se define en primer lugar el modelo estructural que servirá como soporte del proceso evaluador. Para la evaluación de cada alumno se tendrán las siguientes variables:

Si X es una variable binaria, se denotará por x a cualquier valor de la variable X , por $+x$ la presencia de aquello a lo que representa y por $\neg x$ a su ausencia. Así, por ejemplo, en este caso $+c$ significará “el alumno conoce el concepto C ” y $\neg p1$ “el alumno no tiene la capacidad de responder correctamente la pregunta $P1$ ”.

Los parámetros cuantitativos con los que trabaja la red bayesiana son definidos por:

- o La probabilidad a priori de los nodos que no tienen padres.
- o La probabilidad condicionada de los nodos con padres

Por tanto, los datos que se deben conocer son $P(c)$ y $P(p1/c)$. La red bayesiana describe lo siguiente:

$P(+c) = 0.3$ indica que el 30% de los alumnos del grupo en estudio conocen el concepto.
 $P(+p1/+c) = 0.9$ indica que el 90% de los alumnos que conocen el concepto C responden correctamente a la pregunta $P1$. Es decir, alumnos que conocen el concepto pueden tener un despiste y contestar mal a la pregunta (en una proporción del 10%).
 $P(+p1/\neg c) = 0.01$ significa que sólo el 1% de alumnos que no conocen el concepto C son capaces de contestar correctamente la pregunta $P1$. Este parámetro indica que alumnos que no conocen el concepto pueden adivinar la respuesta correcta a la pregunta $P1$.

Las pruebas se llevaron a cabo en la Universidad Politécnica del Estado de Morelos con un grupo de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información de tercer cuatrimestre en la materia de introducción de redes de computadoras, muestra adecuada para realizar pruebas del sistema y de los algoritmos implementados, el grupo está a cargo de un Profesor experto en el curso CCNA, convirtiéndolo así en tutor experto humano.

La prueba se realizó en diciembre de 2021 en las instalaciones de UPEMOR, consistía en que los alumnos utilizarán la plataforma para comparar los resultados. Se obtuvo que 17 alumnos presentes realizaron el registro, test de estilos de aprendizajes, lectura del primer capítulo de la materia y resolvieron el test correspondiente a la primera unidad del curso. En la Tabla 1 se presentan los resultados de la muestra que se tuvo de los estudiantes con un 76% de varones en el aula, y el 5% ha recurrido esta materia.

Tabla 1. Muestra- Alumnos

Identificador	Sexo	Recursoamiento
Alumno 1	M	No
Alumno 2	F	No
Alumno 3	M	No
Alumno 4	M	Si
Alumno 5	F	No
Alumno 6	F	No
Alumno 7	M	No
Alumno 8	M	No
Alumno 9	M	No
Alumno 10	M	No
Alumno 11	M	No
Alumno 12	M	No
Alumno 13	M	No
Alumno 14	M	No
Alumno 15	M	No
Alumno 16	M	No
Alumno 17	F	No

Para comparar los resultados se optó por el porcentaje de error, con el cual se obtendrá el porcentaje de error que hay entre los dos resultados que se tiene.

$$E = \frac{(\text{valor aproximado} - \text{valor exacto})^2}{(\text{valor exacto})} \quad 6.5.2$$

En la Tabla 2 se tiene la muestra de los alumnos comparando las calificaciones que se obtuvieron empleando el Sistema, evaluando con el sistema de redes bayesianas implementadas, y las calificaciones que ha determinado el tutor experto humano (tutor).

Tabla 2. Calificaciones- resultado

Identificador	Sistema	Tutor	Porcentaje de error
Alumno 1	75	90	2.5%
Alumno 2	70	95	6.6%

Alumno 3	65	70	0.4%
Alumno 4	55	90	13.6%
Alumno 5	40	65	9.6%
Alumno 6	60	75	3.0%
Alumno 7	60	75	3.0%
Alumno 8	70	75	0.3%
Alumno 9	65	90	6.9%
Alumno 10	35	90	33.6%
Alumno 11	55	65	1.5%
Alumno 12	45	75	12.0%
Alumno 13	70	60	1.7%
Alumno 14	30	66	19.6%
Alumno 15	60	60	0.0%
Alumno 16	5	85	29.4%
Alumno 17	5	65	1.5%

Ya que se aplicó la formula se obtuvo un índice de error menor al 30% en la mayoría de los casos, con un 33.6% en un solo caso de 17, lo que corresponde al 5.88% de la muestra total. A continuación, se muestra un comparativo de las calificaciones obtenidas por el sistema y el tutor experto humano. Ver Figura 3.

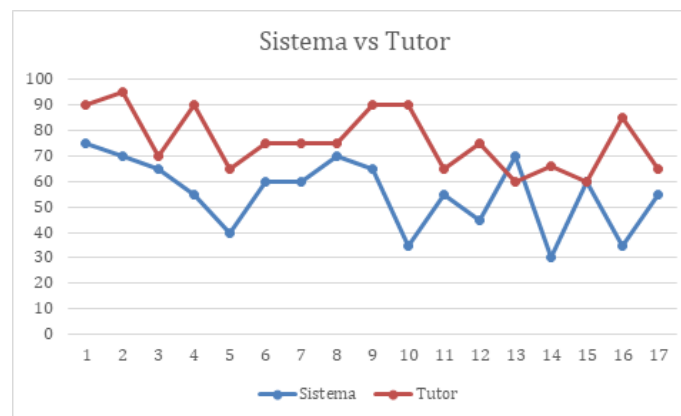


Figura 3. Gráfica- Sistema vs Tutor

En la Tabla 3 se muestran los resultados de los estudiantes que dominan el tema – Sistema. Así también se observan los resultados de los estudiantes que dominan el tema – Tutor experto.

Tabla 3. Estudiantes que dominan el tema Sistema – Tutor experto

Tema	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total sistema	8	6	8	10	5	7	7	5	6	7
Total experto humano	8	7	8	11	5	7	8	6	7	8

A continuación, en la Figura 4 se puede observar el porcentaje de error que existe entre el sistema y el tutor experto humano al analizar los diez temas, identificando que en ninguno de los casos supera el 20% de error.

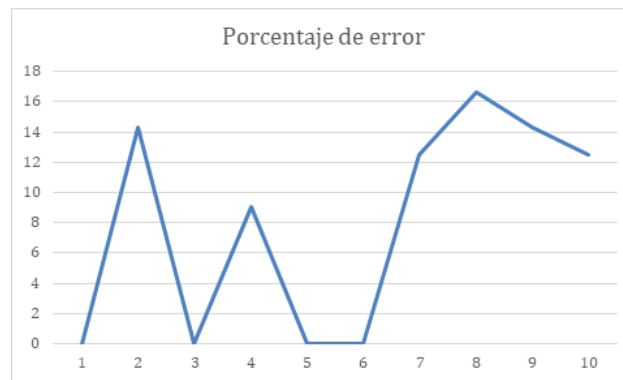


Figura 4. Gráfica- Porcentaje de error.

En la Figura 5 se muestra la página web de inicio para acceder sistema del Tutor Inteligente. El estudiante deberá registrarse previamente para poder iniciar sesión en el Sistema Tutor Inteligente. Posteriormente, el estudiante podrá acceder a la plataforma de contenidos y evaluaciones de la asignatura Fundamentos de Redes de Computadoras.

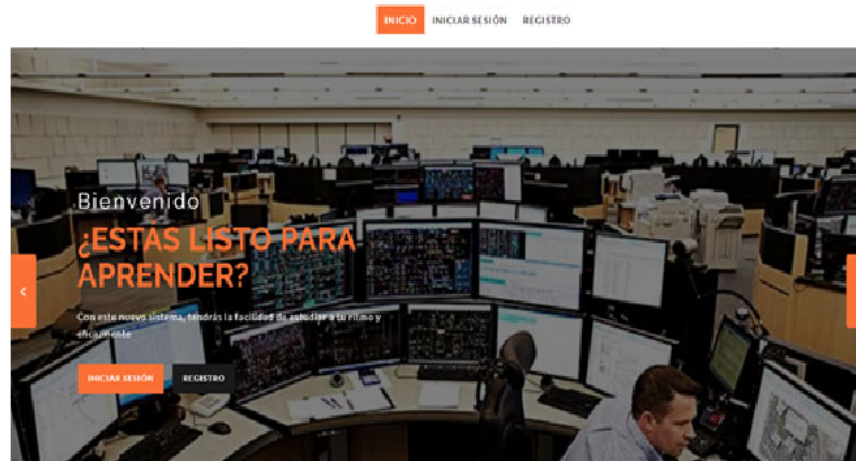


Figura 5. Sistema Web Tutor Inteligente

CONCLUSIONES

Los sistemas tutor inteligente representan un papel de gran importancia, guían al estudiante en su proceso de aprendizaje. Es decir, determina el estilo de aprendizaje de un estudiante para diseñar las lecciones con las cuales estará interactuando y permiten que el sistema pueda aprender del mismo, en una relación donde ambas partes aprenden.

En la presente investigación se realizó el diseño de un sistema tutor inteligente para la asignatura fundamentos de redes de computadoras, empleando técnicas de inteligencia artificial en combinación con la currícula de CCNA. Por lo tanto, cuando el sistema ha determinado el estilo de aprendizaje del estudiante, entra en juego otra parte del sistema, que consiste en clasificar el contenido para mostrar la información de acuerdo con el estilo de aprendizaje para que el estudiante tenga más atracción hacia el tópico que se ha presentado. De ahí que, con la técnica de árboles de decisión se alimentó al sistema del clasificador de lecciones, el cual diseña el temario que se ha cargado en el sistema; y con las redes bayesianas se realizó la evaluación del estudiante.

Resulta necesario decir que, estas dos técnicas de inteligencia artificial tienen constante comunicación, ya que, si el resultado de la evaluación cubre el criterio establecido, entonces el árbol de decisión permitirá al estudiante continuar con los temas del curso actual, con el propósito de evaluar constantemente al alumno, analizar su progreso en el curso y decidir si ha alcanzado el mínimo establecido para continuar con los temas siguientes. Cabe destacar que, ambas técnicas de aprendizaje están implementadas en el sistema de manera que ellas puedan aprender de los alumnos y viceversa, con el fin de ofrecer un mejor rendimiento del Tutor Inteligente mediante el uso excesivo de la plataforma para beneficio de todos.

Por lo tanto, se concluye que el objetivo general de la investigación se cumplió al desarrollar un sistema tutor inteligente para la asignatura de introducción de redes de computadoras de la Universidad Politécnica del Estado de Morelos, con técnicas de inteligencia artificial para la evaluación diagnóstica del estudiante, involucrando la información de la currícula CCNA Versión 7 Cisco Networking Academy. Se logró mejorar el aprovechamiento de los estudiantes, el avance en su desempeño académico y el resultado en la calificación final, quienes de manera voluntaria utilizaron el sistema tutor inteligente durante el curso de Fundamentos de Redes de Computadoras.

A partir de este desarrollo, se puede mejorar empleando algunas otras técnicas de inteligencia artificial, como son las redes neuronales para aumentar el desempeño del sistema, además de que se adaptaría más fácilmente al aprendizaje del estudiante.

BIBLIOGRAFÍA

- Borrego, D., Cantú, D. y Molina, H. (2019). *Educación y tecnologías*. Editorial Palibrio. <https://www.amazon.com.mx/Educaci%C3%B3n-Tecnolog%C3%ADas-Daniel-Desiderio-Borrego/dp/1506530214>
- Brown, J., & VanLehn, K. (1980). Repair Theory: A generative theory of bugs in procedural skills. *Cognitive Science*, volume 4(4) 379-426. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0364021380800103>
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social* (1ª ed.). McGraw-Hill Interamericana de España

- Giraffa, L., Nunes, M. A., & Viccari, R. M. (1997). *Multi-Ecological: A Learning Environment using multi-agent architecture*. MASTA 97: Multi-Agent System: Theory and Applications. Coimbra: Universidade de Coimbra
- Jiménez, R., Salazar, E., Béliz, N., Samaniego, M., Samaniego, E. y Samaniego, N. (2015). Integración de los estilos de aprendizajes a los sistemas tutoriales inteligentes. *Revista de Iniciación Científica*, 1(2), 19-35. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/446>
- Müller, C., Wong, S., & La Cruz, A. (Eds.). (September 24- 28, 2007). *Bioengineering solutions for Latin America Health*. IV Latin American Congress on Biomedical Engineering 2007, Vol. 18. Isla de Margarita, Venezuela. Springer. <https://www.worldcat.org/es/title/261325385>
- Pfleeger, S. (2002). *Ingeniería del software*. Prentice Hall – Pearson Education
- Rodríguez, M. (2021). Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 11(22). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672021000100115
- Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., García, R. y Lage, F. J. (13-15 March, 2005). *Sistemas inteligentes para el modelado del tutor*. GCETE' 2005, Global Congress on Engineering and Technology Education, Bertioga/Santos, Brazil. <http://copec.eu/congresses/gcete2005/proc/GCETE.pdf>
- Tarongí, V. (2010). *Sistema tutor inteligente adaptativo para laboratorios virtuales y remotos*. [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13851/Trabajo%20de%20Investigacion.pdf?sequence=1>
- Wolf, B. (1984). *Context Dependent Planning in a Machine Tutor (artificial intelligence, teaching systems, meno-tutor)*. [Doctoral dissertation, University of Massachusetts Amherst]. <https://scholarworks.umass.edu/dissertations/AAI8418906/>