

<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.848>

Artículos científicos

Sistemas de tutoría inteligente y su aplicación en la educación superior

Intelligent Tutoring Systems and their application in higher education

Sistemas de tutoria inteligentes e sua aplicação no ensino superior

Mario Humberto Rodríguez Chávez

Universidad Politécnica de Victoria, México

mrodriguez@upv.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5421-427X>

Resumen

El sector educativo está cambiando con la evolución e implantación de nuevas tecnologías. Hasta hace poco, las plataformas virtuales para el desarrollo de actividades educativas, el *software* colaborativo de *e-learning* e incluso los dispositivos móviles como las tabletas electrónicas eran recursos impensables en un aula. Sin embargo, debido a la evolución de la tecnología, se han venido desarrollando nuevas herramientas didácticas para fortalecer la educación, entre estas tenemos sistemas tutores inteligentes (ITS), los cuales están diseñados para fortalecer el aprendizaje dentro y fuera del aula. Por eso, el objetivo principal de este trabajo es el análisis del uso y características de los sistemas de tutoría inteligente como programas de enseñanza asistida por computadora, los cuales utilizan técnicas de inteligencia artificial para la representación del conocimiento y así proponer/dirigir una enseñanza preparada para comportarse como un experto capaz de realizar un diagnóstico situacional del alumno y, en relación con ello, ofrecer una solución o acción. Para cumplir este objetivo se estudiaron los diferentes componentes de un sistema de tutoría inteligente y su implementación en diferentes áreas de conocimiento de las ciencias.

Palabras clave: educación, inteligencia artificial, programación, tutor inteligente.

Abstract

The education sector is changing with the evolution and implementation of new technologies. Until recently, virtual platforms for the development of educational activities, collaborative e-learning software and even mobile devices such as electronic tablets were unthinkable resources in a classroom. Due to the evolution of technology, new teaching tools have been developed to strengthen education, among these we have Intelligent Tutor Systems (ITS) which are designed to strengthen learning inside and outside the classroom.

The main objective of this work is the analysis of the use and characteristics of Intelligent Tutoring Systems as computer-assisted teaching programs, which use Artificial Intelligence techniques for the representation of knowledge and propose / direct a teaching prepared to behave as an expert, being able to make a situational diagnosis of the student and, in relation to it, offer a solution or action. In order to achieve the objective, the different components of an Intelligent Tutoring System and their implementation in different areas of science knowledge were studied.

Keywords: education, artificial intelligence, programming, intelligent tutor.

Resumo

O setor de educação está mudando com a evolução e implementação de novas tecnologias. Até recentemente, as plataformas virtuais para o desenvolvimento de atividades educacionais, softwares colaborativos de e-learning e até dispositivos móveis como tablets eletrônicos eram recursos impensáveis em uma sala de aula. Porém, devido à evolução da tecnologia, novas ferramentas didáticas têm sido desenvolvidas para fortalecer a educação, entre elas temos os sistemas tutores inteligentes (STI), que têm como objetivo potencializar a aprendizagem dentro e fora da sala de aula. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é a análise da utilização e das características de sistemas tutoriais inteligentes como programas de ensino assistido por computador, que utilizam técnicas de inteligência artificial para a representação do conhecimento e, assim, propor / direcionar um ensino preparado para se comportar como um especialista capaz de realizar um diagnóstico situacional do aluno e, em relação a ele, propor uma solução ou ação. Para cumprir este objetivo, foram estudados os diferentes componentes de um sistema de tutoria inteligente e a sua implementação em diferentes áreas do conhecimento científico.

Palavras-chave: educação, inteligência artificial, programação, tutor inteligente.



Introducción

En los últimos años, con la proliferación de las tecnologías de la información y la comunicación, el término *innovación* se ha vuelto casi sinónimo de *innovación tecnológica en educación*. La nueva cultura de la calidad total que se va implantando en la educación proveniente del mundo empresarial hace que “innovación” se subordine a la “mejora” continua (Barraza, 2005). De esta manera, la incorporación de elementos tecnológicos — como los sistemas de tutoría inteligentes (ITS), que son sistemas diseñados para replicar la efectividad de la tutoría humana en herramientas digitales— ayudan a los estudiantes a comprender las características de los lenguajes de programación específicos y desarrollan sus habilidades generales de resolución de problemas.

La enseñanza asistida por computadora a través de ITS nace en la década de los 60, luego de ser investigada y desarrollada en centros y universidades, tomando mayor auge después de la aparición de las microcomputadoras. Los ITS son programas que enfocan una sesión de enseñanza como un proceso de cooperación entre el tutor y el alumno con objetivos de enseñar y aprender determinados conceptos; su diseño y construcción es la base de la psicología cognitiva, investigación educativa e inteligencia artificial (Quispe, 2014). En cuanto al desarrollo de ITS, este es un tema relacionado con el nacimiento de la inteligencia artificial (IA) y la documentación del uso de algoritmos como las redes bayesianas, redes neuronales o lógica difusa, las cuales son alternativas para la construcción de una herramienta cada vez más inteligente y empática para el apoyo en el aprendizaje del desarrollo de *software*.

Los ITS comenzaron a desarrollarse en los años 80 y fueron diseñados con la idea de impartir conocimiento con base en alguna forma de inteligencia para guiar al estudiante en el proceso de aprendizaje (Urretavizcaya, 2001). Su propósito es exhibir un comportamiento similar al de un tutor humano, que se adapte al comportamiento del estudiante, identificando la forma en que él mismo resuelve un problema para brindarle ayuda cuando cometa errores. 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” (VanLehn, 1988, p. 55).

Wolf (1984) define los ITS como sistemas que modelan la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio. Así mismo Giraffa, Nunes y Viccari (1997) en su investigación los delimitan los ITS como sistemas que incorpora técnicas de IA (inteligencia artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa. Entre los ITS desarrollados siguiendo las ideas de Carbonell (1970) y con base en paradigmas de programación convencional (no a través del paradigma de agentes inteligentes) se pueden destacar los siguientes: Scholar (Carbonell, 1970), Why (Stevens y Collins, 1977), Sophie (Brown *et al.*, 1989), Guidon (Clancey *et al.*, 1991), West (Burton *et al.*, 1981), Buggy (Brown y Burton, 1978), Debuggy (Brown *et al.*, 1989), Steamer (Stevens y Collins, 1977), Meno (Wolf, 1984), Proust (Johnson, 1986), Sierra (VanLehn, 1988). Luego surgen Andes (Gertner, Conati y VanLehn, 1998; Gertner y Van Lehn *et al.*, 2000) en el Pittsburgh Science of Learning Center's LearnLab, que su consorcio con miembros de Carnegie Mellon University, University of Pittsburgh y Carnegie Learning. Metutor es un tutor de medios-fines del Department of Computer Science, U. S. Naval Postgraduate School, Monterey (Galvin, 1994; Rowe, 1998).

Un estudiante de nuevo ingreso que toma un primer curso en algoritmos y programación computacional desconoce varias temáticas relacionadas con entender un texto, analizar y resolver un problema matemático o plantear una estrategia de solución para llevar a cabo la implementación de un algoritmo a una problemática presentada. El éxito de superar estos obstáculos está relacionado con dos elementos principales en el proceso de enseñanza-aprendizaje: el estudiante y el profesor. El primero al tener tenacidad e iniciativa de aprender, entendiendo el valor que tiene el aprendizaje para el éxito de emplearse como experto en la industria del *software* y el segundo al identificar las fortalezas y debilidades del alumno para plantearle un plan de acción que permita la autorrealización del alumno, y que aumente la tolerancia a la frustración de este.

El elemento clave en la dinámica antes mencionada es saber *cuál es la usabilidad de los ITS en la educación*. Para responder la pregunta de investigación es necesario identificar las fortalezas y debilidades del alumno, así como la necesidad del refuerzo de temas relacionados con la programación de computadoras y solución de problema. De esta manera, los sistemas de tutoría inteligente ayudan a los estudiantes en el aula y fuera de ella a aprender diferentes temas, pues el ITS hace la función del profesor para ofrecer una alternativa de estudio y aprendizaje de los diferentes tópicos.

En definitiva, la investigación plantea analizar los diferentes ITS utilizados a nivel superior para el apoyo en aprendizaje de diferentes áreas educativas, así como las técnicas de IA utilizadas para su desarrollo e implementación.

Marco conceptual

Rodríguez (2019) plantea que en la actualidad los sistemas tradicionales de aprendizaje a través de la computadora necesitan mejoras, las cuales son más evidentes con el incremento de la exposición del Internet y el crecimiento de sistemas conocidos como *educación virtual*. Ovalle y Jiménez (2006) detallan que la dificultad de suministrar una enseñanza individualizada adaptada a las necesidades y características específicas del alumno exige un cambio de paradigma en el proceso de aprendizaje a través de computadora.

Dentro de este marco, Rodríguez (2019) explica que existen diversos sistemas educativos computarizados que utilizan técnicas de la inteligencia artificial (IA), los cuales —de acuerdo con Ovalle y Jiménez (2006)— buscan aplicarlas a un desarrollo de sistemas de enseñanza-aprendizaje asistidos por computador con el objetivo de crear sistemas más inteligentes.

Ovalle y Jiménez (2006) puntualizan que “algunas de las técnicas de la inteligencia artificial son Planificación Instruccional, Razonamiento Basado en Casos (CBR), ITS, Ambientes Colaborativos de Aprendizaje (CSCL) y Sistemas Multi-agente (MAS), entre otros” (p. 99).

Los maestros y tutores —según Morales (2007)— juegan un papel crucial en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pues proporcionan al estudiante retroalimentación sobre lo estudiado y orientación sobre la ruta a seguir, con lo que se logra un cierto grado de personalización del proceso educativo a las necesidades y aptitudes específicas de cada estudiante.

Ovalle y Jiménez (2006) refieren que la investigación en este campo es muy ambiciosa, ya que este tipo de sistemas plantean el desarrollo de herramientas que monitoricen de forma inteligente y analicen el grado de atención y el nivel de productividad de los estudiantes en cualquier área del conocimiento. En la investigación de Rodríguez (2019) se hace referencia al diseño de los ITS, los cuales usan técnicas de la AI, disciplina que estudia la creación y diseño de entidades capaces de razonar por sí mismas (Cataldi y Lage, 2009), la visión por generar formas que imiten el comportamiento de la inteligencia

humana y la creciente demanda del sistema educativo para medir el rendimiento del estudiante. En este contexto, la AI de la mano de las TIC crearon la instrucción asistida por computadora (CAI), sistema de instrucciones computacionales que posee dos características importantes: el estudiante y la computadora, la cual sirve como vehículo para las instrucciones, de ahí que no sea un método de enseñanza (Huapaya, 2009).

Un sistema tutorial inteligente (ITS) se define como sistemas computacionales diseñados para impartir instrucción y apoyar inteligentemente los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la interacción con el alumno (Arias, Jiménez y Ovalle, 2009). Desde esta perspectiva, un ITS es un tipo de ambiente interactivo que está diseñado para el aprendizaje individual y se distingue de los otros tipos por su capacidad para modelar el estado cognitivo del usuario, permitiendo brindar consejos sensibles al contexto y retroalimentar en todos los pasos de un proceso de aprendizaje (Graesser, Chipman, Haynes y Olney, 2005). Su objetivo principal, además de dominar un área de conocimiento en específico, es desarrollar una metodología que se adapte al alumno e interactúe dinámicamente con él (Hernández y Rengifo, 2015).

Se asume que al aprender a programar computadoras, el estudiante desarrolla ciertas habilidades, pero los profesores manifiestan que no todos los alumnos las desarrollan con la misma eficiencia al tener deficiencias en aptitud y actitud (Quiroga, 2016).

La enseñanza de programación dentro de la Universidad Politécnica de Victoria (UPV) toma el grupo de estudiantes como una entidad dinámica, es decir, pasa de un tema tras otro, pero es en ese trayecto donde el estudiante no alcanza el dominio del tema, por lo que carece de las herramientas suficientes para abordar el siguiente. Esto causa que progresivamente el alumno se vea superado por las actividades de la materia y termine por darse por vencido y alejarse de la programación. Por tal motivo, la falta de dominio de los temas al momento de desarrollar *software* produce un desinterés en los alumnos, lo que representa un problema en los resultados académicos provocando altos índices de reprobación y deserción escolar dentro de la UPV.

En el área de la programación computacional el alumno debe desarrollar habilidades de inteligencia emocional y estrategias de solución de problemas. Las habilidades que puede destacar dentro de un estudiante son:

- Establecer un plan detallado de solución del problema.
- Dominio de un lenguaje de programación.
- Hacer pruebas y depuración de código.

De forma específica, las materias de desarrollo de *software* dentro de la UPV buscan que el estudiante sea capaz de abstraer de la realidad los elementos de un problema que impliquen la automatización de las tareas para el manejo de información, analizar, moldear y describir componentes necesarios para la solución de problemas con la computadora.

Para el apoyo del aprendizaje dentro del aula en temas relacionados con el desarrollo de *software*, existen los ITS que —a través de la AI— sirven de ayuda para detectar el aprendizaje de los estudiantes de manera oportuna y brindar una alternativa de conocimiento.

Los ITS son sistemas diseñados para replicar la efectividad de la tutoría humana en herramientas digitales. La efectividad de la tutoría individual en la instrucción en grupos grandes se ha establecido con experimentos con tutores humanos. La tutoría es una forma de atención educativa donde el profesor apoya a un estudiante o a un grupo de estudiantes de una manera sistemática por medio de la estructuración de objetivos, programas, organización por áreas, técnicas de enseñanza apropiadas e integración de grupos conforme a ciertos criterios y mecanismos de monitoreo y control, entre otros (Crow, Luxton-Reilly y Wünsche, 2018).

Metodologías para el desarrollo de ITS

De acuerdo con Rodríguez (2019), existen varias arquitecturas para desarrollar un sistema tutor inteligente, por lo que también son múltiples las metodologías que se emplean con el mismo objetivo; una de ellas es elaborada por Salgueiro, Costa, Cataldi, Lage, García-Martínez (2005), en la cual proponen un nuevo enfoque, sin alejarse de la estructura clásica, que hace énfasis sobre todo en el módulo del tutor. Este se sustenta en la idea de que mientras más conocimiento instruccional se posea mejor explicado será el contenido y las actividades, lo que se traducirá en mayor conocimiento para el alumno.

Cataldi y Lage (2009), a su vez, proponen una metodología enfocada en el módulo del alumno. Los autores indican que un STI que posea un módulo del alumno muy detallado garantiza la inteligencia del sistema, ya que se adapta a las necesidades de los estudiantes.

Rodríguez (2019) explica que existen metodologías que persiguen la integración de un sistema gestor de aprendizaje (SGA) con un STI (Tarongí, 2010), dotando así a estos últimos con un enfoque basado en la Web. En la integración de los componentes del ITS se establecen las relaciones indicando cuál es la equivalencia entre los datos de las distintas tablas de la base de datos.

La primera relación que se encuentra en el módulo del alumno es el estilo de aprendizaje, que determina el método pedagógico del módulo del tutor. A partir de los distintos tipos de métodos pedagógicos, se han establecido las equivalencias con las diferentes dimensiones de los estilos de aprendizaje. De este modo, se marca el estilo que predomina en cada método, según las características del alumno y según sus carencias; estas se toman en cuenta con el objetivo de instruirlo de la mejor forma posible.

Otras de las relaciones que existen entre el módulo del alumno y el módulo del tutor son la base para definir las actividades que realizará el alumno, las cuales vienen condicionadas por el componente *estilo de aprendizaje*, y están marcadas por el componente *nivel de conocimiento*. El componente *estilo de aprendizaje* condiciona el formato en que se presentarán los objetos, mientras que el *nivel de conocimiento* marca la complejidad de estos.

Por otra parte, la interfaz viene modelada por el estilo de aprendizaje, aunque esta relación no es muy vinculante, ya que el alumno tiene libertad para modificarla y adaptarla a su gusto; asimismo, se guardan los cambios que realice y se mantienen para las siguientes sesiones de trabajo que establezca.

A modo de inicialización de la aplicación ITS se pueden tomar en consideración las pautas establecidas donde se han analizado las características que presentan los diferentes tipos de herramientas y su relación con las dimensiones del estilo de aprendizaje.

El objetivo principal del sistema de tutoría inteligente es identificar el nivel de aprendizaje sobre el área del desarrollo del *software* a través de un algoritmo de inteligencia artificial, el cual permitirá detectar de manera temprana el nivel de dominio de los temas relacionados con la programación computacional para ofrecer una alternativa de solución a manera de ejercicios para fortalecer el aprendizaje significativo. El sistema permitirá al estudiante ofrecer soluciones para aprender a desarrollar *software* y fortalecer así los conocimientos sobre programación computacional.

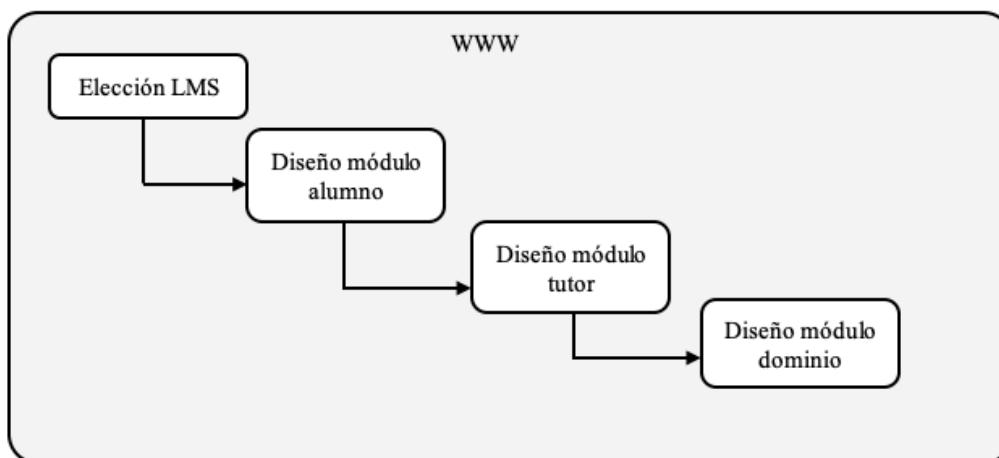
Existen diferentes librerías de inteligencia artificial que permiten el desarrollo de algoritmos para la creación de sistemas de tutores inteligentes. Por ejemplo, Tensorflow es una biblioteca de código abierto para aprendizaje automático a través de un rango de tareas, desarrollado por Google para satisfacer sus necesidades de sistemas capaces de construir y entrenar redes neuronales para detectar y descifrar patrones y correlaciones, análogos al aprendizaje y al razonamiento usados por los humanos (Tensorflow, 2019).

El uso de herramientas de inteligencia artificial —como lo es el caso de Tensorflow para la construcción de sistemas de tutoría inteligente— permite generar enseñanzas en tiempo real que favorecen la discusión libre entre las herramientas tecnológicas y el alumno.

En la figura 1 se presenta gráficamente la metodología que se sigue como desarrollo de un ITS basado en la Web; esta consta de 4 etapas:

- a) Selección de la plataforma gestor de aprendizaje (SGA).
- b) Diseño de módulo del alumno.
- c) Diseño de modulo de tutor.
- d) Diseño de módulo de dominio.

Figura 1. Metodología para la construcción de un ITS basado en la Web



Nota: El diagrama muestra los módulos y la interconexión entre ellos para la construcción de un ITS basado en la Web.

Fuente: Elaboración propia

Selección de la plataforma gestor de aprendizaje (SGA)

Existen diferentes plataformas SGA que apoyan el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el desarrollo de esta investigación, para la construcción de un ITS aplicado en la enseñanza de algoritmos computacionales a nivel licenciatura, se eligió la plataforma Moodle por ser de código abierto y completamente modificable. Es una opción para integrar el ITS por su estructura modular, lo cual ofrece la opción de agregar o eliminar código sin afectar la operación del sistema de gestión del aprendizaje (del inglés *learning management system* o LMS); asimismo, integra gestores de base de datos diversos, como lo son PostgreSQL y MySQL, que son de fácil instalación.

En este apartado se establecen las relaciones entre los principales componentes que forman parte del ITS; la primera relación que se encuentra en el módulo del alumno es el estilo de aprendizaje, lo que determina el método pedagógico del módulo de tutor. A partir de los distintos tipos de métodos pedagógicos, se han establecido las equivalencias con las diferentes dimensiones de los estilos de aprendizaje, se marca el estilo que predomina en cada método, según las características del alumno y según sus carencias; estas se toman en cuenta con el objetivo de instruirlo de la mejor forma posible (Suárez, Arencibia Rodríguez y Pérez Fernández, 2016).

Diseño de módulo del alumno

El diseño del módulo del alumno sucede cuando se analizan las debilidades y fortalezas del alumno en el momento de asimilar los contenidos de una asignatura. Proporciona información que puede ser retroalimentada a través del ITS y tiene estrecha vinculación con los contenidos y el método pedagógico del módulo del tutor, con los que se instruyen al estudiante, así como con la interfaz de usuario en la que se presentan los contenidos por el módulo de dominio (Suárez *et al.*, 2016).

Para tener una idea del nivel de conocimiento que posee el alumno previo a la interacción con el ITS, se realiza una minería de datos sobre el promedio de las notas de la asignatura Introducción a la Programación Computacional, que toman actualmente en la Universidad Politécnica de Victoria. Mediante una red neuronal de entrenamiento profundo construida con herramientas de inteligencia artificial, se clasifica al alumno, según el conjunto de términos lingüísticos, en *competente*, *básico avanzado*, *básico* y *no competente*.

Diseño de módulo de tutor

El módulo del tutor es el motor de ejecución del sistema adaptativo, pues codifica los métodos de enseñanza que son apropiados para el dominio objetivo y el estudiante. Este selecciona la intervención educativa más adecuada en función del conocimiento y estilos de aprendizaje de los alumnos (Suárez *et al.*, 2016).

El diseño del módulo del tutor consta de codificar los métodos de enseñanza que son apropiados para el dominio objetivo de los estudiantes, selecciona la intervención educativa adecuada en función del conocimiento y estilos de aprendizaje de los estudiantes. Las características del alumno determinan el formato en que desean que se les presenten los

materiales junto con la complejidad de los contenidos que debe aprender; esto permite planificar una ruta de aprendizaje a través de una red neuronal para que se ofrezca una propuesta de trabajo en el módulo del alumno.

Diseño de módulo de dominio

Finalmente, el módulo de dominio consiste en integrar una red neuronal de aprendizaje profundo a través de librerías de inteligencia artificial que permitirá comparar las acciones y elecciones del alumno en un sistema experto con el objetivo de evaluar lo que el usuario conoce y desconoce.

El módulo del dominio está compuesto por la ruta de aprendizaje que viene definida por el módulo del tutor. Esta ruta de aprendizaje contiene la secuenciación a aplicar para definir y estructurar el tema, que se debe materializar en una serie de actividades (tareas, cuestionarios, encuestas, etc.) que vienen diseñadas y condicionadas por el curso y que se ofrecen al alumno a través de una interfaz de usuario, adaptadas a las características del estudiante (Suárez *et al.*, 2016).

La interacción del alumno con las actividades en la interfaz produce una serie de informes que se almacenan en una base de datos para verificar el progreso del alumno. Dicho análisis se obtiene del promedio de las calificaciones obtenidas producto de la interacción del estudiante con el ITS en la plataforma Moodle; con ello, a través de una red neuronal, se logra clasificar el aprendizaje del alumno en un determinado tema.

Metodología

Con base en la pregunta de investigación *¿cuáles son los usos de los sistemas de tutoría inteligente en la educación?*, se presenta una metodología cuantitativa exploratoria para mostrar los resultados del uso de un ITS basado en la Web que ayuda en el aprendizaje de algoritmos computacionales y a identificar las causas que afectan el desempeño académico de los alumnos.

En esta sección se explora el uso de los ITS en la educación superior a través del análisis de la literatura; asimismo, se hace una descripción de la metodología utilizada para su desarrollo y las características de los programas de enseñanza asistidos por computadora que utilizan la IA como base para la representación del conocimiento para dirigir una estrategia de enseñanza preparada para comportarse como un experto.

En la primera fase de la metodología se hizo una investigación que se divide en dos vertientes: la investigación de la literatura y la investigación aplicada. La primera implicó el análisis de los ITS utilizados para el apoyo a la docencia y la prueba de teorías para satisfacer intereses intelectuales, mientras que en la investigación aplicada se empleó el conocimiento para la resolución de problemas prácticos.

La revisión de la literatura permitió esquematizar los estudios disponibles en la implementación de los ITS, lo que proporcionó un campo de acción para la realización de nuevas investigaciones que resaltan el progreso de las implementaciones generando cada vez sistemas tutores con alto sentido de inteligencia empleando nuevas técnicas de análisis cognitivos.

Asimismo, se hizo un análisis exploratorio de los diversos ITS implementados en las diferentes ciencias de la educación superior; con base en esto, se presentan los modelos para la construcción del ITS basado en la Web, los cuales darán apoyo en el aprendizaje de algoritmos computacionales dentro de las asignaturas relacionadas con el desarrollo de *software* y algoritmos computacionales.

Al ser un tema de estudio innovador para la investigación de los diferentes ITS en la educación de nivel superior, no se consideró un rango de fechas específico de publicación de investigaciones, por lo que la totalidad de los hallazgos se concentró en resultados.

Para la selección del conjunto inicial del análisis exploratorio se hizo la consulta del título *sistemas de tutoría inteligente en la educación*. El conjunto inicial se depuró mediante la lectura completa de cada publicación.

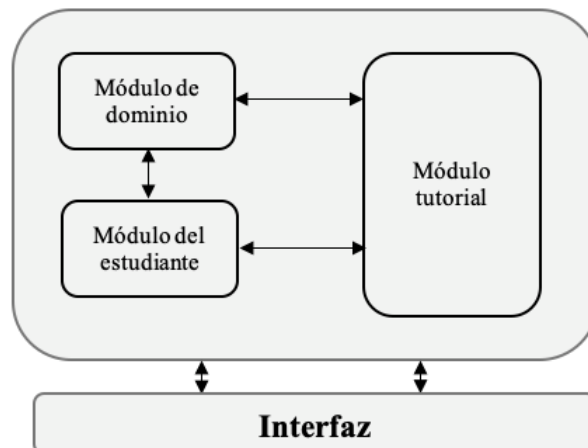
Modelos de sistemas de tutoría inteligente

Arias *et al.* (2009) proponen un modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes que se basa en el nivel de conocimientos de estudiantes, en la teoría de la planificación de la AI y en la estructura de cursos aplicada en el en el sistema tutorial inteligente (cursos inteligentes adaptativos). Este modelo permite generar planes de actividades adaptados a las características de los estudiantes; además, a medida que los estudiantes avanzan en un curso, van adquiriendo nuevo conocimiento que les permite a su vez habilitar nuevos temas. De esta manera se puede lograr la planificación instruccional basada en el secuenciamiento del currículo (Sánchez, Cabrera y Martínez, 2015).

En el trabajo de Ovalle y Jiménez (2006) se pone en evidencia un ambiente inteligente distribuido de aprendizaje donde se integran los ITS y los ambientes colaborativos de aprendizaje, se implementan técnicas de IA específicamente en el área del aprendizaje automático, conocido como *razonamiento basado en casos*, con lo cual se consigue una educación individualizada y colaborativa (Sánchez *et al.*, 2015).

En Cataldi y Lage (2009) se expone una arquitectura básica para los STI, donde se muestra el módulo del tutor. Esta arquitectura presenta una forma más efectiva de comunicación entre el usuario y el sistema, ya que considera el estilo de aprendizaje del estudiante y propone integrar los agentes inteligentes para el desarrollo de los sistemas tutores inteligentes.

En la figura 2 se muestra la arquitectura de un ITS, en la cual se observan cada una de las partes que lo conforman: 1) el *módulo de dominio o experto* representa el conocimiento; aquí intervienen metodologías de IA como las redes neuronales de clasificación y aprendizaje profundo a través del uso herramientas como Tensorflow, 2) el *módulo del estudiante* en donde su principal función es capturar el aprendizaje desde el módulo de dominio; 3) el *módulo tutorial* contiene las estrategias, metodologías e instrucciones que se ajustan a las necesidades del estudiante sin la intervención del ser humano. El objetivo de este elemento es reducir al mínimo la diferencia del conocimiento entre el experto y estudiante (Sánchez *et al.*, 2015). El último módulo del ITS se denomina 4) *módulo de entorno*, el cual es el gestor de interacción entre todos los componentes del sistema y controla la interfaz de usuario entre la computadora y el ser humano mostrando herramientas de usabilidad y experiencia de usuario para el empleo adecuado del ITS.

Figura 2. Arquitectura de un ITS

Fuente: Salgueiro *et al.* (2005)

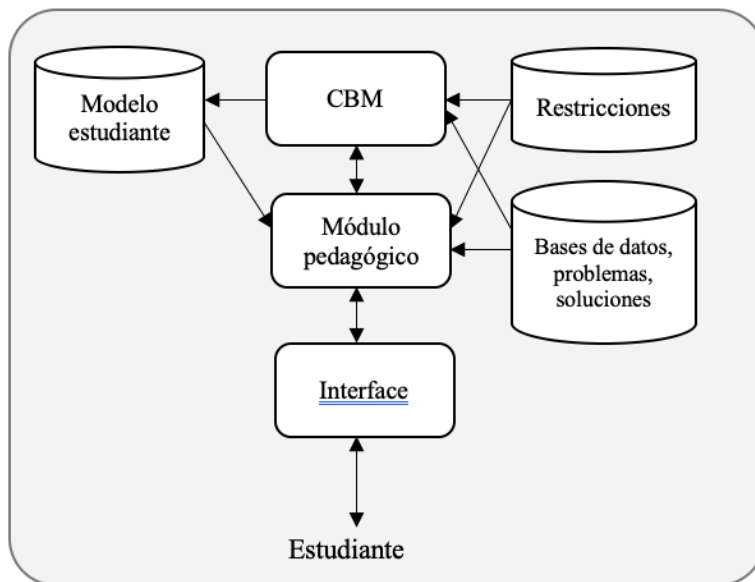
Otro modelo de ITS destacado es el expuesto por Guzmán y Conejo (2005), en el cual se da a conocer un modelo de evaluación cognitiva para ser aplicado a un ITS como módulo de diagnóstico del conocimiento del alumno. Este integra tests adaptativos computarizados y un modelo de respuesta basado en la teoría de respuesta al ítem, esto con el fin de estimar el conocimiento del alumno para decidir qué preguntas se mostrarán en el test (Sánchez *et al.*, 2015). Este modelo se puede utilizar para aprender cualquier tipo de temáticas en diferentes áreas, como lo son las matemáticas y la programación computacional.

Respecto a los sistemas de tutoría inteligente en la educación superior, existe la relación entre proyectos y documentos que aplican ITS en el ámbito educativo identificando su aplicación en diferentes áreas del conocimiento. En la investigación de Rodríguez, Castillo y Lira (2013) se muestra el desarrollo de un ITS con características reactivas y el componente interactivo de comunicación para el aprendizaje de las matemáticas; dicho sistema se denominó *Malvi* y los investigadores lo utilizaron para identificar el nivel de aprendizaje de algunos estudiantes de licenciaturas. Luego de hacer este estudio se identificó que los alumnos de la licenciatura en Educación para la Salud y de la licenciatura en Comercio Internacional manifestaron un conocimiento general muy bajo de matemáticas básicas, los cuales fueron superados por los alumnos de ingeniería con 13 % de su desempeño (Sánchez *et al.*, 2015).

Asimismo, Mitrovic, Olhsson y Barrow (2013) presentan un ITS denominado *SQL-tutor*, el cual sirve de guía en la realización de consultas a los estudiantes, lo que los ayuda a mejorar el rendimiento en el área de base de datos. El sistema ofrece al estudiante un problema que debe ser solucionado para que posteriormente sea enviado para su análisis; una

vez analizado, el ITS proporciona una respuesta donde se indica si dicha consulta se ha realizado correctamente o no. La figura 3 muestra la arquitectura del SQL-tutor.

Figura 3. Arquitectura SQL-tutor



Fuente: Mitrovic y Ohlsson (1999)

El sistema SQL-tutor consiste en una interfaz de interacción con el estudiante, una base de conocimiento para el experto y un modelo de estudiante que determina el contenido de las acciones pedagógicas (Mitrovic y Ohlsson, 1999).

Por otro lado, Arevalillo-Herráez, Arnau y Marco-Giménez (2013) describen un sistema tutorial inteligente que se centra en la etapa de traducción de problemas verbales en notación simbólica, puesto que uno de los pasos más difíciles para aprender álgebra es la traducción de un problema verbal a notación algebraica. El ITS está basado en un lenguaje de descripción en hipergrafos capaz de representar simultáneamente soluciones algebraicas a un problema dado, realiza el seguimiento de cada una de las acciones del alumno y a su vez construye un modelo del estudiante. Es un sistema que contiene una interfaz de usuario capaz de seguir la secuencia de pasos que describe el método cartesiano. El sistema ha sido evaluado en un entorno experimental al que se le asignaron varios ejercicios algebraicos para resolver. El grupo de estudiantes, con ayuda del ITS, logró luego de varias sesiones de uso finalizar los ejercicios de manera correcta, ya que el sistema permite al alumno tomar alguna ruta válida para producir una solución correcta. La experimentación del ITS basado en hipergrafos arroja como resultados la mejora de las competencias del alumno en la resolución de problemas (Sánchez *et al.*, 2015).

Otro trabajo importante sobre el uso de los ITS es el de Cabada, Barrón y Olivares (2014), los cuales presentan un ITS para la enseñanza-aprendizaje de la matemática, esto con el fin de identificar el estado emocional del estudiante. El *software* lleva a cabo un análisis emocional a través de una red neuronal artificial, la cual tiene en cuenta el tiempo y los errores dentro de un problema matemático, así como las imágenes de reconocimiento facial del estudiante. En este trabajo se demuestra que el reconocimiento de emociones de los alumnos juega un papel importante en el proceso de aprendizaje.

En la investigación de Oulhaci, Tranvouez, Espinasse y Fournier (2013) se propone un ITS denominado *Simfor*, el cual mediante la gamificación entrena a no profesionales sobre la gestión de riesgos. El juego consta de módulos de creación de escenarios que simulan un acontecimiento con factor de riesgo para la interacción con el usuario. Es en este proceso formativo donde el usuario adquiere conocimiento sobre el riesgo y cómo debe enfrentarlo.

Resultados

Una vez revisada la literatura, en la tabla 1 se detallan las publicaciones cronológicamente ordenadas que cumplen los criterios de interés y de exclusión previamente definidos:

Tabla 1. Usabilidad por áreas de especialización de los sistemas de tutoría inteligente

Autores	Nombre	Área
Rodríguez <i>et al.</i> (2013)	Malvi	Matemáticas
Mitrovic <i>et al.</i> (2013)	SQL-tutor	Base de datos
Arevalillo-Herráez <i>et al.</i> (2013)	Traductor verbal algebraico	Álgebra
Cabada <i>et al.</i> (2014)	Aprendizaje matemático	Matemáticas
Oulhaci <i>et al.</i> (2013)	Simfor	Factor de riesgos

Fuente: Elaboración propia

En las diferentes áreas de conocimiento que se han implementado ITS, se puede observar el enfoque hacia las ciencias matemáticas y computacionales, lo cual ayuda a identificar sus características y servir de base en la construcción de un nuevo modelo de ITS para el apoyo en el aprendizaje de algoritmos computacionales.

En la construcción de un nuevo modelo de ITS como apoyo en el proceso de enseñanza de la codificación de programas computacionales a través de algoritmos, se deben analizar las diferentes técnicas que se han implementado en su desarrollo para generar un nuevo paradigma a través de una estrategia que haga uso de técnicas de la IA que soportarán la construcción de un nuevo ITS.

Por ello, en la tabla 2 se muestra el trabajo de investigación de Sánchez *et al.* (2015), donde se analizan las técnicas y tendencias de la IA utilizadas como tecnología en el desarrollo de ITS a partir de las investigaciones hechas sobre el uso y desarrollo de tutores inteligentes.

Tabla 2. Técnicas de inteligencia artificial implementadas por los respectivos autores

Técnicas de IA	Autores que la utilizan
Lógica difusa	Peña, C., Marzo, J., De la Rosa, J., Fabregat, R.
Razonamiento basado en casos	Peña, C., Marzo, J., De la Rosa, J., Fabregat, R.; Ovalle, D. y Jiménez, J.
Agentes inteligentes	Cataldi, Z., Salgueiro, F., Costa, G., Calvo, P., Méndez, P., Rendón, J., Lage, F.
Red neuronal artificial	Salgueiro, F., Cataldi, Z., Lage, F., García-Martínez, R.; Arnau, D. Arevalillo-Herráez, M., Puig, L., González-Calero, J.; Sánchez, R., Bartel, Ch., Brown, E., DeRosier, M.; Oulhaci, M. A., Tranvouez, E., Espinasse, B., Fournier, S.; Zhiping, L., Tianwei, X., Yu, S; Cabada, R. Barrón, M. y Olivares, J. M. J.
Redes bayesianas	Cataldi, Z., Salgueiro, F., Lage, F., García-Martínez, R.
Lingüística difusa	Badaracco, M., Martínez, L; Azoulay-Schwartz, R., Hani, Z.
Representación de conocimiento	Arevalillo-Herráez, M., Arnau, D., Marco-Giménez, L.
Lingüística computacional	Xuechen, He; Ferreira, A., Kotz, G.
Procesamiento del lenguaje natural	Latham, A., Crockett, K., McLean, D.; Gorrostieta, J., González, S., López, A.; Jackson, T., Graesser, A.
Visión artificial	Sathyanarayana, S., Littlewort, G., Bartlett, M.; Qui-rong, Chen.

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez *et al.* (2015)

Discusión

Analizando la literatura sobre los diferentes tipos de ITS existentes en diversas disciplinas, se observa que para su desarrollo los autores utilizan técnicas de IA implementando redes neuronales y teorías de la educación, como lo son la psicología cognitiva. En tal sentido, Mitrovic y Ohlsson (1999) muestran en su sistema un modelo del estudiante que determina acciones pedagógicas; asimismo, Arevalillo-Herráez *et al.* (2013) describen un sistema tutorial inteligente que se centra en la etapa de traducción de problemas

verbales en notación simbólica, lo que permite aprender a solucionar problemas algebraicos de manera verbal. Por otro lado, se analiza el trabajo de Cabada *et al.* (2014), en donde desarrollan un ITS para aprender matemáticas tomando como variable sobresaliente el estado emocional del estudiante; para este trabajo hacen uso de una red neuronal artificial que toma en cuenta el tiempo de solución de problemas y el número de errores que se presenta al momento resolver problemas matemático. Finalmente, se analiza el ITS Simfor, sistema desarrollado por Oulhaci *et al.* (2013) mediante el cual, a través de la gamificación con los estudiantes, se entrena sobre la identificación y gestión de riesgos físicos.

Como trabajo futuro —a partir de los hallazgos de la literatura sobre los ITS desarrollados y las metodologías implementadas— se toman las bases para la construcción de un ITS para apoyar la enseñanza del área de los algoritmos computacionales. Para esto, se considera fundamental la implementación de un ITS para el desarrollo del razonamiento, pensamiento analítico y lógico en los estudiantes de la carrera de ingeniería en Tecnologías de la Información de la Universidad Politécnica de Victoria (UPV), ya que las materias relacionadas con el desarrollo de *software* son las que tienen un alto índice de reprobación. La tabla 3 muestra el comportamiento de reprobación de materias por cuatrimestre dentro del periodo enero 2019-agosto 2020. Es importante señalar que las materias identificadas son las que tienen relación en el desarrollo de *software* y que a su vez se han impartido una o más ocasiones dentro del periodo señalado.

Tabla 3. Comportamiento de reprobación de materias por cuatrimestre: periodo enero 2019-agosto 2020 del programa académico (PE) de ITI de la UPV

<i>Materia</i>	<i>Enero-abril 2019</i>	<i>Mayo-agosto 2019</i>	<i>Septiembre-diciembre 2019</i>	<i>Enero-abril 2020</i>	<i>Mayo-agosto 2020</i>
Programación orientada a objetos					83 %
Graficación por computadora avanzada				71 %	
Fundamentos de programación orientada a objetos				67 %	
Minería de datos aplicada	62 %				
Cómputo en dispositivos móviles		44 %			43 %
Introducción a la graficación por computadora	25 %		59 %	35 %	
Estructura de datos	42 %	27 %	39 %		
Tecnología y aplicaciones web		36 %	49 %		32 %
Matemáticas básicas para computación	33 %	34 %		44 %	
Probabilidad y estadística		34 %	24 %		
Introducción a la programación			36 %	21 %	
Negocios electrónicos	39 %			20 %	32 %
Introducción a las tecnologías de información	29 %				
Programación		32 %	24 %		
Base de datos					28 %
Programación web	27 %	28 %			
Integración de tecnologías de la información		25 %			
Introducción a las bases de datos	20 %				

Nota: Esta tabla representa los resultados de reprobación de las materias relacionadas al desarrollo de *software* en el periodo comprendido entre enero 2019 y agosto 2020. En ella se aprecian los cuatrimestres donde las asignaturas se impartieron y el nivel de reprobación que arrojaron los resultados en cada uno de ellos, según el Sistema Integral de Información de la UPV (SIIUPV 2020).

Se elige la implementación de esta herramienta, ya que se considera eficiente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, ha demostrado en la literatura tener en cuenta las capacidades cognitivas de cada estudiante y adaptarse a sus capacidades de aprendizaje.

Conclusiones

Con base en la exploración de la literatura sobre el uso de los ITS en la educación superior y asumiendo que el objetivo principal de los ITS es la identificación del nivel de aprendizaje sobre un área de la ciencia para ofrecer un soporte en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la estimulación de los estudiantes, algunos sistemas hacen uso de la gamificación para no generar desinterés y aburrimiento. Por eso, con base en el análisis exploratorio de los ITS utilizados en la educación a nivel superior como apoyo en el aprendizaje en diferentes áreas de la ciencia, se observa que la incorporación de los ITS en la educación ayudan a resolver la problemática de la enseñanza de considerar que todos los estudiantes tienen las mismas necesidades de aprendizaje y la misma forma de aprender. En relación con esto, los ITS juegan un papel muy importante, puesto que han sido creados para identificar las debilidades y necesidades de aprendizaje individuales y así establecer una metodología de enseñanza apropiada según cada caso.

El objetivo de los ITS no es el reemplazo del tutor humano, sino reforzar la enseñanza dentro y fuera del aula. En la implementación de los ITS el tutor humano efficientiza sus actividades haciéndose cargo en forma personalizada de las tareas que el ITS no puede realizar. Bajo este panorama de la enseñanza se considera al alumno como el centro principal en el proceso educativo, pues es él quien regula sus aprendizajes. De esta forma, se logra crear una visión de enseñanza donde es el estudiante el protagonista del modelo y sus necesidades la prioridad.

Como trabajo futuro se consideran los hallazgos encontrados en la literatura para servir de base en la construcción e implementación de un ITS en la carrera de ITI de la UPV para mejorar el rendimiento académico de los alumnos de las áreas del desarrollo de *software*.

Futuras líneas de investigación

La línea de investigación a trabajar para el desarrollo de un ITS a nivel superior es *sistemas inteligentes aplicados a la educación*. Con esta se fijarán las bases para la construcción, implementación y experimentación de un sistema tutor en el apoyo de algoritmos computacionales en el programa educativo de ITI de la UPV en donde a través del uso de la teoría de la educación de la psicología cognitiva se pretende crear un nivel de motivación en los alumnos para generar un interés en el aprendizaje para la construcción de *software*. En tal sentido, se utilizará la IA para implementar una red neuronal de aprendizaje profundo y crear nodos inteligentes para establecer una herramienta capaz de simular el cerebro humano implementada en un sistema informático y proporcionar soporte y asesoría a los alumnos en la creación de algoritmos computacionales.

Referencias

- Arevalillo-Herráez, M., Arnau, D. and Marco-Giménez, L. (2013). Domain-specific knowledge representation and inference engine for an intelligent tutoring system. *Knowledge-Based Systems*, 49, 97-105.
- Arias, F., Jiménez, J. y Ovalle, D. (2009). Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, 6(1), 155-164. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/220136853_Modelo_de_planificacion_instruccional_en_sistemas_tutoriales_inteligentes
- Barraza, A. (2005). Una conceptualización comprehensiva de la innovación educativa. *Innovación Educativa*, 5(28),19-31. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1794/179421470003>
- Brown, J. and Burton, R. (1978). Diagnostic Models for Procedural Bugs in Mathematical Skills. *Cognitive Science*, 2(2), 155-192.
- Brown, E.; Palincsar, B. (1989) Guided, Cooperative learning and the individual knowledge acquisition. En Resnick B. (comp.) *Knowing, learning, and instruction*. Hillsdale. N.J.
- Burton, R. R.; Brown, J. S. (1981). An investigation of computer coaching for informal learning activities. In: Sleeman, D., Brown, J. (eds.): *Intelligent Tutoring Systems*, Capítulo 4, p. 79-98, London: Academic Press.

- Cabada, R., Barrón, M. y Olivares, J. M. (2014). Reconocimiento automático y aspectos éticos de emociones para aplicaciones educativas. *Komputer Sapiens*, 27-33.
- Carbonell, J. R. (1970). AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer assisted instruction. *IEEE transaction on Man Machine System*, 11(4), 190-202.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2009). Sistemas tutores inteligentes orientados a la enseñanza para la comprensión. *EduTec*, (28). Recuperado de <http://www.edutec.es/revista/index.php/edutec-e/article/view/456>
- Clancey, W. J. (1991). Intelligent tutoring systems: A tutorial survey, en App. Artificial Intelligence: A Sourcebook. McGraw-Hill.
- Crow, T., Luxton-Reilly, A. and Wünsche, B. (2018). Intelligent tutoring systems for programming education: a systematic review. *20th Australasian Computing Education Conference*, 53-62. Doi: <https://doi.org/10.1145/3160489.3160492>
- Galvin, T. (1994). *Mebuilder: An Object-Oriented Lesson Authoring System for Procedural Skills (9/94)* (tesis doctoral). Retrieved from <https://calhoun.nps.edu/handle/10945/30938>
- Gertner, A. S., Conati, C. and VanLehn, K. (1998). Learning Procedural help in Andes: Generating hints using a Bayesian network student model. *Research & Development. American Association for Artificial Intelligence*. Retrieved from <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/procedural-help-in-andes-generating-hints-using-a-bayesian-networ>
- Gertner, A.S. y VanLehn, K. (2000). Andes: A Coached Problem Solving Environment for Physics. *Lecture Notes In Computer Science; Vol. 1839 Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*. Pages: 133 - 142
- Giraffa, L., Nunes, M. A. and Viccari, R. M. (1997). Multi-Ecological: A Learning Environment using Multi-Agent architecture. *MASTA'97: Multi-Agent System: Theory and Applications*. Proceedings. Coimbra: DE-Universidade de Coimbra.
- Graesser, A. C., Chipman, P., Haynes, B. and Olney, A. (2005). AutoTutor: an intelligent tutoring system with mixed - initiative dialogue. *IEEE Transactions on Education*, 48(4). Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1532370>
- Guzmán, E., y Conejo, R. (2005). Un modelo de evaluación cognitiva basado en Tests Adaptativos Informatizados para el diagnóstico en Sistemas Tutores Inteligentes. (tesis de pregrado). Universidad de Málaga. Recuperado de: <http://www.lcc.uma.es/repository/fileDownloader?rfname=LCC1406.pdf>

- Hernández, J. y Rengifo, Y. (2015) Los sistemas tutores inteligentes y su aplicabilidad en la educación. *Horizontes Pedagógicos*, 17(2), 104-115. Recuperado de <https://revistas.iberoamericana.edu.co/index.php/rhpedagogicos/article/view/17209>
- Huapaya, C. (2009). *Sistemas tutoriales inteligentes. Un análisis crítico*. Facultad de informática. Universidad Nacional de la Plata. Recuperado de <https://postgrado.info.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/Huapaya.pdf>
- Johnson, W. L. (1986). *Intention-based diagnosis of novice programming errors*. Morgan-Kauffman.
- Mitrovic, A. and Ohlsson, S. (1999). Evaluation of a constraintbased tutor for a database language. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10(3-4), 238–256.
- Mitrovic, A., Ohlsson, S. and Barrow, D. (2013). The effect of positive feedback in a constraint-based intelligent tutoring system. *Computers & Education*, 60(1).
- Morales, R. (2007). Modelado del estudiante para ambientes virtuales de aprendizaje en Web. *Apertura: Revista de Innovación Educativa*, 7(7), 21–35. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=28627025&site=ehost-live>
- Oulhaci, M. A., Tranvouez, E., Espinasse, B. and Fournier, S. (2013). Intelligent Tutoring Systems and Serious Game for Crisis Management: a Multi- Agents Integration Architecture. *2013 Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*.
- Ovalle, D. y Jiménez, J. (2006). Ambiente inteligente distribuido de aprendizaje: integración de ITS y CSCL por medio de agentes pedagógicos. *Revista EIA*, (6), 89-104.
- Quiroga, L. (2016). *Prototipo de tutor inteligente para el aprendizaje de la programación de computadores* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14968/1/PROTOTIPO%20DE%20UN%20SISTEMA%20TUTOR%20INTELIGENTE.pdf>
- Quispe, R. (2014) Tutor inteligente para fortalecer el aprendizaje de la estructura morfosintáctica a nivel primero de primaria (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Rodríguez, A., Castillo, J. y Lira, A. (2013). Diseño de un sistema tutorial inteligente. *Apertura*, 5(1), 36-47.

- Rodríguez, M. (2019). Sistema de tutoría inteligente aplicado a la enseñanza de programación de computadoras a nivel licenciatura. En Borrego Gómez, D., Cantú Cervantes, D. y Molina Montalvo, H. *Educación y tecnologías* (pp. 179-189). Editorial Palibrio. Recuperado de <https://www.amazon.com.mx/Educaci%C3%B3n-Tecnolog%C3%ADas-Daniel-Desiderio-Borrego/dp/1506530214>
- Rowe N. C. y T. P. Galvin, (1998) "An authoring system for intelligent procedural-skill tutors," en *IEEE Intelligent Systems and their Applications*, vol. 13, no. 3, pp. 61-69, May-Jun 1998, doi: 10.1109/5254.683211.
- Salgueiro, F., Costa, G., Cataldi, Z., Lage, F. y García-Martínez, R. (2005). Nuevo enfoque metodológico para el diseño de los sistemas tutores inteligentes a partir de un acercamiento distribuido. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2(4), 25-32. Recuperado de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/020205/A3ago2005.pdf>
- Sánchez, I. I., Cabrera, J. M. y Martínez, J. E. (2015). Ayudas virtuales como apoyo al aprendizaje inclusivo en la ingeniería. *Revista Horizontes Pedagógicos*, 17(2), 104-116.
- Stevens, A. and Collins, A. (1977). *The goal structure of a Socratic tutor*. Proc.s of the National ACM Conference. New York: ACM.
- Suárez, J. J., Arencibia Rodríguez, Y. y Pérez Fernández, A. C. (2016). Metodología para desarrollar un sistema tutor inteligente basado en la Web para estudiantes de ingeniería. *Universidad y Sociedad*, 8(4), 108-115.
- Tarongí, V. A. (2010). *Sistema tutor inteligente adaptativo para laboratorios virtuales y remotos* (tesis de master). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Tensorflow Core <https://www.tensorflow.org/> Consultado el 24-07-2019.
- Urretavizcaya, M. (2001). Sistemas inteligentes en el ámbito de la educación. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 5(2), 5-12.
- VanLehn, K (1988). Student Modelling. M. Polson. *Foundations of Intelligent Tutoring systems*. Hillsdale. N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 55-78.
- Wolf, B. (1984). *Context Dependent Planning in a Machine* (Ph. D. dissertation). University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts.