



Diseño de un modelo multiagente con herramientas de inteligencia artificial, para cursos virtuales

Tutora: Luz Marina Martínez

Cotutora: Marta Libedinsky

Alumno: Alex Cifuentes Delgado

Título a obtener: Magister en Tecnología educativa

Facultad de Tecnología Informática

Febrero de 2021

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Dedico este trabajo:

A tres mujeres ejemplares, especialmente a Luz Marina, por su apoyo, confianza, entereza, cocimiento y sus infinitas ganas de enseñar. A Marta, por su ayuda y por ser una directora de programa comprometida y siempre dispuesta a resolver las dificultades de este proceso académico. Y para finalizar, agradecerle a mi mamá por siempre apoyarme en cada una de las metas que me he fijado.

## Tabla de contenido

Resumen .....	7
Introducción.....	8
1. Planteamiento del problema .....	10
2. Justificación.....	16
3. Objetivos de la investigación.....	19
3.1 Objetivo general .....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
4. Marco teórico-conceptual.....	19
4.1 Estructura de un Sistema Multi agente.....	27
4.2 Antecedentes Empíricos .....	31
5. Diseño metodológico.....	41
5.1 Etapa del diseño.....	42
6. Conclusiones.....	46
6.1 Recomendaciones .....	48
Bibliografía.....	49

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cronología en Oferta Educativa Virtual o a Distancia .....	21
--	----

## Tabla de figuras

Figura 1. Evolución de internet. Fuente: elaboración propia a partir de Contreras (2016). .....	20
Figura 2. Arquitectura de un Sistema Tutorial Inteligente (STI). Fuente: Troncoso (2005). .....	35
Figura 3. Arquitectura basada en Agentes para un Entorno Virtual de Entrenamiento. Fuente: elaboración propia a partir de Troncoso (2005).....	37
Figura 4. Arquitectura de AgentNet. Fuente: Rossel (2006) .....	39
Figura 5. Arquitectura de AgentNet. Fuente: Rossel (2006) .....	40
Figura 6. Arquitectura de un MAS. Fuente: propia .....	42

# **Diseño de un modelo multiagente con herramientas de inteligencia artificial, para cursos virtuales.**

## **Resumen**

En los últimos años la inteligencia artificial (IA) en educación, se ha utilizado en la búsqueda de nuevos métodos de enseñanza y aprendizaje que posibiliten mejores resultados en la enseñanza de mediación virtual. La revisión documental realizada en este trabajo de maestría tuvo como finalidad la identificación de herramientas de IA utilizadas en la construcción de Sistemas Multiagente (SMA), aplicados en educación. Posteriormente, se procedió al diseño de un SMA que integra múltiples herramientas de IA, en el que se busca identificar el grado de conocimientos inicial del estudiante y su mejor forma de aprender.

Asimismo, este SMA integra un sistema de lenguaje natural que viabiliza la comunicación entre usuario y plataforma, como también, sistemas adaptativos y tutores inteligentes para el desarrollo de las variadas funciones incluidas en este diseño.

Se revisó un total de 49 artículos para fundamentar del SMA, y para su creación, se utilizaron las herramientas más significativas de cada modelo revisado. Como resultado se obtuvo el diseño de un MAS ajustado a un prototipo de cursos ofertados de mediación en virtual.

*Palabras clave:* Inteligencia artificial, sistemas multiagente, educación virtual, tutores inteligentes, planificación instruccional.

## **Introducción**

En la actualidad, son numerosas las tareas que realiza la Inteligencia Artificial (IA), en diferentes ámbitos de la sociedad, encaminada a la oferta de servicios más eficientes y eficaces, los cuales, no eran posibles en décadas pasadas. Esta tecnología permite hacer predicciones, recomendaciones o tomar decisiones, en entornos reales o virtuales, sobre determinados objetivos definidos por sus creadores.

Actualmente, en el campo de la educación existen importantes avances tecnológicos, que proyectan a la IA como una poderosa herramienta para la enseñanza y el aprendizaje, dada su capacidad de integrar múltiples instrumentos como son bases de datos, agentes inteligentes, razonamiento basado en casos (RBC), hipertextos adaptativos, planificación instruccional (PI) y entornos adaptativos, los cuales, proveen al estudiante un sinfín de oportunidades que posibilitan un mayor aprendizaje en entornos virtuales y, por ende, facilitan la labor del docente.

Esta integración sistemática de la IA en la educación virtual tiene la capacidad para hacer frente a algunos de los mayores desafíos de la educación de hoy en día, de elaborar experiencias de enseñanza y aprendizaje innovadoras, y definitivamente, de acelerar el avance hacia la obtención de resultados más prometedores que los alcanzados con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en educación.

Por esta razón, se revisaron artículos científicos, centrados en sistemas multiagente, que han integrado diferentes herramientas de IA, utilizadas en el ámbito académico. Posteriormente, se procedió al diseño de un Sistema Multiagente (SMA), basado en la propuesta de algunos autores y complementado con la experiencia personal en docencia virtual, que me ha permitido

evidenciar diferentes oportunidades de mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje, mediados por tecnologías de información y comunicación.

Este SMA se enfoca en tres aspectos fundamentales: caracterización del estudiante, acompañamiento docente y personalización de la educación virtual. El alcance de la investigación se enmarca en el diseño de un SMA, ofreciendo la posibilidad para otros investigadores de la construcción y puesta en marcha de esta propuesta.

## 1. Planteamiento del problema

La inteligencia artificial (IA), se define según el Instituto de Ingeniería del Conocimiento (IIC, 2019), “como cualquier tarea que un ordenador puede realizar tan bien, si no mejor, que los humanos” (s.p.). Esta característica convierte a la IA en una herramienta muy utilizada en diferentes ámbitos y entornos sociales, en los que podemos mencionar algunos como, el de la salud, el de la astronomía, el de la sismología, el de la biología, el de la neurociencia, el de la farmacéutica, el de la edición y el del procesamiento multimedia.

La IA tiene diversas aplicaciones, y en el campo de la salud, en particular, se divide en tres categorías, soluciones algorítmicas, herramientas de apoyo a la práctica médica y tratamiento de imágenes.

El IIC, indica que, en la práctica médica actual, las aplicaciones de la IA con mayor uso son las algorítmicas, utilizadas en investigaciones basadas en la evidencia, programados por investigadores y clínicos. Cuando los humanos integran datos conocidos en algoritmos, los ordenadores pueden extraer información y aplicarla a un problema.

De conformidad con lo anterior nace CORTI, esta aplicación es un asistente de voz, utilizada en llamadas de emergencia, creado en 2016 en Holanda, que incorpora IA, y hace posible reconocer fases tempranas de infartos cardiacos. Esta herramienta, no solo reconoce palabras, también encuentra pistas ocultas, repara en la voz de fondo, así la persona que realiza la llamada no sepa que presenta un infarto. Este programa convierte la voz a texto e informa al personal de emergencias sobre la situación. De este modo se agilizan los sistemas de ambulancias, para el traslado de pacientes con este tipo de afección. (TICbeat, 2018).

En otra aplicación se incorporó el procesamiento del Lenguaje Natural, que ayuda a las máquinas a comprender e interpretar el habla y la escritura humana. Como lo indica el ICC, esta

herramienta de apoyo a la práctica médica, se basa en el uso de IA. Este software puede revisar miles de registros médicos electrónicos completos y dilucidar los mejores pasos para evaluar y administrar un tratamiento a pacientes con diferentes enfermedades.

En procesamiento de imágenes, según lo indica el portal El Hospital (2019), “La herramienta AIHuB realiza análisis de imágenes de resonancia magnética (RM), tomografía computarizada (TC), rayos X y mamografía con una tecnología habilitada para inteligencia artificial”, que abarca una amplia variedad de técnicas de diagnóstico, para detectar enfermedades como los accidentes cerebrovasculares, el Alzheimer y el cáncer, superando el margen de error del humano.

En estudios de mamografía, que corresponde a imágenes adquiridas con el uso de Rayos X, para el estudio de cáncer (CA) de mama, la IA con la ayuda de un software de reconocimiento de patrones visuales, puede almacenar y comparar decenas de miles de imágenes, para lo cual utiliza las mismas técnicas heurísticas que los humanos, según el IIC, con un 10% de más precisión que el médico promedio. Y se proyecta en poco tiempo aumentar significativamente esta brecha entre el ojo humano y la IA.

Así como en salud, en el campo de la Biología, también encontramos importantes avances en el uso de la IA, como ha sido la inclusión de un algoritmo presentado en 2018, el cual, tiene la capacidad de etiquetar fotografías con número, especie y actividad de los animales, gracias a las imágenes tomadas en su habitat natural por cámaras trampa, lo que permite a los investigadores y conservacionistas, monitorear el comportamiento de la fauna (Ruiz, 2019). Con esta herramienta se evitan la revisión de cientos de imágenes y numerosas horas de grabación.

Al igual que en Biología, el campo de la sismología, tal como lo anticipa DeVries (2018), “la IA se podrá utilizar para predecir dónde ocurrirán réplicas de terremotos”, lo cual facilitaría

notablemente las tareas de rescate y, por ende, disminuir el número de fallecidos. Esta investigadora postdoctoral del departamento de Astronomía de la Universidad de Harvard trabajó con una base de datos, con información de más de 118 terremotos importantes de todo el mundo, aplicando una red neuronal para analizar la relación entre los cambios de estrés estático causados por las ubicaciones del temblor inicial y las réplicas, con el resultado final, de un modelo notablemente mejorado de predicción de las ubicaciones de las réplicas, que un día podría ayudar a desplegar servicios de emergencias y evacuar zonas en riesgo de réplica.

Uno de los diferentes usos de la IA, en redes sociales es la traducción que realiza esta herramienta a más de 100 idiomas que se hablan en línea, al igual que la moderación en el lenguaje, en el material fotográfico y en los miles de videos que los usuarios suben por día a estas redes. La IA tiene un papel protagónico en el manejo del alto contenido de datos, de la misma forma, en el manejo de la seguridad y privacidad de los usuarios, con sistemas de protección.

Así mismo, en el campo de la educación existen importantes avances tecnológicos que proyectan a la IA como una poderosa herramienta para la enseñanza y el aprendizaje, dada su capacidad de integrar múltiples instrumentos como son bases de datos, agentes inteligentes, razonamiento basado en casos (RBC), hipertextos adaptativos, planificación instruccional (PI) y entornos adaptativos, los cuales proveen al estudiante un sinfín de oportunidades que posibilitan un mayor aprendizaje en entornos virtuales y, por ende, facilitan la labor del docente.

En el contexto educativo Iberoamericano, en el año 2017, el porcentaje de estudiantes matriculados en programas virtuales de educación superior se ubicó en el 18%, según informe emitido por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura (OEI, 2019). Por su parte en el contexto colombiano, según el Ministerio de Educación

Nacional (MEN, 2018), el 10,3% de los estudiantes, se encuentran matriculados en programas de mediación virtual, en los que se incluyen diferentes grados de formación, como son: técnico, tecnológico, profesional, especialización y maestría.

De conformidad con lo anterior, la IA brinda un soporte importante a la labor docente en tareas como, retroalimentaciones continuas en foros de trabajo colaborativo, calificaciones de cuestionarios en línea y filtración de información académica de interés para el usuario, entre otros.

Adicionalmente, como lo indica Villarreal (2003), “La AI dispone de múltiples funciones como, observar al estudiante constantemente, redefinir su actuar en cualquier momento según el comportamiento del estudiante, adaptar su actuar en situaciones inesperadas...” p (5). De esta manera, los docentes pueden tener una mayor supervisión del proceso educativo e identificar dificultades de aprendizaje en los alumnos y así proponer estrategias y herramientas didácticas, que mejoren la forma de aprender.

Por su parte, el estudiante gracias a la IA puede tener la supervisión en sus trabajos colaborativos de compañeros más avanzados, quienes pueden ayudarle en la resolución de dudas e inquietudes. Condición favorable para aquellos alumnos que pueden sentirse intimidados por el docente, ya que pueden creer que poseen un bajo conocimiento frente al que posee el profesor. También existe la posibilidad, que la timidez sea un rasgo propio de algunos estudiantes, característica que limita la interacción con el maestro, y de otro lado, el carácter de algunos docentes, el cual puede incidir en la relación profesor-estudiante.

Por lo referido anteriormente, la implementación de herramientas de inteligencia artificial, en cursos de educación virtual, favorecerían significativamente los procesos de enseñanza y aprendizaje en esta modalidad, lo cual representa todo un reto, para superar las dificultades

apreciables y palpables en este modelo, ya que como lo indican, Duque, Ovalle y Jiménez (2007) “Después de 30 años de la inclusión de las TIC sumada a la tecnología educativa, buscando individualizar la enseñanza, y potenciar el aprendizaje en la modalidad virtual, se encuentra que los resultados no son los esperados” p (2). Esto en razón a que la introducción de las tecnologías en la educación, han sido incluidas lentamente y de forma heterogénea, del mismo modo, el uso de herramientas como videoconferencias o el aprendizaje por sí mismo, no han tenido mucho éxito debido a sus limitaciones y a la integración débil de medios, integración débil entre alumno, profesor y sistemas (Sheremetov, Núñez y Guzmán, 2008).

Por las razones anatas, la inclusión de un modelo multiagente en cursos de educación virtual, permitirá un mejor escenario para educandos y educadores, ya que esta herramienta permite evaluaciones de ingreso, que establecen el grado de conocimiento del estudiante, con la finalidad de ofertarle un plan de estudios ajustado a sus gustos y necesidades.

Además, el modelo debe contener un tutor guía, que trabaje continuamente en la revisión de temas y actividades con cada estudiante, el cual indicará los posibles errores en cada fase. Así mismo, debe incluir un tutor evaluador, que mida el progreso del alumno y establezca itinerarios y trabajos alternos, cuando se requiere el reforzamiento de los conocimientos esperados.

También, debe incluirse un tutor social, que posibilite búsquedas en bases de datos, en relación con los temas abordados, al igual que ofertas en redes colaborativas con alumnos en cursos superiores, que puedan contribuir en la resolución de dudas y preguntas, ya que el alumno por naturaleza tiene una conducta más desinhibida con sus compañeros de estudio.

Por tal motivo, nos proponemos en la presente investigación responder ¿Cuáles son las herramientas de inteligencia artificial que debería incluir un modelo multiagente para contribuir

al enriquecimiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en cursos universitarios de grado en el campo de la salud ofertados en la modalidad virtual?

## 2. Justificación

La educación virtual aporta múltiples beneficios, como la inclusión de poblaciones residentes en regiones apartadas; también mejora las oportunidades de aprendizaje, dada la flexibilidad horaria, que posibilita estudiar todos los días y en cualquier momento, especialmente, para aquellas personas que trabajan. Además, pueden ampliarse los objetivos de aprendizaje con el apoyo de las tecnologías, que facilitan el acceso a miles de contenidos y, sin duda alguna, esta mediación brinda la oportunidad de acceder a universidades o instituciones remotas, antes de difícil acceso en un porcentaje importante de población, por los elevados costos y desplazamientos obligatorios, característicos de una modalidad presencial.

No obstante, estos beneficios en la educación virtual, también requieren importantes exigencias, ya que una buena parte de la población universitaria no tiene la disciplina para educarse de forma autónoma y su aprendizaje necesita de una guía para el desarrollo de cada actividad. Así mismo, la inexperiencia o falta de habilidades y destrezas en relación con el aprendizaje y la comunicación en línea son obstáculos importantes en la formación virtual.

Sobre esta problemática, evidenciada en educación virtual, Dastbaz y colaboradores (2006), citado por Duque, Ovalle, Vicari, y Azambuja (2008) indican:

Pero ante tantas promesas y esperanzas acerca de la revolución e-learning y con todos los avances en tecnologías multimedia, un cerrado escrutinio permite revelar que muchos de estos “modernos” sistemas, son poco más que el viejo aprendizaje apoyado por computador basado en texto, pero ahora corriendo en Internet p (2).

De conformidad con lo anterior, el aprendizaje dependerá de la creación de hábitos de estudio y de habilidades del estudiante, para desarrollar procesos académicos asertivos, ya que, solo navegando en internet, es poco probable garantizar un aprendizaje significativo.

En relación a las dificultades mencionadas, la introducción de herramientas de IA en educación virtual, posibilitan un nuevo y mejor horizonte, ya que estas facilitan medir el grado de conocimientos de cada estudiante antes del inicio de actividades, a través de evaluaciones, que permiten determinar el plan de estudio más idóneo para cada alumno.

Otra herramienta de gran utilidad corresponde a los tutores inteligentes, ya que proporcionan un acompañamiento constante en la revisión y aprobación de tareas en cada curso. Este instrumento presenta diferentes opciones, como son: tutores compañeros de estudio, tutores guías o tutores consejeros y tutores evaluadores, que permiten medir, comparar y analizar el avance académico de cada estudiante de manera personalizada.

De igual modo, los tutores inteligentes permiten realizar retroalimentaciones o feedback en las diferentes tareas realizadas y aportadas por los estudiantes. Esta actividad se puede efectuar casi en tiempo real, gracias al rápido procesamiento de información, que posibilitan los equipos de cómputo de última tecnología, ofertados actualmente en el mercado.

La retroalimentación debe tener múltiples características, entre las que se destacan: Cómo, cuándo y de qué modo decimos lo que decimos, ya que los comentarios impactan en las personas, en sus aspectos emocionales y cognitivos. Además, el clima en el cual se piensa realizar la retroalimentación, ya que este debe ser tranquilo, no punitivo y un proceso en el que el error forme parte del proceso de aprendizaje. Del mismo modo, la construcción de criterios en las retroalimentaciones, debe ser un papel conjunto entre maestros y alumnos, y su contenido ser público, puesto que les servirá a los docentes para calificar y a los estudiantes para autoevaluarse y realizar apreciación entre pares. Igualmente, se plantea realizar retroalimentaciones con adecuados ejemplos, ya que se debe modelar cómo se hace algo, así los buenos ejemplos son una forma significativa de retroalimentar (Anijovich, 2015).

De igual manera, las retroalimentaciones concebidas como aquella información que se le brinda al estudiante con el fin de que tome conocimiento de su proceso de aprendizaje y pueda, eventualmente, tomar decisiones para modificarlo y alcanzar los objetivos previstos. En este contexto, las retroalimentaciones pueden brindar información sobre el aprendizaje en términos de logro o rendimiento, como también, sobre el aprendizaje en términos de proceso (Sánchez y Manrique, 2018).

Bajo estas características las retroalimentaciones deben ser consideradas como una parte fundamental de las tareas que desarrollan, tanto tutores humanos como tutores inteligentes, en procesos formativos de mediación virtual. Además, los tutores inteligentes apoyan el proceso educativo, con el uso de diferentes estrategias didácticas, incorporadas en el SMA. Cabe resaltar la importancia que tienen los tutores humanos en este proceso pedagógico, ya que, son ellos quienes diseñan e implementan los diferentes contenidos y materiales a incluirse en cada curso.

Al respecto Izquierdo y Montenegro (2014) indican: “La inteligencia artificial podría cambiar cómo se aprende y cómo se enseña. No obstante, no debe perderse de vista que el principal objetivo es y será: lograr un aprendizaje real y significativo por parte del estudiante” p (5). Esta condición puede favorecerse con la inclusión de un modelo multiagente en la oferta de cursos virtuales, que permita medir el grado de conocimientos inicial de cada alumno, a fin de ofertarle planes de estudio personalizados, al igual que un acompañamiento constante en el desarrollo de actividades en cada fase de un periodo académico, condición que favorece retroalimentaciones de calidad y acompañamiento que garantice la apropiación del conocimiento, dada la tendencia en educación virtual de cursos masivos.

### **3. Objetivos de la investigación**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar un modelo multiagente, que incorpore herramientas de inteligencia artificial, para contribuir al enriquecimiento de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en cursos universitarios de grado en el campo de la salud ofertados en la modalidad virtual

#### **3.2 Objetivos específicos**

Identificar las diferentes herramientas utilizadas actualmente en inteligencia artificial, aplicadas en educación

Establecer los parámetros actuales, utilizados en la construcción de un modelo multiagente

Determinar los agentes inteligentes que se requiere en el diseño de un modelo multiagente

### **4. Marco teórico-conceptual**

La historia de la educación virtual a nivel mundial es reciente, ya que se encuentra en relación directa con la inclusión de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), siendo internet una herramienta fundamental, y sin duda alguna, el motor que ha materializado este tipo de oferta educativa. En la siguiente figura 1, se indican los hitos más importantes en la historia de esta tecnología.

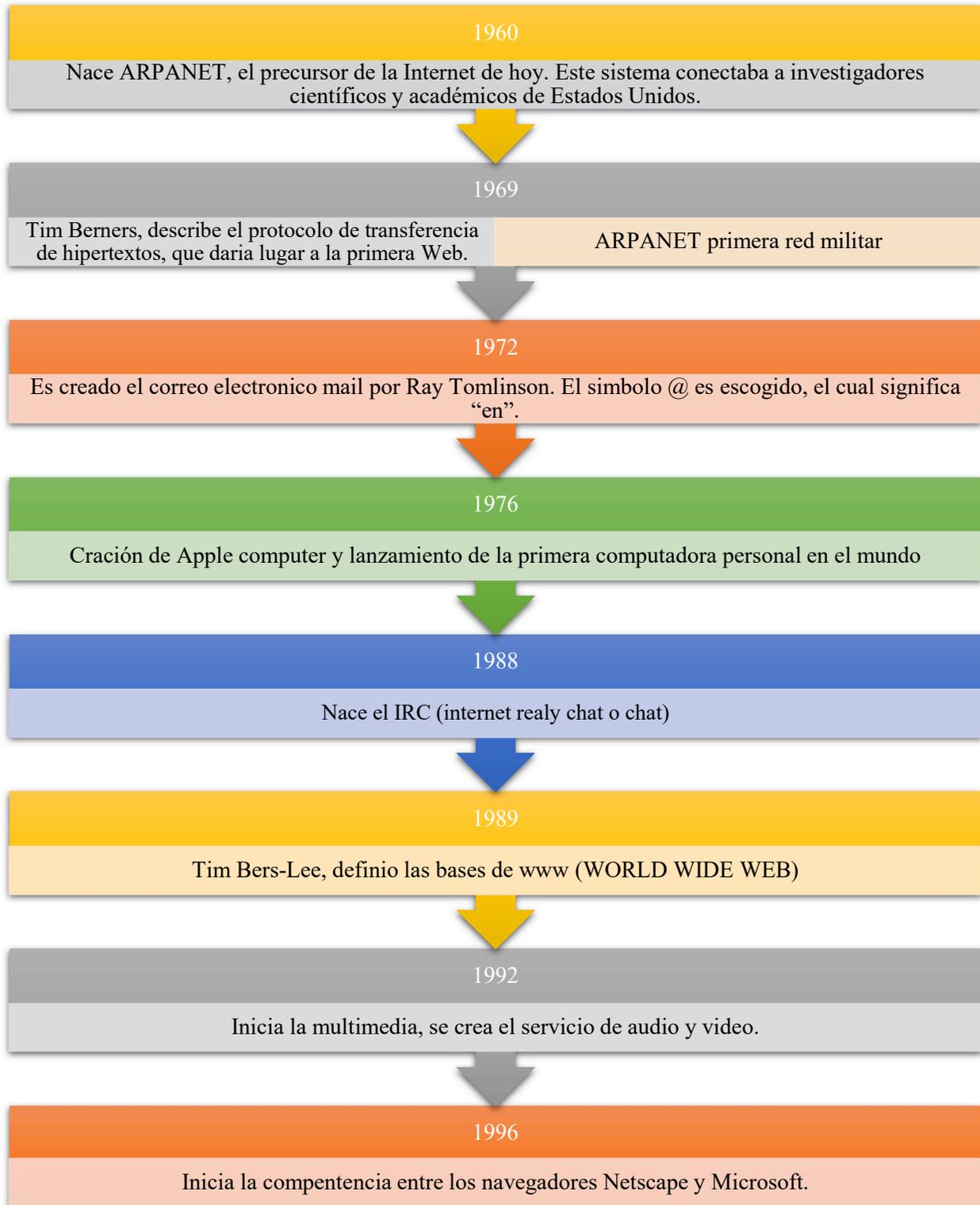


Figura 1. Evolución de internet. Fuente: elaboración propia a partir de Contreras (2016).

De igual modo, este proceso se ha evidenciado, en las instituciones de educación superior.

En la Tabla 1, se muestra una línea de tiempo, en relación a ofertas de enseñanza remota o el inicio de educación a distancia en diferentes Universidades.

**Tabla 1.**

*Cronología en Oferta Educativa Virtual o a Distancia*

<b>Universidad</b>	<b>Desarrollo</b>	<b>Año</b>
Universidad de Wisconsin (EE. UU.)	Oferta de cursos soportados en comunicación telefónica.	1965
Universidad de Stanford (EE. UU.)	Creación de la Standford Instruccional Network Televisión.	1967
Universidad de Athabasca (Canadá)	Creación de una institución que solo ofrecería programas en modalidad a distancia.	1970
Open University	Fundación de la primera universidad a distancia en el Reino Unido.	1971
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) (España)	Creación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia en España.	1973
Fern Universität (Alemania)	Creación de la primera universidad a distancia en Alemania	1974
Universidad Mid-America	Producción y distribución de cursos en video en asociación con otras nueve universidades.	1975
Universidad Nacional Abierta (UNA) (Venezuela)	Creación de la Universidad Nacional Abierta en Venezuela.	1978
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) (Costa Rica)	Creación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia en Costa Rica.	1978
Unidad Universitaria del Sur (Unisur) Colombia	Creación de la primera universidad en Colombia que solo ofrecería programas tecnológicos y profesionales a distancia.	1982
National Technological University (NTU) (EE. UU.)	Creación de la primera institución que ofertó grados y cursos de educación continua de ingeniería por televisión vía satélite.	1985

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (México)	En convenio con la Universidad Autónoma de Bucaramanga (y posteriormente, en 1995-1996, con las universidades que conforman la Red José Celestino Mutis), esta institución comenzó a ofrecer programas académicos a distancia (maestrías) mediante clases satelitales producidas en México.	1992
Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (ILCE), Universidad de Nova (1996), Universidad de Salamanca, UNED, Universidad Oberta de Cataluña y Universidad de Calgary (Canadá)	Se inició la oferta de cursos desde estas universidades, algunos de los cuales continúan hasta el presente.	1996

---

Fuente: Facundo (2003), López y colaboradores (2010), Arboleda y Rama (2013).

Toda esta muestra de experiencias pedagógicas, han sido la base para una oferta educativa virtual, la cual actualmente está soportada con la inclusión de las TIC. Esta forma de aprender se puede analizar a partir tres perspectivas, estas son: conductista, cognitivista e históricosocial. Cada una propone un ideal educativo y es errado creer que alguna es superior a la otra.

Aplicado a la educación, el conductismo tiene su origen en el Psicólogo John B. Watson, a raíz de su trabajo “La psicología tal como la ve el conductista”, publicado en 1913. Esta corriente tuvo gran auge en el sistema educativo hasta el desarrollo del cognitvismo.

El conductismo, propone el estudio de las conductas, que se logran observar y medir. Su teoría está basada en que a un estímulo le sigue una respuesta, como resultado de la interacción entre el individuo y su medio (UNAD, 2016).

De la misma manera, el cognitivismo se extendió hacia el estudio de los problemas que no podían ser observados visual o externamente, como, por ejemplo, el almacenamiento de información en la memoria, la metacognición, y el pensamiento entre otros. Los cognitivistas

concluyeron que la mente humana puede lograr conceptos usando métodos tan rigurosos como los reconocidos por los conductistas, pero sin dejar de lado la suposición que el individuo piensa y elabora información por sí mismo (UNAD, 2016).

En esta misma perspectiva, la Teoría Sociocultural de Vygotsky, hace énfasis en la participación proactiva de los menores con el ambiente que les rodea, ya que esto permite un desarrollo cognoscitivo producto de un proceso colaborativo. Vygotsky indicaba que los niños desarrollan su aprendizaje mediante la interacción social, a partir de la cual crean habilidades cognitivas como procesos lógicos mentales, para una inmersión a una forma de vida.

Bajo las premisas de esta teoría de aprendizaje, el constructivismo cooperativo, se basa en el reconocimiento de la estrecha relación existente entre la construcción personal del significado y la influencia que ejerce la sociedad en la configuración de la relación educativa. Este proceso unificado, reconoce la interacción entre el significado individual y el conocimiento socialmente construido (Garrison y Anderson, 2005). Adicionalmente estos autores, abordan el reto al que realmente se enfrentan los estudiantes y es el de ordenar y dar sentido a la cantidad enorme de material disponible en la red. Esta explosión de información y los diversos avances en el terreno de las TIC, hacen necesario nuevos enfoques que ayuden a gestionar esta situación.

Por consiguiente, los cambios sociales que venimos evidenciando, en relación a la inclusión de las TIC en la educación, han conformado una nueva ecología del conocimiento, que ha transformado los parámetros de aprendizaje. No obstante, los sistemas educativos tradicionales, asumen que el aprendizaje es solamente el producto de la acción educativa planificada, intencional y sistemática, y que está, va solo en una dirección, de los profesionales de la educación hacia los educandos. En cambio, desde la nueva ecología del aprendizaje, se piensa que este se origina gracias a la participación activa de los estudiantes en los diferentes

procesos académicos (Solari, 2017). A esto, se suma la importancia de las tecnologías en los procesos formativos y la existencia de una multiplicidad de agentes educativos que propician el aprendizaje, como también la oportunidad de adquirir conocimientos en múltiples espacios, muchos de los cuales trascienden las paredes de las aulas.

Además, una característica de la educación virtual es la primacía del aprendizaje sobre la enseñanza. Sumado a esto, como lo indica Keegan (1998), citado por García (2001), el aprendizaje a distancia (distance learning) se caracteriza por:

- a. Lo importante es el estudiante y sus necesidades.
- b. El centro de la preocupación está en el que aprende y no en el que enseña.
- c. El docente actúa más como facilitador, diseñando junto al estudiante su propio itinerario de aprendizaje.
- d. El énfasis se pone en la calidad y cantidad de los aprendizajes adquiridos, más que en la estructura institucional.

La integración sistemática de Inteligencia Artificial (IA) en la educación, se viene dando hace aproximadamente 40 años y ha funcionado bajo otros nombres, el más común, los sistemas de tutoría inteligente (ST1). Actualmente las técnicas de IA y ciencia cognitiva se utilizan para mejorar la naturaleza de la enseñanza y aprendizaje y así, posibilitar la construcción de sistemas, que ayuden a los alumnos a dominar nuevas habilidades o entender nuevos conceptos (Kay, 2016).

La IA en educación se define como la capacidad de un sistema para interpretar datos ingresados por maestros y estudiantes, aprender de esos datos y luego, lograr objetivos de aprendizaje específicos, adaptándose constantemente (Zanetti y colaboradores, 2020), bajo dos tendencias de la educación contemporánea, como lo son: el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje personalizado.

El llamado soporte inteligente para el aprendizaje colaborativo es una de las primeras tecnologías implementadas por la IA. El aprendizaje colaborativo tiene como objetivo ayudar a los estudiantes a comunicarse y trabajar entre ellos, para lo cual, puede ser útil crear grupos de estudio basados en sus perfiles. Igualmente, como lo indican Zheng, Niiya y Warschauer (2015), citados por Zanetti y colaboradores (2020), “Existe la posibilidad de crear agentes virtuales, algunos facilitadores que pueden ayudar a los jóvenes en línea simulando a otro estudiante”.

Este tipo de tecnología, aparentemente, ha dado la posibilidad de enfrentar uno de los problemas más recurrentes de la pedagogía: la tutoría personal (Kulik y Fletcher, 2016). Es reconocido, que la calidad del aprendizaje sería mejor si hubiera un maestro para cada alumno, y, además, se sabe que esto no es posible hoy en día, debido a los recursos que se requieren y a la estructura del sistema educativo en sí (Bloom, 1984).

Las herramientas de la IA pueden adaptarse a las necesidades de cada estudiante de forma individual, así como tomar decisiones pedagógicas complejas y crear un camino de aprendizaje personalizado. De esta manera, los estudiantes con problemas académicos pueden tener un seguimiento más acorde con sus dificultades, mientras que los más talentosos pueden ser estimulados y no atrasados en sus actividades.

Así mismo, estas nuevas plataformas interactivas amplifican el potencial de estudiar las reacciones de los alumnos, de hecho, a través de la cámara web se pueden grabar expresiones faciales de aquellos usuarios que las usan, para comprender las reacciones emocionales posibles en formación virtual, ya que esta tecnología posibilita identificar el aprendizaje efectivo del estudiante, en relación con su estado de atención y motivación, puesto que, la emoción es fundamental para un aprendizaje efectivo y duradero (Zanetti y colaboradores, 2020). Además, desde esta perspectiva, la educación emocional es una forma de prevención inespecífica, que

puede tener efectos positivos en la prevención de actos violentos, del consumo de drogas, del estrés, de estados depresivos, etc. (Bisquerra, 2006, p.11),

De esta manera, las técnicas de personalización, que son la base en los sistemas de tutores inteligentes, están soportadas en modelos del estudiante. En general, estos modelos consisten en la elaboración de una representación cualitativa, que considera el comportamiento del alumno en función, tanto del conocimiento existente sobre un determinado ámbito como del aprendizaje de otros estudiantes en este mismo tema (McCalla, 1992). Estas representaciones pueden utilizarse posteriormente, en sistemas de tutores inteligentes, en entornos de aprendizaje inteligente o en generar agentes inteligentes que representen alumnos, que colaboren con los estudiantes humanos.

Las dos técnicas más populares para modelar estudiantes son: los modelos basados en superposición u overlay y las redes bayesianas. El primer método consiste en considerar el modelo del estudiante como un subconjunto del conocimiento de un experto en el ámbito donde se realiza el aprendizaje. De este modo, el aprendizaje se mide en función de la comparación con los conocimientos del modelo experto. El segundo método consiste en representar el proceso de aprendizaje como una red de estados de conocimiento, y posteriormente, inferir de forma probabilística el estado del estudiante a partir de la interacción de éste con el tutor (Sánchez, Eduardo y Lama, 2007).

De igual modo, existen dos tecnologías basadas en IA que se están desarrollando actualmente en el mundo de la educación, estas son: la creación de contenido y la realidad virtual aumentada e interactiva. La creación de contenido ofrece la posibilidad de desglosar los contenidos de los libros de texto y facilitarlos, administrar pruebas de autoevaluación y resúmenes. Los docentes pueden componer los planes de estudio que deseen e insertar contenido

adicional, como imágenes, videos y pruebas. Con la realidad virtual aumentada, es factible crear entornos de aprendizaje con los que es viable interactuar y, además, es fácilmente utilizable para la enseñanza de cursos teórico -prácticos (Baierle & Gluz, 2018).

Recapitulando, es indiscutible el papel que ha tenido la integración de las TIC en la educación, sin dejar de lado, la oportunidad de inclusión de nuevas herramientas tecnológicas como la inteligencia artificial, que permiten tanto a docentes como a estudiantes, contar con una mayor cantidad de recursos. Por ejemplo, al docente le ayudan a realizar tareas robustas como retroalimentar actividades en grupos masivos de forma efectiva y eficiente.

Por su parte, los estudiantes pueden contar con planes y ritmos de trabajo individualizados, además, disponer de respuesta inmediata al progreso en el aprendizaje, basado en una compañía constante a través de tutores guías, que posibilitan filtrar grandes cantidades de información educativa y generar consultas sobre temas específicos abordados en cada curso.

De igual forma, estos sistemas están orientados a reproducir el comportamiento de un tutor humano, adaptando su enseñanza al ritmo y forma de aprendizaje más conveniente para el usuario, por medio de un sistema experto y modelos de conocimiento sobre el dominio, métodos de enseñanza y los perfiles de los estudiantes (Sheremetov, Núñez, y Guzmán, 2008).

#### **4.1 Estructura de un Sistema Multi agente**

La base de la IA se encuentra soportada en algoritmos, los cuales son creados por humanos y esto puede implicar una transferencia de prejuicios personales en la información. Los sesgos en IA, a pesar de ser presentados en diferentes estudios planteados por el AI Now Institute, Google y Microsoft (Zanetti y colaboradores, 2020), con diferentes nomenclaturas, se pueden agrupar en cinco categorías, según su tipo de distorsión:

- a. Sesgo del conjunto de datos: el algoritmo de entrenamiento para el aprendizaje automático se basa, principalmente, en el conjunto de datos que se proporciona en la entrada, por lo que es fácil ver que, si el conjunto es limitado y generalizado, esto puede crear distorsiones.
- b. Sesgo de asociación: estas son las distorsiones que producen un refuerzo y una amplificación de un prejuicio, dado que está presente en el conjunto de datos. La información proporcionada a los algoritmos, por asociación y analogía, alimentan la IA y la entrenan inconscientemente, en prejuicios o estereotipos continuos.
- c. Sesgo de automatización: están vinculados a algoritmos predictivos y se generan, principalmente, por decisiones automáticas que la propia IA toma en la fase de autoalimentación.
- d. Sesgo de interacción: se relacionan con las formas de reconocer o identificar que utilizan las personas, por lo tanto, si el individuo enseña a la computadora esta técnica, la misma estará sesgada por la interpretación humana.
- e. Sesgo de confirmación: exactamente como sucede en el sesgo cognitivo, la confirmación de un sesgo conduce a suposiciones distorsionadas y al fortalecimiento de una creencia o distorsión generalizada, fortaleciendo visiones no diversificadas.

Por tal razón, es de vital importancia, que el diseñador de un sistema multiagente, conozca los diferentes sesgos mencionados, y así, pueda limitar su incorporación, durante la construcción de esta herramienta de uso educativo.

La organización y elementos de un sistema multiagente, están relacionados directamente con el alcance y proyección del creador; a continuación, se presentan y definen algunas características de estos componentes.

- a. Sistemas de tutores inteligentes (STI). Emulan a un tutor humano, para determinar qué enseñar, cómo enseñar y a quién enseñar a través de un módulo del dominio, el cual define el dominio del conocimiento; un módulo del estudiante, capaz de definir el conocimiento del estudiante en cada momento; un módulo del tutor, que genera las interacciones de aprendizaje y finalmente, la interface con el usuario, que permite la interacción del estudiante con el sistema (Cataldi y Colaboradores, 2006).
- b. Razonamiento basado en casos (RBC). Es una técnica de IA, que intenta llegar a la solución de nuevos problemas de forma similar como lo hacen los seres humanos y, para tal razón, utilizan la experiencia acumulada. El conjunto de casos se organiza en una estructura llamada memoria de casos, con un ciclo de revisión conformado por 4 procesos: recuperación, adaptación, revisión y almacenamiento (Matsuda y VenLehn, 2000).
- c. Planificación instruccional (PI). Es el componente encargado en determinar la secuencia de las acciones (Plan) de tutorización de manera consistente, coherente y continua, las cuales maximizan las actividades de aprendizaje de cada alumno para alcanzar los objetivos instruccionales durante una sesión de aprendizaje. Después que el sistema reconoce el perfil cognitivo del aprendiz, basado en los datos que tiene almacenados sobre su aprendizaje, el agente tutor que se encuentra en este módulo elabora el plan instruccional que evoluciona con las acciones del aprendiz, constituido por los siguientes elementos: unidades básicas de aprendizaje, objetivos instruccionales, nivel de aprendizaje, conocimientos y metodología. Cuando se tiene el plan instruccional, el módulo ejecutor envía al aprendiz el conocimiento y colaboración que requiere, por medio de la ayuda de los agentes expertos.
- d. Tipos de agentes (humanos – software) al interior del ambiente.

**Estudiante:** persona que desea aprender en un dominio específico, quien, recibe instrucciones que brinda el profesor y el asistente de docencia para trabajar en grupo.

**Docente:** profesor humano, quien tiene como función acompañar a los estudiantes en su proceso formativo. Además, supervisa el aprendizaje e inspecciona los logros y dificultades. También, tiene el control de grupo cuando algo sale mal.

**Agentes de software:** son agentes informáticos encargados de realizar labores dentro de la arquitectura, en este caso tareas de tipo pedagógico, que son su componente cognitivo.

- e. Hipertextos adaptativos: algunos hipertextos no utilizan agentes inteligentes, pero los errores que estos posean pueden ser resueltos por la IA. Los hipertextos adaptativos tienen la posibilidad de individualizar el acceso a la información de manera que ésta se acomode y responda a la diversidad y necesidades de los usuarios posibles (Villareal, 2003).
- f. Asistente Virtual de Clase (AVC): conjunto de programas informáticos capaces de interactuar con los seres humanos mediante el lenguaje natural, gracias al empleo de una rama de Inteligencia Artificial conocida como PLN (Procesamiento del Lenguaje Natural). El mecanismo más difundido de interacción es el chat. En algunos casos se pueden personalizar para dar una sensación humana a través de un nombre, la apariencia mediante el uso de una imagen o avatar animado, nacionalidad, fecha de cumpleaños, aficiones, entre otros (Dorfman, Grondona, Mazza y Mazza, 2011).
- g. Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN): campo de las ciencias computacionales que trata sobre cómo las máquinas pueden comprender el lenguaje del hombre.
- h. Chatbot: es una aplicación de inteligencia artificial, que puede imitar una conversación real con un usuario a través de un lenguaje natural. Los chatbots permiten una conversación vía

texto o por métodos auditivos en páginas web, aplicaciones de mensajería, aplicaciones móviles o por teléfono (Sendpulse, 2020).

- i. Teoría de respuesta a ítems (TRI): es un marco de referencia matemático, que permite describir a los alumnos que están siendo examinados mediante un conjunto de calificaciones (scores) predictivas de habilidad a través de modelos matemáticos que involucran estadísticas sobre los ítems, habilidades del alumno y desempeño sobre los ítems del test tomado (Matas, 2010).

## **4.2 Antecedentes Empíricos**

Se consultaron diferentes bases de datos como, Scielo, Scopus, Fuente Académica y Google académico, en las cuales se hallaron diferentes artículos, que abordan algunas experiencias en la creación y aplicación de herramientas de inteligencia artificial en el campo educativo. A continuación, se presentan los resultados y conclusiones de las investigaciones más relevantes encontradas sobre esta herramienta tecnológica.

Los investigadores, Arias, Jiménez y Ovalle (2008), bajo las técnicas de inteligencia artificial (razonamiento basado en casos (RBC) y planificación instrumental (PI)), presentan un ambiente inteligente distribuido de enseñanza y aprendizaje. Este ambiente fue modelado y utilizó sistemas multiagente, los cuales presentan características de adaptabilidad, autonomía y flexibilidad.

ALLEGRO, es un ambiente multiagente de enseñanza – aprendizaje creado por estos autores, el cual, fundamenta su paradigma instruccional en tres teorías de aprendizaje, conductismo, cognitivismo e histórico – social. Los sistemas de tutores inteligentes (STI), un

componente del sistema multiagente (SMA) pedagógico, cimienta su modelo instruccional en los paradigmas conductivas y cognitivistas.

Este sistema permite brindar aprendizaje tanto en forma individualizada, como en modo colaborativo. Igualmente, el ambiente trata de convertir al alumno en un experto del dominio que se está tratando. Para lograrlo realizan un plan que constantemente se modifica, en relación con el avance que haya tenido o las deficiencias encontradas en el alumno. El sistema trabaja en detectar vacíos de conocimiento en el estudiante y utiliza estrategias pedagógicas eficaces y oportunas.

El mecanismo de planificación instruccional (PI), utiliza razonamiento basado en casos (RBC), este modelo PI tiene cuatro módulos: planificador, ejecutor, evaluador y recuperador. La tarea esencial de la PI usando RBC en el modelo, es realizada por los agentes software, tutor y modelo del aprendiz.

Para validar el ambiente multi agente de enseñanza - aprendizaje ALLEGRO, se implementó en un curso, conformado por dos grupos, uno utilizaba ALLEGRO y el otro grupo de la manera tradicional. Cada uno conformado por 20 estudiantes, al concluir el curso se evaluaron todos los estudiantes de manera presencial. El resultado de la evaluación indico, que aquellos que utilizaron ALLEGRO presentaron mejores resultados, principalmente, con las variables de memorización, lógica y razonamiento. Igualmente, se encontró que las dos mayores ventajas de ALLEGRO son su capacidad para suministrar enseñanza individualizada y colaborativa a la vez.

De la misma manera, los investigadores Dorfman, Grondona y Mazza (2011), llevaron a cabo una experiencia piloto en la Universidad de Buenos Aires, con la herramienta de IA, llamada ARIEL, creada como un cerebro artificial, capaz de comprender el idioma español, a

través de un módulo específico, y así, poder ejecutar las tareas propias de un asistente de clase (explicación de conceptos, revisiones, exámenes, etc.) y estructuras de conocimiento, con los contenidos relacionados con las TIC. ARIEL utiliza técnicas propias de procesamiento de lenguaje natural (PNL) con más de 200.000 reglas de decisión y análisis, que le permiten, además, manejar regionalismos, errores ortográficos y de tipeo.

El uso de ARIEL en la Universidad de Buenos Aires, se empleó desde el segundo semestre del 2009 al primer semestre del 2011, aplicado aproximadamente al 50% de estudiantes de la Licenciatura en sistemas de Información de las Organizaciones, materia obligatoria y al 50% estudiantes de la Licenciatura en Administración, Contadores Públicos y Bibliotecarios, como materia electiva.

ARIEL permitía el estudio de la materia a modo de complemento de las clases presenciales, además, realiza evaluaciones a través de un breve examen de tipo verdadero o falso, sobre cada tema en particular, y admitía encuestar al alumno sobre su utilidad y obtener sugerencias, entre otros. Durante la segunda mitad de 2010 se invitó a los alumnos de Administración de Recursos Informáticos a utilizar ARIEL, como elemento complementario y opcional en la preparación del examen parcial.

Al finalizar esta evaluación, se administró una encuesta anónima, tendiente a recoger información sobre dicha experiencia, obteniéndose 63 respuestas, con los siguientes resultados: del 85,7% que utilizó ARIEL, el 16% habían interactuado con algún otro chatbot en forma previa. Quienes no lo utilizaron, en general, fueron alumnos que manifestaron tener escasa asistencia a clase o poca dedicación al estudio de la materia. En promedio, los alumnos indicaron haber dedicado 27,5 horas a preparar el examen, de las cuales 3 horas fueron con el asistente de

aula virtual (AVC) ARIEL. No se observaron diferencias con significación estadística en las horas dedicadas al AVC ni por edad, ni por género, ni por carrera.

Ante la consulta sobre si preferían que el AVC conozca más temas de la materia o profundice los contenidos de los ya incluidos, el 55% contestó que le gustaría que se incluyan más temas, mientras que el restante 45% quisiera, que se profundicen los temas ya existentes. (en esos momentos Ariel conocía aproximadamente un 50% de los temas propios de la materia).

Las horas dedicadas a preparar el examen y las horas de uso del AVC están poco correlacionadas (coeficiente de correlación,  $r = 0,20$ ). Esto podría sugerir que los alumnos han recurrido al AVC para “compensar” la lectura de la bibliografía, situación que requiere particular atención a efectos de evitar desvirtuar el objetivo del uso del AVC. Tampoco pudo observarse una correlación significativa entre las horas dedicadas a preparar la materia y la expectativa de obtener buenas calificaciones ( $r = 0,30$ ), ni entre la utilización del AVC y dicha expectativa ( $r = 0,22$ ).

Por otro lado, se les solicitó a los alumnos que indicaran si valoran (1) o no (0), diez atributos propios de los AVCs. La posibilidad de seleccionar el tema, la disponibilidad 7x24 y la ubicuidad, fueron los atributos más valorados. No obstante, posiblemente el resultado más significativo arrojado por la encuesta sea el hecho, que al 82% le gustaría que existieran AVCs para otras materias de la Facultad.

Asimismo, el investigador Troncoso (2005), presenta un diseño basado en agentes para el desarrollo de entornos virtuales para entrenamiento, que tiene su fundamento en la arquitectura original de los sistemas tutoriales inteligentes (STI). Esta arquitectura general, es la más conocida para la implementación de estos sistemas, la cual está integrada por cuatro módulos interrelacionados entre sí, como se esquematiza en la figura 2.

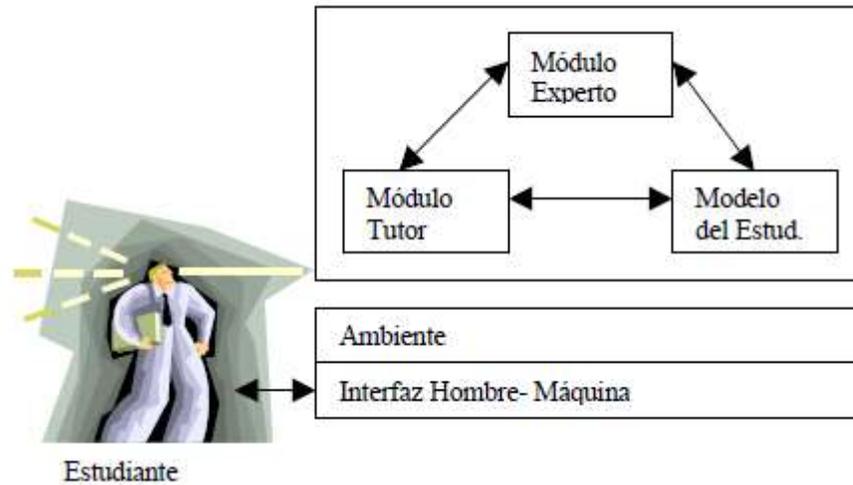


Figura 2. Arquitectura de un Sistema Tutorial Inteligente (STI). Fuente: Troncoso (2005).

En esta arquitectura el autor especifica la función que tiene cada módulo, al interior del sistema, de la siguiente forma:

- a. Módulo Experto: contiene el conocimiento del dominio; tiene entre sus funciones la identificación de fallos y la resolución de problemas. Se puede implementar a través del uso de simulaciones, reglas de producción, redes semánticas, entre otros.
- b. Modelo del Estudiante: diagnostica lo que el estudiante conoce; es la representación abstracta del estudiante en el STI, permite adaptar el funcionamiento del tutor a las características cognitivas del alumno, se construye como un modelo diferencial, por enumeración de errores o por generación de errores.
- c. Módulo de Tutoría o instructor: selecciona cuáles deficiencias de conocimiento enfocar y selecciona estrategias para presentar ese conocimiento; construye el modelo del estudiante a través de la evaluación de su nivel de conocimientos, determina qué temas presentar y las estrategias de tutoría a utilizar, cuándo interrumpir y en general los aspectos relacionados con la enseñanza.
- d. Módulo de Comunicación (Ambiente Instruccional e Interfaz Hombre máquina): establece la comunicación con el usuario-estudiante a través de la interfaz de la aplicación.

La arquitectura basada en agentes presentada por Troncoso (2005), exhibe cinco agentes principales asociados a los cinco módulos claves de la arquitectura de un sistema tutorial inteligente, extendida con la incorporación de un módulo “world” que permite el control sobre el entorno en sí mismo. Los agentes considerados son: un agente de comunicación, un agente de modelamiento del estudiante, un agente mundo, un agente experto y un agente pedagógico.

Cada uno de estos agentes puede interactuar con los otros y delegar tareas a agentes subordinados de la sociedad multiagente resultante. De esta forma, cada estudiante podrá ser atendido individualmente. En la figura 3, se muestra la arquitectura del sistema mencionado.

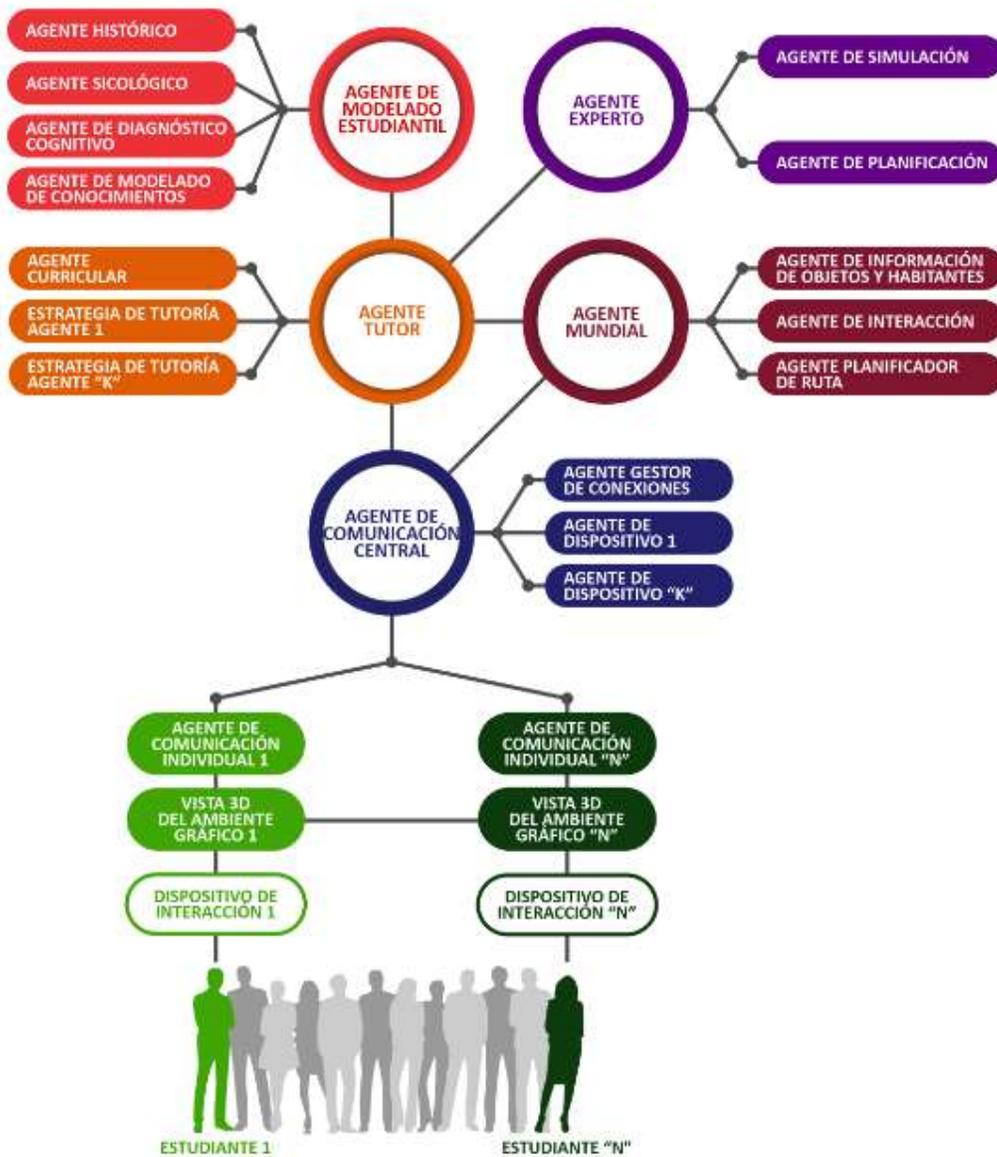


Figura 3. Arquitectura basada en Agentes para un Entorno Virtual de Entrenamiento. Fuente: elaboración propia a partir de Troncoso (2005)

Los autores sostienen que esta proposición, y su implementación en una plataforma genérica de agentes configurables, facilitarán el diseño y la implementación de nuevos entornos virtuales de entrenamiento, permitiendo la reutilización de componentes de software y el crecimiento de un sistema por la incorporación de nuevas funcionalidades.

De igual modo, el investigador Rossel (2006), presenta una arquitectura que facilita la educación a distancia adaptativa, la cual integra test adaptativos para autoevaluación y utiliza la teoría de respuesta a ítems (TRI). Los test adaptativos por computadora permiten valorar interactivamente la habilidad del alumno, para asignar los próximos ítems según el nivel de habilidad encontrado. De esta forma y dentro de ciertos límites concernientes por ejemplo a la necesidad de aprobación, los alumnos no tendrán ítems muy fáciles o muy difíciles para ellos, algo similar a lo que realiza un profesor de manera informal durante un examen oral.

Los test adaptativos utilizan la teoría (TRI), así adecuan los ítems presentados al alumno a partir de la estimación de la habilidad del estudiante. Para crear un test adaptativo por computadora es necesario contar con un conjunto de ítems estadísticamente evaluados. Estos ítems serán presentados al usuario de acuerdo a un algoritmo de secuenciación preestablecido. A medida que se presentan estos ítems, se realiza un procedimiento para evaluar la habilidad del alumno según su respuesta.

Para implementar el sistema adaptativo, el investigador utilizó el marco de trabajo AgentNet que permite la construcción de sistemas multiagentes en diversos lenguajes sobre la plataforma .NET. Para ello, aprovecho las facilidades brindadas por AgentNet para construir agentes e incluirlos en las aplicaciones Web. La siguiente figura 4, representa la arquitectura de AgentNet.

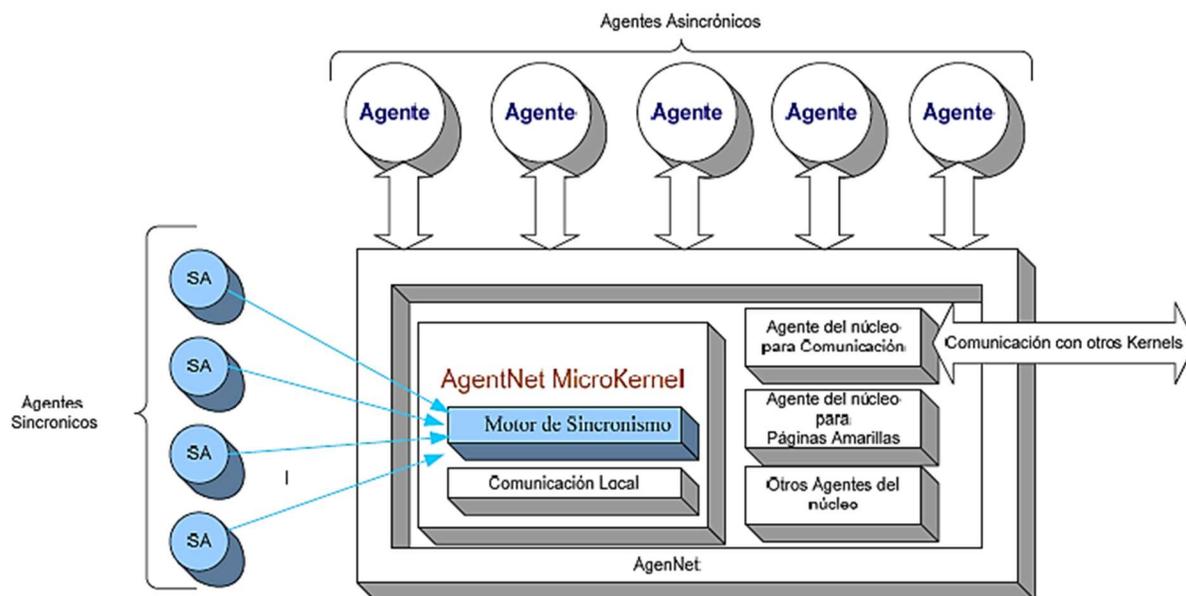


Figura 4. Arquitectura de AgentNet. Fuente: Rossel (2006)

Este sistema se basa en un entorno Web, quien presenta al educando los materiales correspondientes a cada módulo del curso. Al finalizar el estudiante debe realizar un test de evaluación, esta revisión permite una mejor selección del material para el próximo módulo, además, propone material para reforzar dificultades o recursos educativos con diferente grado de dificultad.

Al principio, el estudiante realiza una evaluación de diagnóstico que sirve como punto de partida para el curso. Esta actividad es fundamental, ya que define las posibles mejoras que debe realizar el alumno para un mejor desempeño. La mayor parte de los ajustes son realizados por un agente inteligente: el agente planificador.

De esta manera, los test al final de cada curso (y el test de diagnóstico) son administrados por el agente evaluador según la metodología presentada, utilizando la técnica de TRI y test adaptativos. El agente evaluador actualiza el perfil del estudiante según sus resultados al finalizar

el test, el agente de planificación se encarga de organizar y presentar los materiales al alumno y un agente de control informa al docente de la actividad y resultados parciales. El tutor puede además agregar o tomar control del material que el agente de planificación selecciona. La figura 5 ilustra la arquitectura detallada por el investigador.

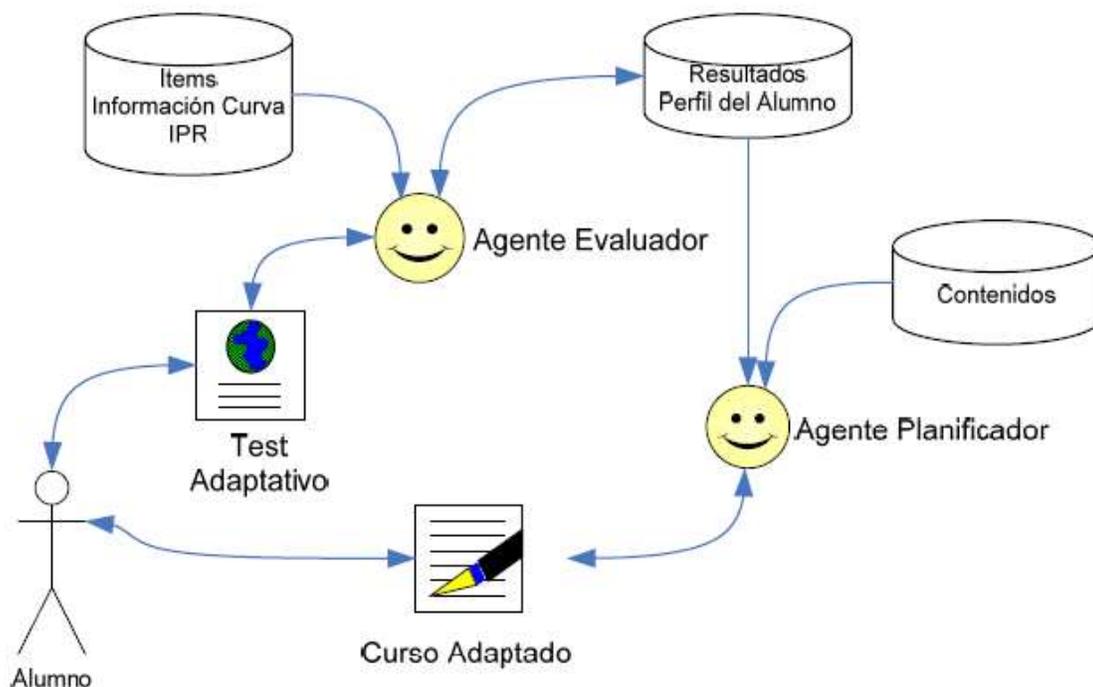


Figura 5. Arquitectura de AgentNet. Fuente: Rossel (2006)

La arquitectura final es el de un sistema hipermedia adaptativo soportado en IA, en función del nivel de habilidad del alumno adaptando navegación y contenido.

En resumen, se han presentado diferentes autores, quienes han diseñado y también incorporado herramientas de inteligencia artificial en sistemas educativos, las cuales posibilitan mejoras en el sistema de enseñanza y aprendizaje mediado por TIC, en una educación más personalizada, en la cual se esbozan resultados más prometedores gracias a los múltiples beneficios que incorpora la IA en la educación.

## **5. Diseño metodológico**

### **Etapa de fundamentación - Teórica conceptual**

Esta etapa se desarrolló a través de tres actividades, en la primera se realizó la búsqueda de artículos científicos relacionados con la inclusión de la inteligencia artificial en la educación virtual en diferentes bases de datos, tales como son: Google Académico, Scielo, Scopus, Academic Search Premier y Applied Science & Technology Source, utilizando las palabras clave: inteligencia artificial (IA), tutores inteligentes, cursos adaptativos, planificación instruccional y avances en educación virtual.

Se encontraron 47 artículos centrados en diversas problemáticas de la educación virtual mediadas por las TIC. En el análisis de estos documentos se descartaron 20 artículos, porque relacionaban el uso de la IA, en otros campos disciplinares diferentes a la educación y por mostrar temáticas reiterativas o por no contener información relevante para la investigación.

La segunda actividad estuvo centrada en la búsqueda de información relacionada con modelos pedagógicos, se consultaron, además de las bases de datos referidas, otras como Fuente Académica de la biblioteca virtual de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD y se complementó con la revisión de libros centrados en aspectos pedagógicos y didácticos de la biblioteca personal.

La tercera actividad, se enfocó en la exploración de artículos científicos centrados en el diseño de herramientas y modelos multiagente de IA incorporados en educación virtual. Esta búsqueda fue realizada en las bases de datos ya mencionadas. Se hallaron 18 artículos, de los cuales se descartaron 8, por incorporar SMA complejos, con un lenguaje de programación desconocido y otros, por no tener un enfoque claro en educación virtual.

## 5.1 Etapa del diseño

En esta etapa, para cumplir con el propósito de esta investigación de diseñar un Sistema Multiagente (SMA), que integra diferentes herramientas de inteligencia artificial, se siguió una metodología desarrollada en tres fases secuenciales dependientes entre sí: fase 1: interfase usuario sistema; fase 2: modelación de datos de entrada y, fase 3: definición de la arquitectura del Sistema Multiagente (SMA), como se muestra en la figura 6.

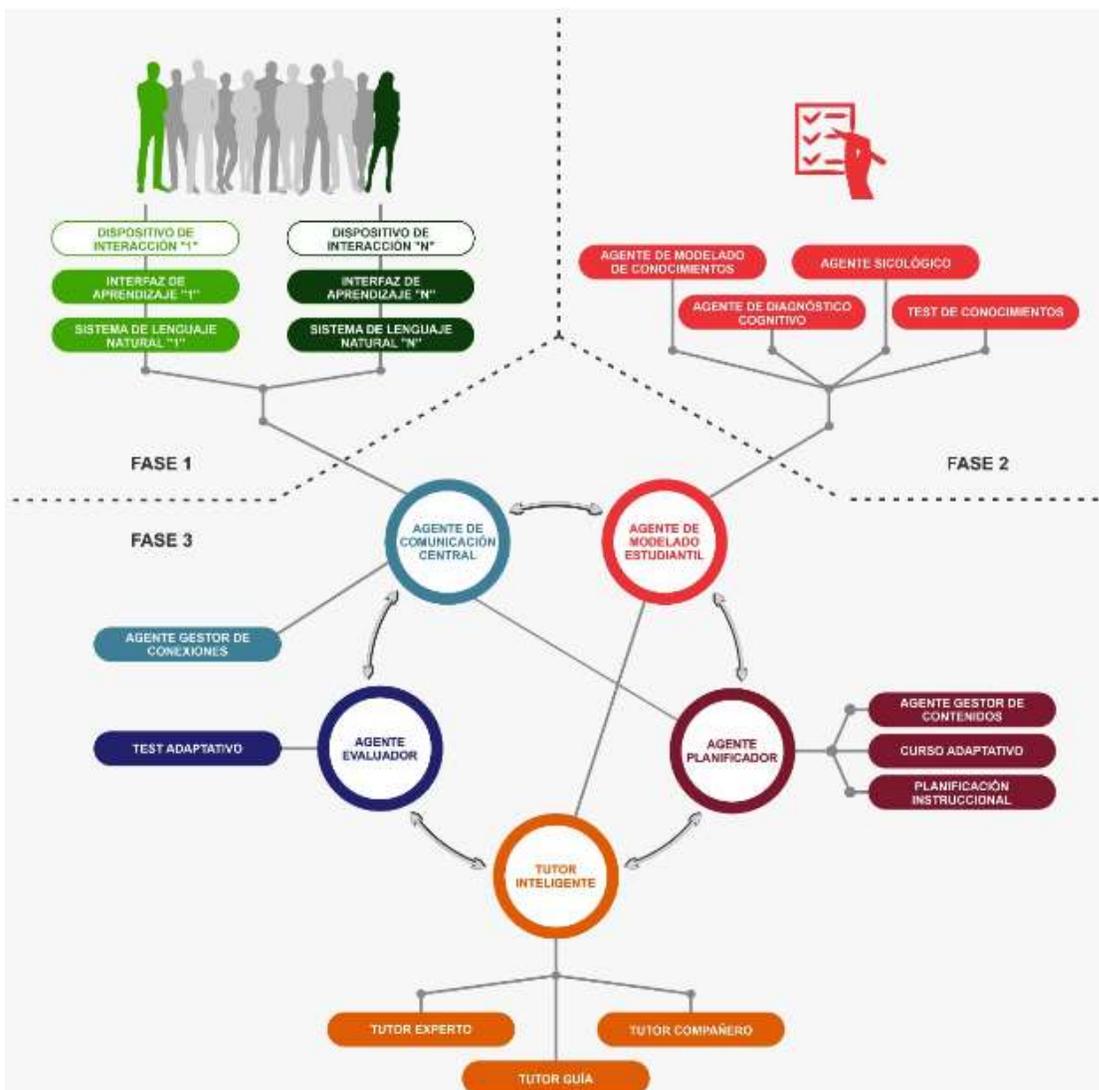


Figura 6. Arquitectura de un MAS. Fuente: propia

En la fase 1, se seleccionó el procesamiento del lenguaje natural, herramienta que favorece la interacción del estudiante con el SMA. Esta herramienta de IA posibilita la interacción del SMA con los usuarios mediante el reconocimiento de texto y voz, así el sistema entiende e interpreta el lenguaje humano, para obtener una comunicación eficaz con el alumno, mediante una interface de aprendizaje, mostrada a través de un dispositivo electrónico de interacción (celular, tableta u ordenador).

La Fase 2, fue diseñada, para identificar las características cognitivas, psicológicas y emocionales del aprendiz, para lo cual, se incorpora un test de conocimientos y un test de inteligencia emocional. Esta fase requiere involucrar un agente psicológico y un agente cognitivo, quienes determinan las necesidades y gustos académicos del estudiante, al igual que la automotivación y la adaptación a los cambios; componentes fundamentales en procesos educativos de modalidad virtual.

Para analizar la información que se recaba a través de los precitados test, se integra en el SMA un agente de modelado de conocimientos, quien establece el plan de estudios más favorable para el alumno.

En la fase 3, se diseñó una red de agentes y tutores (tal como se presenta en la figura 6) con funciones específicas determinadas de la siguiente manera:

- Agente de comunicación central: esta herramienta de interacción, posibilita conectar el SMA con los usuarios mediante el sistema de lenguaje natural. Además, este instrumento da cuenta de la adecuada conectividad entre los diferentes elementos del sistema multiagente.
- Agente planificador: es la herramienta encargada de gestionar los cambios que requieren los cursos adaptativos, para que cumplan con los requerimientos de cada usuario. Esta

adaptación está sujeta a la información suministrada por el agente de modelado estudiantil. Así mismo, el agente planificador es el encargado de interactuar y controlar la herramienta de planificación instruccional, por lo tanto, determina la secuencia de las acciones (Plan) de tutorización de manera consistente, coherente y continua, para maximizar las actividades de aprendizaje de cada alumno, de manera que se logren los objetivos instruccionales durante una sesión de aprendizaje. Además, el agente planificador a través del agente gestor de contenidos facilita los recursos educativos requeridos, tanto para el curso adaptativo como para la IP.

- Agente de modelado estudiantil: organiza la información suministrada por las diferentes herramientas de la fase 1. Este agente caracteriza e identifica las necesidades académicas de cada aprendiz, datos que viabilizan conocer el interés del participante, así como su forma de aprender. Esta información será suministrada al agente planificador.
- Tutor inteligente: tiene como función acompañar en su proceso formativo al estudiante, ya que, posee la competencia de dirigir una estrategia de enseñanza y, es capaz de comportarse como un experto, tanto en el dominio del conocimiento que enseña (mostrando al alumno cómo aplicar dicho conocimiento), como en el dominio pedagógico al facilitar recursos al aprendiz, que le permitan progresar en el aprendizaje (Fernández, 2006). De igual manera, este instrumento posibilita retroalimentaciones oportunas, eficaces y significativas.

Los tutores inteligentes están clasificados en tres categorías: tutor experto; encargado de especificar los posibles errores cometidos por el estudiante en una forma jerárquica, tutor guía, acompaña al alumno en su proceso académico, asumiendo un papel orientador caracterizado por entregar sugerencias, cuando éste duda o se cierra en la resolución de un

problema, y tutor compañero, caracterizado por un asumir el mismo rol de un compañero humano, quien propone retos y anima con entusiasmo al aprendiz.

## 6. Conclusiones

La integración de herramientas de inteligencia artificial en ofertas educativas de mediación virtual representa una alternativa versátil para el análisis, diseño y mejora en procesos pedagógicos, ya que, permiten incorporar una formación más personalizada, como también, resolver aspectos relevantes en la enseñanza y aprendizaje, como son: el grado de conocimiento del aprendiz, su mejor forma de aprender y los temas más relevantes o de interés en cada alumno.

Por tal razón, este modelo incorpora una evaluación de presaberes en los estudiantes, que determina su línea base de aprendizaje, información necesaria utilizada por los agentes inteligentes de modelado de conocimiento y diagnóstico cognitivo, para caracterizar a cada aprendiz y así, ofertarles un curso adaptado a sus necesidades.

A la par, la IA contribuye en diferentes actividades que representan cargas laborales extremas en la docencia, relacionadas con la oferta masiva de cursos que no permiten retroalimentaciones inmediatas, necesarias en procesos formativos para fortalecer el desarrollo integral del estudiante, la asimilación de contenidos por parte del alumno, el vínculo estudiante-estudiante y docente-estudiante y disminuir tasas importantes de deserción.

El SMA, integra en su fase tres una herramienta invaluable, que viabiliza o hace posible la materialización de este instrumento. Esta herramienta corresponde sin duda alguna al tutor inteligente, encargado de diferentes tareas, en las que se encuentran: una comunicación efectiva con el usuario, caracterización o modelado de cada estudiante, la planificación de las actividades y su respectiva evaluación.

Cabe resaltar el alto costo que representa la incorporación de herramientas de IA en procesos educativos, sin embargo, su efectividad empieza a marcar un nuevo camino, con un

horizonte más prometedor que el entregado hasta el momento por la incorporación de las TIC en la educación.

## 6.1 Recomendaciones

Es importante que las instituciones de carácter educativo, especialmente, en ofertas de mediación virtual, incorporen herramientas de IA en sus procesos formativos, ya que, estas posibilitan experiencias de enseñanza y aprendizaje innovadoras, que parten de la caracterización y adaptación de los cursos para cada estudiante, además, permiten acompañamiento constante del aprendiz en la plataforma, al igual que, disminución en las cargas laborales de los docentes, ya que la IA puede realizar trabajos que demandan largas jornadas a los profesores, tales como, calificar actividades y efectuar retroalimentaciones en cursos masivos. Esto permitirá que los docentes se enfoquen en actividades primordiales para las instituciones, como la enseñanza de calidad y la investigación.

Para aquellos académicos interesados en conocer e incorporar IA en la educación, se les recomienda revisar en detalle el modelo propuesto en este trabajo de investigación, puesto que el mismo, reúne las diferentes herramientas de inteligencia artificial disponibles en la actualidad en el mercado y, asimismo, especifica sus funciones. Además, este modelo se enfoca en proponer a través de la IA, una educación personalizada, adaptativa y soportada en una visión más participativa del estudiante en su proceso educativo.

Por otro lado, la implementación del sistema multiagente propuesto para educación virtual, puede realizarse siguiendo los parámetros de diseño planteados en esta investigación. Como consideración adicional, se propone incluir la totalidad de herramientas mencionadas para futuros investigadores interesados en desarrollar este SMA, puesto que todas son vitales en la búsqueda de agregar más valor a los estudiantes, facilitar el proceso enseñanza y aprendizaje y, mejorar el posicionamiento de las instituciones educativas.

## Bibliografía

Anijovich, R. (2015). El valor formativo de la retroalimentación [Video]. YouTube.

[https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=ShlEPX6\\_NUM&app=desktop](https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=ShlEPX6_NUM&app=desktop)

Arias, F., Jiménez, M. y Ovalle, D. (2008). Modelo Multiagente basado en la Web para Planificación Instruccional y Evaluación Adaptativa en Cursos Virtuales. *GIDIA: Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial*.

[http://www.niece.ufrgs.br/eventos/RIBIE/2008/pdf/modelo\\_multiagente.pdf](http://www.niece.ufrgs.br/eventos/RIBIE/2008/pdf/modelo_multiagente.pdf)

Baerli, F., y Gluz, C. (2018). Sistemas de tutoría inteligente. *Springer International Publishing*.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91464-0#editorsandaffiliations>

Bisquerra, R. (2006). Orientación psicopedagógica y educación emocional. *Estudios sobre*

*Educación*, 11(1), 9-25. [http://www.ub.edu/grop/wp-](http://www.ub.edu/grop/wp-content/uploads/2014/03/Orientaci%C3%B3n-psicopedag%C3%B3gica-y-educaci%C3%B3n-emocional.pdf)

[content/uploads/2014/03/Orientaci%C3%B3n-psicopedag%C3%B3gica-y-](http://www.ub.edu/grop/wp-content/uploads/2014/03/Orientaci%C3%B3n-psicopedag%C3%B3gica-y-educaci%C3%B3n-emocional.pdf)

[educaci%C3%B3n-emocional.pdf](http://www.ub.edu/grop/wp-content/uploads/2014/03/Orientaci%C3%B3n-psicopedag%C3%B3gica-y-educaci%C3%B3n-emocional.pdf)

Catilde, Z. y Colaboradores. (2006). Sistemas Tutores Inteligentes basados en agentes.

*Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20844>

Contreras, A. (2016). Línea del tiempo del internet. *Issuu*.

[https://issuu.com/arcelycontreras/docs/linea\\_del\\_tiempo\\_del\\_internet.docx](https://issuu.com/arcelycontreras/docs/linea_del_tiempo_del_internet.docx)

DeVries, P. (2018). Inteligencia Artificial para predecir las réplicas de los terremotos.

*Innovaspain*. <https://www.innovaspain.com/inteligencia-artificial-predecir-las-replicas-los-terremotos/>

Dorfman, M., Grondona, A., Mazza, N. y Mazza, P. (2011). Asistentes virtuales de clase en la educación universitaria. [http://www.sustentum.com/sustentum/pubs/avc\\_jaiio40\\_v1.0.pdf](http://www.sustentum.com/sustentum/pubs/avc_jaiio40_v1.0.pdf)

Duque, N., Ovalle, D. y Jiménez, J. (2007). Modelo Adaptativo para Cursos Virtuales basado en Técnicas de Planificación Inteligente. *Avances en Sistemas e Informática*.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/9715>

El Hospital. (2019). Presentan novedosa plataforma de diagnóstico de imágenes médicas basada en inteligencia artificial. <https://www.elhospital.com/temas/Presentan-novedosa-plataforma-de-diagnostico-de-imagenes-medicas-basada-en-inteligencia-artificial+129585?tema=10000003>

El Ministerio de Educación Nacional. (2018). Competencias TIC para el desarrollo profesional docente. [https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-339097\\_archivo\\_pdf\\_competencias\\_tic.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-339097_archivo_pdf_competencias_tic.pdf)

Fernández, R. (2006). Sistema Tutores Inteligentes. *EcuRed*.  
[https://www.ecured.cu/Sistema\\_Tutores\\_Inteligentes](https://www.ecured.cu/Sistema_Tutores_Inteligentes)

García, L. (2001). *La educación a distancia. De la teoría a la práctica (2.ªed.)*. Editorial Ariel.

Garrison, D. y Anderson, T. (2005). *El e-learning en el siglo XXI*. Ediciones Octaedro.

Hernández, N. (2019). Inteligencia artificial para salvar vidas con una llamada. *Tecnología para las personas*. <https://www.nobbot.com/personas/inteligencia-artificial-para-salvar-vidas-con-una-llamada/>

Instituto de Ingeniería del Conocimiento. (2019). La realidad de la Inteligencia artificial en Salud. <https://www.iic.uam.es/lasalud/realidad-inteligencia-artificial-salud/>

Izquierdo, C. y Montenegro, C. (2014). Comparativo de técnicas de inteligencia artificial aplicadas a pronósticos. *Visión Electrónica, algo más que un estado sólido*, 8(2), 55-66. <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/visele/index>

Key, Y. (2016). Inteligencia artificial como un efectivo asistente de aula. *IA y educación*. 31 (1), 76-81.

<https://www.computer.org/csdl/magazine/ex/2016/06/mex2016060076/13rRUxlgxVq>

Matas, A. (2010). Introducción al análisis de la Teoría de Respuesta al Ítem. *Ediciones Aidesoc*.

[https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4711/TRI\\_aidescoc\\_2011.pdf?sequence=1#:~:text=La%20Teor%C3%ADa%20de%20Respuesta%20al%20%C3%8Dtem%20](https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/4711/TRI_aidescoc_2011.pdf?sequence=1#:~:text=La%20Teor%C3%ADa%20de%20Respuesta%20al%20%C3%8Dtem%20)

[TRI\)%20o%20Teor%C3%ADa%20de,se%20puede%20expresar%20en%20t%C3%A9rminos](#)

Matsuda, N. y VanLehn, K. (2020). Planificador de instrucción teórico de decisiones para Sistemas de tutoría inteligente. *Researchgate*.

<https://www.researchgate.net/publication/228390546>

McCalla, G. (1992) La importancia central del modelado de estudiantes para la tutoría inteligente. *Springer, Berlín, Heidelberg* 91(1), 107-131.

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-77681-6\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-77681-6_8)

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2019). *Diagnóstico para de la educación superior en Iberoamérica*.

[file:///C:/Users/ASUS/Downloads/informediagnostico2019%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/informediagnostico2019%20(1).pdf)

Roseel, G. (2006). Usando IRT y agentes para educación distancia adaptativa. *SEDICI*.

<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19278>

Ruiz, M. (2019). 8 usos de Inteligencia Artificial presentados en 2018. *My Press*.

<https://www.mypress.mx/tecnologia/8-usos-inteligencia-artificial-presentados-2018-4296>

Sánchez, L. y Manrique, M. (2018). La retroalimentación más allá de la evaluación. *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, 9(14), 89-104.

<http://www.saece.com.ar/relec/revistas/14/est1.pdf>

Sánchez, V., Eduardo, M. y Lama, M. (2007). Técnicas de la inteligencia artificial aplicadas a la educación. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11(33), 7-12.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92503302>

Sendpulse. (2020). Que es Chatbot – Significado.

<https://sendpulse.com/latam/support/glossary/chatbot>

Sheremetov, L., Núñez, G. y Guzmán, A. (2008). Tecnologías de inteligencia artificial y de agentes computacionales en la educación: el proyecto Eva. *Centro de Investigación en Computación*.

[https://www.academia.edu/905885/135\\_Tecnolog%C3%ADas\\_de\\_inteligencia\\_artificial\\_y\\_de\\_agentes\\_computacionales\\_en\\_la\\_educaci%C3%B3n\\_el\\_proyecto\\_EVA](https://www.academia.edu/905885/135_Tecnolog%C3%ADas_de_inteligencia_artificial_y_de_agentes_computacionales_en_la_educaci%C3%B3n_el_proyecto_EVA)

Sistemas de tutoría inteligente. *Researchgate*.

<https://www.researchgate.net/publication/228390546>

Solari, M. (2017). *La nueva ecología del aprendizaje – ideas clave* [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=VJHe8fslhvM>

TICbeat, (2018). Tendencias en inteligencia artificial para 2019.

<https://www.ticbeat.com/tecnologias/tendencias-en-inteligencia-artificial-para-2019/>

Troncoso, B. (2005). Aplicaciones de agentes pedagógicos en entornos virtuales para la enseñanza. *SEDECI*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/24852>

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD (2016). *Enfoques psicológicos*.  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/90016/2013\\_2/Lecturas\\_de\\_referencia\\_Lecciones/Leccion\\_Evaluativa\\_Unidad\\_1/conductismo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/90016/2013_2/Lecturas_de_referencia_Lecciones/Leccion_Evaluativa_Unidad_1/conductismo.html)

Villarreal, G. (2003). Agentes inteligentes en educación. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (16), 1-35. <https://doi.org/10.21556/edutec.2003.16.540>

Yong, E., Nagles, N., Mejía, C. & Chaparro, C. (2017). Evolución de la educación superior a distancia: desafíos y oportunidades para su gestión. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 50(1), 80-105.  
<http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/814/1332>

Zanettia, M., Rendingab, S., Piccicic, L. y Peluso, F. (2020). Riesgos potenciales de la inteligencia artificial en la educación. *Prensa de la Universidad de Firenze* 20(1), 368-378.  
[https://scholar.google.com.co/scholar?q=Potential+risks+of+Artificial+Intelligence+in+education&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.com.co/scholar?q=Potential+risks+of+Artificial+Intelligence+in+education&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart)