

# Modelo de Evaluación del Aprendizaje basado en un Sistema Multi-Agente Inteligente

Jesús Miguel García Gorrostieta<sup>1</sup>, Cesar Enrique Rose Gómez<sup>2</sup>, Samuel González López<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de la Sierra, Moctezuma, Sonora, México. [jesusmiguelgarcia@gmail.com](mailto:jesusmiguelgarcia@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México. [crose@ith.mx](mailto:crose@ith.mx)

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica de Nogales, Nogales, Sonora, México.  
[samuelgonzalezlopez@gmail.com](mailto:samuelgonzalezlopez@gmail.com)

**Abstract.** El proceso de evaluación en el ámbito del aprendizaje es una de las tareas más difíciles a la cual se enfrentan los profesores en el aula. Al utilizar apoyos electrónicos dicha tarea se vuelve más complicada, ya que el determinar el nivel de aprendizaje del alumno aprovechando dichos recursos es un problema no trivial. En el presente trabajo se realiza una clasificación del aprendizaje del alumno (excelente, medio y bajo) utilizando un modelo neuro-difuso del alumno el cual se adapta a cada asignatura, este modelo de conocimiento se encuentra en un sistema multi-agente que permite su integración a la herramienta MOODLE para una mejor gestión del curso.

**Keywords:** aprendizaje, modelo neuro-difuso, sistema multi-agente, evaluación.

## 1 Introducción

En la actualidad una de las tareas más difíciles a la cual se enfrentan los profesores en el aula es la evaluación del alumno, ya que el determinar el nivel de aprendizaje del alumno en un determinado tema es una tarea en ocasiones compleja y que se debe llevar a través de un diagnóstico. Se ha demostrado en estudios de educación que la instrucción personalizada es la mejor opción, sin embargo debido a que los profesores no pueden brindar atención personalizada a cada alumno, se tiene la opción de los sistemas de tutorías inteligentes los cuales pueden registrar el desarrollo académico de manera individual, diagnosticando su avance y proporcionando materiales, exámenes y retroalimentaciones personalizadas otorgando una adaptación al alumno. Para proporcionar la atención personalizada se apoyan en el “modelo del alumno”, en este modelo se almacena el avance del alumno y se diagnostica el avance constantemente.

Actualmente en muchas instituciones de educación superior en México, imparten diversas materias que son soportadas por algún sistema de gestión de cursos, en nuestro caso, se tiene implementada la herramienta MOODLE para el soporte a la docencia. Esta herramienta tiene funcionalidades muy interesantes pero que no permite en ocasiones realizar una mejor evaluación del proceso de aprendizaje. Se

2 Jesús Miguel García Gorrostieta<sup>1</sup>, Cesar Enrique Rose Gómez<sup>2</sup>, Samuel González López<sup>3</sup>.

considera que a este tipo de herramientas se le puede agregar un sistema de evaluación mas adecuado, por lo tanto se puede obtener una evaluación más eficaz. Nuestra propuesta es un sistema que incluye un modelo del alumno utilizando la representación de conocimiento neuro difuso, para el cual se usa un sistema multi-agentes que realiza el almacenamiento de las mediciones de la adquisición del conocimiento por parte del alumno. Dicho sistema proporciona un diagnóstico actualizado al maestro y permite obtener una retroalimentación personalizada al alumno antes y después de presentar su evaluación.

## **2 Modelado del Alumno**

En el área del modelado del alumno encontramos varias investigaciones en las cuales se ha mejorado la representación y aprendizaje del conocimiento por parte del alumno. De acuerdo al estudio realizado por Dongming Xu el aprendizaje del alumno se incrementa al personalizar los exámenes, materiales y explicaciones del curso [1]. Para realizar dicha personalización es necesario construir el modelo del alumno, lo cual se logra utilizando lógica difusa. El modelo es aplicado en un sistema educacional basado en la WEB.

En la investigación de Bica [2] el modelado del alumno se basa en creencias de auto-eficacia, el cual trabaja sobre un sistema inteligente de e-learning llamado InteliWeb. El área del modelado del alumno también ha sido tocada por las técnicas neuro-difusas, Zoran Sevarac [3] presenta el modelado del alumno como una herramienta de análisis para aplicaciones e-learning, con la cual se permite la clasificación de los estudiantes basados en observaciones cualitativas de sus características. El sistema utiliza la arquitectura de una red neuronal. En el trabajo de Schiaffino [4] podemos observar como las recomendaciones otorgadas por el agente eTeacher basadas en el modelo del estudiante pueden llegar a complementar la enseñanza web tradicional como lo es el caso de MOODLE.

Como podemos observar el problema del modelado del alumno ha sido resuelto utilizando diferentes técnicas, la herramienta utilizada en la presente investigación es un modelo neuro-difuso, debido a que su integración en cualquier sistema manejador de cursos electrónicos es rápida y sencilla, además de proporcionar una retroalimentación del estado cognitivo del alumno mediante su clasificación y descripción textual de las reglas utilizadas para la evaluación del alumno.

## **3 Sistema Multi-Agente**

El sistema como se muestra en la figura 1, está construido bajo el paradigma de agentes inteligentes [5], se tiene el agente Estudiante el cual interactúa con el estudiante, el agente Colector que interactúa con el sistema para obtener los datos y el agente Conocimiento que contiene el modelo neuro-difuso.

El alumno interactúa con el agente Estudiante que le permite realizar su ingreso válido en el sistema. El agente Estudiante envía la información al agente Colector, este agente proporciona la autenticación y regresa una aceptación, junto con los cursos del alumno. Posteriormente el alumno selecciona un curso en particular y el agente Colector devuelve una relación con las secciones de dicho curso.

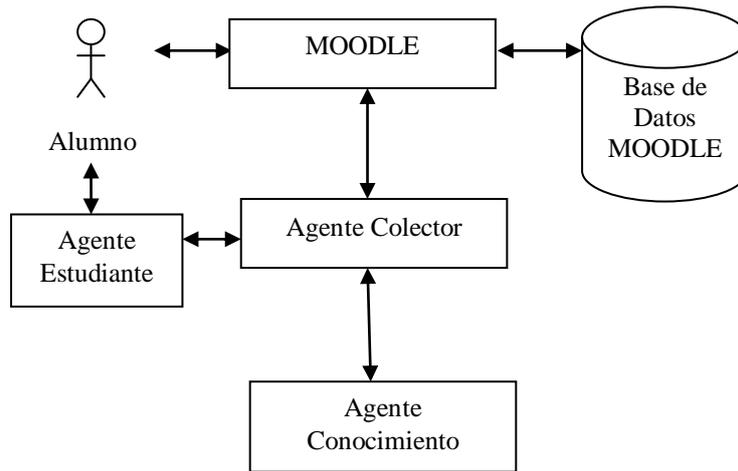


Fig. 1. Modelo Propuesto

Después el alumno selecciona una sección para ser evaluada en modalidad de post-examen en caso de no haber presentado el examen aún o bien en modalidad pre-examen en caso de haber realizado el examen. Una vez hecho esto el agente Colector regresa los datos del alumno y las variables de evaluación (calificación, duración y número de repasos).

Finalmente el agente Estudiante realiza una consulta al agente Conocimiento para realizar el análisis de las variables de evaluación con el sistema neuro-difuso previamente entrenado, el sistema utiliza el desarrollo NEFPROX implementado por Detlef Nauck [6] para realizar la clasificación. De tal manera que el agente Conocimiento envía la respuesta textual del desempeño del alumno y la explicación de la regla utilizada al agente Estudiante, finalmente el agente Conocimiento solicita al agente Colector el registro del análisis en la base de datos para el uso del maestro.

#### 4 Modelo Neuro Difuso del Alumno

En esta sección se describe primeramente como se lleva a cabo la recolección de los patrones de entrenamiento del grupo de control, posteriormente se muestra como se entrena al agente Conocimiento y finalmente se explica cómo se aplica el sistema al grupo experimental.

#### 4.1 Recolección de los patrones de entrenamiento

Para obtener los patrones de entrenamiento del grupo de control se explicó a los alumnos la forma de evaluar la unidad. Primero se presentó el material de la unidad de funciones con teoría y práctica, posteriormente de forma extra clase e individual, los alumnos revisaron el material para prepararse para el examen electrónico. Se recalcó la importancia de revisar el material varias veces, así como la importancia de responder el examen electrónico rápidamente. Dicho examen, consistió en una base de 20 preguntas de análisis de las cuales se presentaron sólo 5 preguntas al alumno. Se estableció una duración máxima para el examen de 30 minutos.

Después de aplicado el examen electrónico al grupo de control, se inició la construcción de la red neuro-difusa con la recolección de las variables y para ello se realiza la consulta a la base de datos del sistema gestor de cursos electrónicos MOODLE, donde se obtienen datos como los accesos a la información, la calificación del alumno y el tiempo de inicio y final del examen electrónico.

Para completar los patrones de entrenamiento, el maestro debe clasificar a cada alumno como BAJO, MEDIO o EXCELENTE dependiendo de sus criterios de evaluación. El profesor debe clasificar a cada alumno con sumo cuidado ya que una mala clasificación puede llevar a la creación de reglas contradictorias. Una parte de los patrones de entrenamiento utilizados para entrenar a la red neuro-difusa para el tema de funciones se presentan en la tabla 1.

**Table 1.** Patrones de entrenamiento del tema de funciones

Calificación	Tiempo	Repasos	Clasificación
40	30	1	Bajo
60	13.8833	12	Bajo
78	1.6	8	Medio
80	7.9667	8	Medio
100	5.9833	6	Excelente
100	12.85	10	Excelente

La clasificación de los patrones de entrenamiento se realizó siguiendo los criterios del maestro, en este caso la calificación tenía una importancia del 70% para determinar el desempeño del alumno, para el tiempo de realización del examen entre menor el tiempo mejor desempeño con una importancia del 10%, el 20% restante corresponde al número de revisiones al material entre mas revisiones mejor desempeño tiene el alumno.

#### 4.2 Entrenamiento del agente conocimiento

Con los patrones ya clasificados son introducidos al sistema neuro-difuso para su entrenamiento. El sistema encuentra los conjuntos difusos para las 3 variables de

entrada. La figura 2 presenta el conjunto difuso calificación, con dicho conjunto es posible difusificar las calificaciones, para otorgar un término lingüístico.

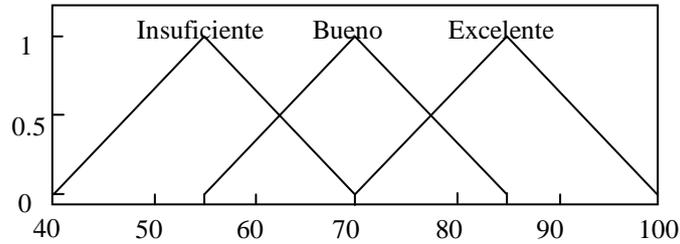


Fig. 2. Conjunto difuso de entrada de calificación del examen.

En la figura 3 se presenta el conjunto difuso de tiempo tomado para responder el examen electrónico. Con esta clasificación podemos identificar a los alumnos que comprendieron mejor el material. Los alumnos que con un tiempo de respuesta breve asimilaban mejor el material, por otro lado los alumnos que necesitaron los 30 minutos disponibles para contestar el examen electrónico, se deduce que tratan de recordar la información del material y no estudiaron apropiadamente. El examen electrónico desarrollado puede ser contestado en 10 minutos, lo cual colocaría al alumno en un nivel de tiempo "corto".

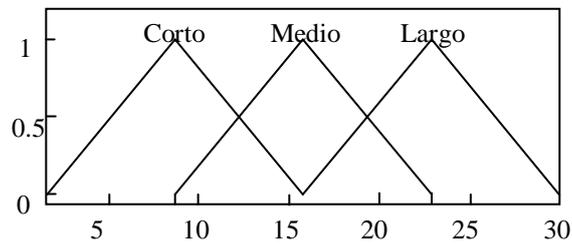


Fig. 3. Conjunto difuso de entrada de duración del examen (min.)

En la figura 4 se presenta el conjunto difuso de repasos al material de funciones con el cual podemos determinar si el alumno necesita repasar más el material en caso de haber repasado solo 4 veces el material. Con 4 repasos al material el alumno se clasifica con un número de repasos "bajo".

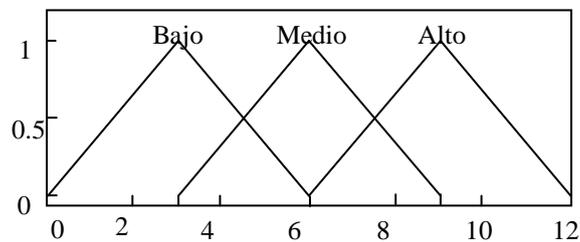


Fig. 4. Conjunto difuso de entrada de repasos al material.

Después se inicia el entrenamiento de la red neuro-difusa. El sistema le presenta al maestro las reglas difusas generadas. Estas reglas son presentadas al alumno para indicarle la razón de su clasificación en forma textual. El agente Conocimiento genera 10 reglas, a continuación se presentan 3 de ellas:

1. Si la calificación del examen es insuficiente y la duración del examen es larga y los repastos al material son bajos, entonces el desempeño es bajo.
2. Si la calificación del examen es buena y la duración del examen es corta y los repastos al material son medios entonces, el desempeño es medio.
3. Si la calificación del examen es excelente y la duración del examen es corta y los repastos al material son medios entonces, el desempeño es excelente.

### 4.3 Aplicación del prototipo al grupo experimental

A continuación se explica la forma de evaluar la unidad al grupo experimental, se menciona que se está haciendo el análisis de un sistema de modelado del alumno, se les indica que es necesario usarlo para familiarizarse y se recalca la importancia de entrar a revisarlo antes de realizar el examen y después de realizar el examen. Se explica el funcionamiento del sistema antes del examen para ayudarlos a repasar el material lo suficiente antes de presentar su evaluación y después del examen el sistema le brinda al estudiante una retroalimentación en la cual le explica su nivel de calificación, nivel de tiempo y nivel de repastos al material y finalmente la clasificación asignada ya sea desempeño excelente, medio o bajo. A continuación se presenta en la Figura 5 el conjunto difuso de salida de la variable de desempeño.

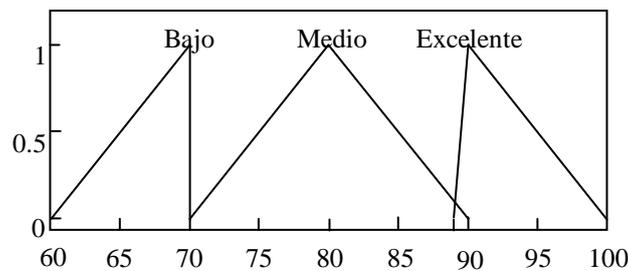


Fig. 5. Conjunto difuso de salida de la variable de desempeño

El término lingüístico “bajo” contempla desde 60 hasta 70 con lo cual un alumno está reprobado y es necesario citarlo con el maestro para su regularización. El término lingüístico “medio” es otorgado para valores entre 70 y 90, tomando a la mayoría de los estudiantes. Finalmente el término lingüístico “excelente” se asigna a los alumnos con valores superiores a 89. Para explicar al alumno la razón de su desempeño se presenta la regla aplicada para su clasificación, a continuación se presenta un ejemplo

del mensaje enviado al alumno: “Tu desempeño es excelente debido a una calificación del examen excelente, duración del examen corta y repasos al material medio, sigue adelante con el buen trabajo”. En caso de obtener un desempeño bajo se presenta un mensaje el cual le solicita al alumno presentarse en la oficina del maestro para su recuperación.

Al finalizar el experimento se aplica una encuesta electrónica de 11 preguntas para medir el grado de motivación del alumnado con respecto al sistema de evaluación en línea y en particular a la retroalimentación textual otorgada por el modelo.

## 5 Análisis de Resultados

Como resultado del experimento se pudo constatar que los alumnos que utilizaron el sistema obtuvieron una calificación mayor. El grupo experimental que utilizó el sistema obtuvo un promedio de 95.7 con una desviación estándar de 10.4, mientras que en el grupo de control obtuvo un promedio de 82.6 con una desviación estándar de 19.5; la diferencia de las medias en ambos grupos es 13.1 puntos. A continuación se presenta la Figura 6 en la cual observamos las medias de las calificaciones obtenidas por el grupo experimental y el grupo de control.

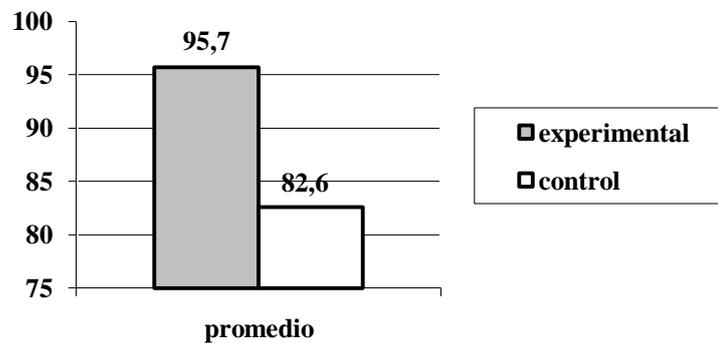


Fig. 6. Gráfico comparativo de medias

Los resultados de la encuesta de satisfacción presentaron que el 80% del grupo indicó que utilizar los exámenes electrónicos de MOODLE y el modelado del estudiante son una mejor forma de evaluar en comparación a la tradicional; el 90% estaría dispuesto a utilizar el sistema aplicado en otras materias. Debido a la generalidad del modelado del estudiante, la aplicación en cualquier otra materia es altamente viable.

## 6 Conclusiones

En nuestro país, se han comenzado a utilizar los sistemas de manejo de cursos electrónicos como apoyo al alumno en la universidad, el modelo propuesto utiliza un sistema neuro-difuso para brindar una respuesta rápida y textual al alumno ayudando a los maestros en la evaluación de grupos grandes. El sistema aprende del maestro sus criterios de evaluación para cada materia en cada tema en particular con la ayuda del sistema neuro-difuso.

Al probar el modelo con un grupo experimental se observó un promedio de 95.7, con lo cual se logró un mejor desempeño al compararse con un grupo de control el cual obtuvo 82.6 de promedio. Además cabe destacar que el 90% de los alumnos en el grupo experimental están dispuestos a utilizar el modelo en otras asignaturas.

## 7 Trabajos Futuros

En un futuro se pretende trabajar con el análisis necesario para procesar la información de todos los alumnos y sus relaciones, con la finalidad de proporcionar al maestro indicadores de rendimiento e información rápida para rescatar alumnos rezagados, así como detectar problemas de equipos. Además incluir en el modelado del alumno el tipo de material que más se adapta a su estilo de aprendizaje ya sea visual, auditivo o textual.

## 8 Referencias

1. Xu, Dongming, Wang, Huaqing y Su, Kaile.: Intelligent Student Profiling with Fuzzy Models. Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences. (2002)
2. Bica, F., Verdin, R. y Maria-Vicari, R.: Towards Cognitive Modeling of Students Self-Efficacy. Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies. :1017- 1021. (2006)
3. Sevarac, Zoran.. Neuro Fuzzy Reasoner for Student Modeling. Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies. 740- 744. (2006)
4. Schiaffino, S., Amandi, A., Gasparini, I., Pimenta, M.S.: Personalization in e-learning: the adaptive system vs. the intelligent agent approaches. In: Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, pp. 186-195. Sociedade Brasileira de Computação, Brazil. (2008)
5. Wooldridge, M.: An Introduction to Multiagent Systems. John Wiley Sons, Chichester, England. (2002)
6. Nauack Detlef y Kruse Rudolf.: A Neuro-Fuzzy Approach to Obtain Interpretable Fuzzy Systems for Function Approximation. Fuzzy Systems Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence. vol.2, no., pp.1106-1111. (1998)