

RECYT

Año 19 / N° 27 / 2017 / 23–30

Aplicación de la lógica difusa en el proceso de evaluación en matemática

Application of fuzzy logic in the evaluation process in mathematic

Graciela C. Lombardo^{1,*}, Ricardo Chrobak^{2,*}

1- Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, CP 3300, Posadas, Misiones, Argentina. 2- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, CP 8300, Neuquén Capital, Neuquén, Argentina

* E-mail: graciela.lombardo@gmail.com - mecenster@gmail.com

Resumen

El propósito del presente trabajo de investigación fue desarrollar un método basado en técnicas de la lógica difusa para la obtención de calificaciones de estudiantes universitarios de Matemática. Se tomaron como objeto de estudio las evaluaciones de dos cursos de la asignatura Geometría III (Proyectiva), del Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, correspondientes a las cohortes 2013 y 2014. Se diseñaron dos controladores difusos de tipo MAMDANI, en función de las características intrínsecas del sistema de evaluación de la cátedra, que fueron modelados con la herramienta FIS de Matlab®. Se confrontaron los resultados aportados por el sistema de controladores difusos con los provenientes del proceso de evaluación tradicional de los mismos períodos, los resultados de la investigación muestran que se eliminan posibles errores en la determinación de la evaluación con miras a la acreditación, como también se tienen en cuenta la singularidad y desempeño del alumno.

Palabras clave: Evaluación; Lógica Difusa; Controladores Difusos.

Abstract

The purpose of this research was to develop a system based on fuzzy logic techniques to obtain the grades of the students of Mathematics at university. The evaluations of two courses of the subject Geometry III (Projective) of the Mathematics Teacher Training College of the Faculty of Exact, Chemical and Natural Sciences of the State University of Misiones, corresponding to the cohorts 2013 and 2014 were the object of the present study. Two MAMDANI type fuzzy controllers were designed, which depended on the intrinsic characteristics of the evaluation system of the subject, modeled with the FIS Matlab® tool. The results provided by the system of fuzzy controllers were compared to those from the traditional evaluation process for the same periods. The research results show the elimination of possible errors in determining the assessment for accreditation. The characteristics and performance of the students are also taken into account.

Keywords: Evaluation; Fuzzy Logic; Fuzzy Controllers.

Introducción

El presente artículo corresponde a la memoria final de tesis doctoral titulada “Aplicación de la lógica difusa en el proceso de evaluación en Matemática”, del Doctorado en Enseñanza de Ciencias Exactas y Naturales de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCOMA).

Se toma como eje a la evaluación, considerada a ésta en un sentido amplio: para el diagnóstico, para la enseñanza, para la comprensión y finalmente para la acreditación. Teniendo en cuenta que la evaluación de las diversas actividades, las cuales no son del tipo numérico, la lógica difusa resulta una técnica ideal, por la virtud de poder

utilizar etiquetas lingüísticas, lo que permite resolver este tipo de problemas con mayor interpretabilidad al modelar los conjuntos difusos de las variables de entrada y salida de los controladores.

La investigación exploratoria efectuada toma como objeto de estudio las evaluaciones de dos cursos de la asignatura Geometría III (Proyectiva), del Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, correspondientes a las cohortes 2013 y 2014, que se dicta en el tercer año de la carrera durante el segundo cuatrimestre del ciclo lectivo.

El objetivo general propuesto, para llevar a cabo la investigación es desarrollar un método basado en lógica

difusa para la obtención de calificaciones, producto de la evaluación. En tanto que los objetivos específicos que permitieron el cumplimiento del mismo son: a) Definir, para cada instancia de evaluación, las variables lingüísticas de entrada y de salida, y delimitar la totalidad de las reglas difusas capturadas a partir de la experiencia del docente. b) Seleccionar el o los métodos adecuados para la defusificación. c) Comparar los resultados obtenidos mediante la técnica difusa con los procedentes del proceso de evaluación histórico del mismo período.

MARCO TEÓRICO

La Evaluación

Una variable importante en el proceso de construcción y apropiación del conocimiento es el tipo de práctica evaluativa que se realiza. En esta se puede o bien abonar u obstaculizar la adquisición del conocimiento del alumno. En general, cuando se alude a la evaluación en el ámbito académico suele decirse que es llevada a cabo “mediante un proceso” pero, contrario a esto, en general, el docente concluye realizando el control y registro de los resultados, supuestamente objetivos, obtenidos de pruebas o exámenes parciales [1].

La evaluación, dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, es un área compleja y controversial, que sirve para acreditar como para diagnosticar, retroalimentar, reflexionar, regular y optimizar los aprendizajes [2].

Tres son las fases o etapas que pueden distinguirse en la evaluación, claramente diferenciadas aunque complementarias: diagnóstico inicial, evaluación diagnóstica continua y acreditación [3]. La primera tiene como objetivo establecer y reconocer los saberes que han incorporado los alumnos en años previos para delinear la propuesta de enseñanza y repensar la práctica docente, para proponer actividades adecuadas a los conocimientos y herramientas disponibles en la matriz cognoscitiva de los alumnos, y plantear adecuadamente los objetivos en función del grupo de alumnos. La segunda se aboca en recabar información sobre los saberes adquiridos por los alumnos durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, a efectos de repensar la enseñanza, como también, establecer criterios tendientes a examinar los resultados de los aprendizajes de manera reflexiva y argumentada, para repensar la práctica docente. La tercera centra su atención en la verificación de resultados para certificar y legitimar los conocimientos detentados ante la institución y la sociedad [1].

Es fundamental incorporar instrumentos de evaluación que posibiliten recabar datos para el diseño de actividades más complejas y acordes a los objetivos planteados, al tiempo que permitan evaluar el proceso de aprendizaje [4]. Existen distintos tipos de instrumentos de evaluación, entre los más conocidos están: asociación libre y relaciones, dibujos e imágenes, utilización de analogías, cuestionarios,

mapas conceptuales, entrevistas clínicas, UVE heurística, etc.

Lógica Difusa

La lógica difusa o lógica borrosa (fuzzy logic) fue postulada por Lotfi A. Zadeh en 1965, a partir de sus estudios de la lógica multivaluada aplicada a la teoría de conjuntos. La lógica booleana opera con información exacta y precisa, mientras que la lógica difusa lo hace con variables multivaluadas (valores diversos de pertenencia). Es decir, una proposición tiene un único valor de verdad (verdadero o bien falso), y en la lógica difusa, las cosas no son taxativamente verdaderas o falsas [5]. La lógica difusa puede emular la forma de percibir la realidad, ya que existe un “...claro contraste con el mundo idealizado de las matemáticas, nuestra percepción del mundo real está invadida por conceptos que no tienen fronteras nítidamente definidas...”. Es así que el paso de la pertenencia a la no pertenencia, de objetos a determinadas clases, no es brusca sino gradual [6].

Surge así la necesidad de operar con conjuntos difusos (fuzzy set). A todo conjunto difuso se le asocia un nombre o valor lingüístico definido por una etiqueta lingüística (adjetivo).

A diferencia de los conjuntos clásicos (crisp), en los que se establece una relación o función de pertenencia de un elemento a un conjunto, en los conjuntos difusos la función de pertenencia o inclusión (membership function) (μ_A) puede tomar valores en un intervalo, lo cual no implica un cambio de manera instantánea o taxativa como sucede en los conjuntos clásicos. Si A es un conjunto borroso incluido en un universo de discurso X, todo elemento de X tiene un grado de pertenencia a A generalmente considerado entre 0 y 1, donde el 1 representa la pertenencia total y el 0 la no pertenencia [6, 7].

Así como en la lógica clásica, la lógica difusa aborda el razonamiento mediante el tratamiento de proposiciones del tipo si-entonces (if-then); pero se diferencia de aquella en que los valores proposicionales pueden variar entre intermedios a verdadero y falso [7].

En 1974 el profesor Ebrahim H. Mamdani aplicó la teoría de la lógica difusa en el proceso de control de un motor de vapor. A partir de entonces se han sucedido una gran cantidad de aplicaciones [7].

Los controladores difusos son dispositivos de inferencia que permiten interpretar las reglas del tipo si-entonces, las cuales cuantifican en forma difusa, la descripción lingüística indicada por el experto, acerca de cómo realizar el control de una determinada tarea [8].

Los controladores difusos están conformados por el motor de inferencia y la base de conocimiento. La base de conocimiento se construye a partir del conocimiento y experiencia del experto, de manera que el controlador difuso emule la tarea realizada por éste. De acuerdo al tipo

de aplicación en el que se emplee, pueden incorporarse dos elementos adicionales: el fusificador (fuzzifier) y el defusificador (defuzzifier). Estos elementos permiten conectar al controlador difuso con el entorno real. Si el sistema de entrada es un conjunto difuso, obviamente no es necesario utilizar un fusificador [9].

En la Figura 1 se exponen, las variables de entrada correspondientes a un universo de discurso X y un conjunto de reglas de inferencia difusas que permiten generar el conjunto de variables de salida pertenecientes al universo de discurso Y.

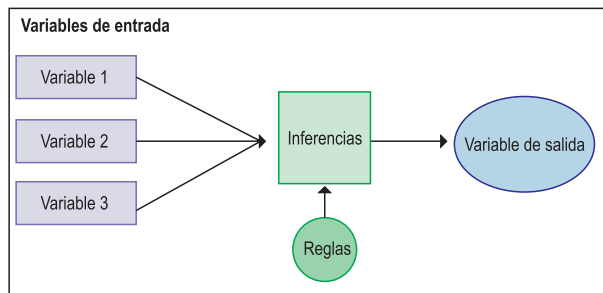


Figura 1: Diagrama en bloques de un controlador difuso

Materiales y Métodos

La investigación exploratoria efectuada tomó como objeto de estudio las evaluaciones de dos cursos de la asignatura Geometría III (Proyectiva), del Profesorado en Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones, correspondientes a las cohortes 2013 y 2014, la cual se dicta en el tercer año de la carrera durante el segundo cuatrimestre del ciclo lectivo.

La metodología constó de cuatro grupos de acciones claramente diferenciados: a) delimitación de las instancias de evaluación y acreditación, b) selección de la herramienta de modelado difuso, c) diseño y desarrollo del sistema de controladores difusos y d) comparación de resultados con los provenientes de la metodología tradicional llevada a cabo en la cátedra.

a. Delimitación de las instancias de evaluación y acreditación

La modalidad de dictado, de la asignatura Geometría III, es presencial, con desarrollo en dos encuentros semanales de tres horas cada uno, donde la modalidad de trabajo se caracteriza por la combinación de clases teórico-prácticas y prácticas, de tipo aula-taller, dosificadas de acuerdo al grado de avance de los contenidos del programa.

Se han previsto dos instancias de exposición teórica, análisis y resolución de situaciones problemáticas, como así también de investigación, las cuales se realizaron en grupos reducidos con la posterior comunicación de resultados y defensa por parte de los integrantes (Entrevistas

Clínicas Grupales – ECG), lo que permitió llevar a cabo la evaluación en proceso.

El sistema de evaluación de la asignatura, previsto en el reglamento interno de la asignatura fue aprobado, por última vez, en el año 2013, y se expone en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Reglamento interno de la asignatura

- Participación del alumno en las clases teórico-prácticas, su desempeño en la realización de los trabajos prácticos en las clases prácticas y trabajos grupales.
- Condición necesaria, aunque no suficiente, de asistencia al 80 % del total de las clases.
- Se tomarán dos exámenes parciales de carácter teórico-práctico, pudiéndose recuperar ambos.
 - Promoción: el alumno deberá aprobar ambos parciales, o en su defecto el correspondiente recuperatorio con una nota mayor o igual a seis.
 - Regularidad: si el alumno aprueba ambos parciales con una nota mayor o igual a cuatro pero menor a seis, es considerado alumno regular, aunque cuenta con la posibilidad de realizar un recuperatorio integrador, de manera tal que si la nota obtenida es mayor o igual a seis está en condición de promocionar la asignatura.
- En caso de no cumplir con ninguna de las condiciones explícitas en el ítem "c", la condición final será la de "alumno libre".

Los criterios y estándares utilizados en el proceso de evaluación fueron:

I) LOGROS Y APRENDIZAJES SIGNIFICATIVOS: a efectos de evaluar el desempeño del estudiante, ya sea en exámenes parciales o en ECG, se diseñó la "Rúbrica 1" (Cuadro 2), en la que se describieron las evidencias a evaluar [1].

Cuadro 2: Rúbrica1

| nivel | MB | B | R | INSUF. |
|-----------|--|--|---|--|
| Evidencia | Contesta con precisión la consigna, y muestra un gran dominio de los conceptos involucrados. | Contesta con mediana precisión la consigna, o muestra dominio de algunos conceptos involucrados. | Contesta la consigna con dificultades, o muestra un escaso dominio de los conceptos involucrados. | No responde la consigna o la responde de manera incorrecta |

II) DESEMPEÑO INDIVIDUAL Y/O GRUPAL: para evaluar el desempeño del estudiante o del grupo al que pertenece se contemplaron los siguientes aspectos que conforman la Actitud-proactiva y permitieron diseñar la "Rúbrica 2" (Cuadro 3) [1]: comportamiento participativo en clase, cumplimiento de tareas o actividades asignadas, interacción con los restantes integrantes del grupo de pertenencia como con los restantes integrantes del curso, compartir sus aprendizajes con sus compañeros.

b. Selección de la herramienta de modelado difuso

Para modelar los conjuntos difusos y sistemas de inferencia fue elegido el software Matlab®. A su vez, se seleccionó la herramienta "FIS" (Fuzzy Inference System), que es un editor para modelar controladores difusos del tipo Mamdani y/o Sugeno. Para la definición de las reglas de inferencia se optó por la arquitectura Mamdani.

Cuadro 3: Rúbrica 2

| nivel | ALTO | MEDIO | BAJO |
|-----------|--|---|---|
| Evidencia | Participa muy frecuentemente mostrando dominio de los temas abordados en clases anteriores. Asume un alto compromiso de compartir sus aprendizajes con sus compañeros. Cumple con todas las actividades asignadas. | Participa frecuentemente mostrando un mediano dominio de los temas abordados en clases anteriores. Asume un moderado compromiso de compartir sus aprendizajes con sus compañeros. Cumple con la mayoría de las actividades asignadas, haciendo necesario el reclamo de las faltantes. | Escasa participación en las clases mostrando un relativo dominio de los temas abordados en clases anteriores. No se involucra con el aprendizaje de sus compañeros. Es necesario el reclamo de un gran número de actividades faltantes, asignadas por las docentes. |

c. Diseño y desarrollo del sistema de controladores difusos

I) Controlador difuso N° 1

Este controlador fue diseñado para la evaluación de los exámenes parciales, recuperatorios y ECG. Cuenta con cinco variables de entrada, (correspondientes a cada uno de los ejercicios de los exámenes parciales y/o núcleos temáticos de las ECG) y una de salida (una décima de la calificación). De entre las herramientas que brinda el editor FIS de Matlab® se utilizaron: el método *Prod* (producto) para el *And* (conjunción), el método *Max* (máximo) para el *Or* (disyunción), *Sum* (suma) para la agregación y el *Centro de gravedad* para la transformación de variables lingüísticas (*defusificación*). Las funciones de pertenencia, tanto de las variables de entrada como la de salida, se definieron como tipo gaussiana (*gaussmf*). De idéntica manera, se han considerado

tres set difusos para las cinco variables de entrada, cuyas etiquetas lingüísticas son: mal, regular y bien. Tanto las variables de entrada como de salida se han normalizado en un intervalo de valores comprendido entre 0 y 1, el cual constituye el respectivo universo de discurso de la variable. En la Figura 2 se presentan las funciones de membresía con las respectivas etiquetas. Por otra parte, los set difusos correspondientes a la variable de salida son: desaprobado, regulariza y promociona (Figura 3).

Dado que tanto las variables de entrada y de salida cuentan respectivamente con set difusos conformados, por tres conjuntos difusos, lo cual implica la formación de una gran cantidad de reglas difusas de inferencia, ante la presencia de correspondencias causales entre las variables de entrada y salida. Razón por la cual, la arquitectura de este controlador consta de un total de 201 reglas de inferencia. Si bien FIS permite agregar pesos a cada regla, en este caso no se aplicó.

II) Controlador difuso N° 2

El controlador difuso N° 2 fue diseñado para la obtención de calificación, en la etapa de acreditación, de aquellos alumnos que estaban en condiciones de promocionar la asignatura. Es decir, aquellos estudiantes que aprobaron, con nota de promoción, los parciales o recuperatorios y las ECG. Este controlador cuenta, por un lado con cinco variables de entrada: 1er-parcial, 2do-parcial, 1er-ECG, 2da-ECG, Actitud-proactiva; y por otro con una variable de salida: Acreditación. Los métodos utilizados en la herramienta FIS son los mismos que los adoptados para el controlador difuso N°1. Los tres set difusos para las

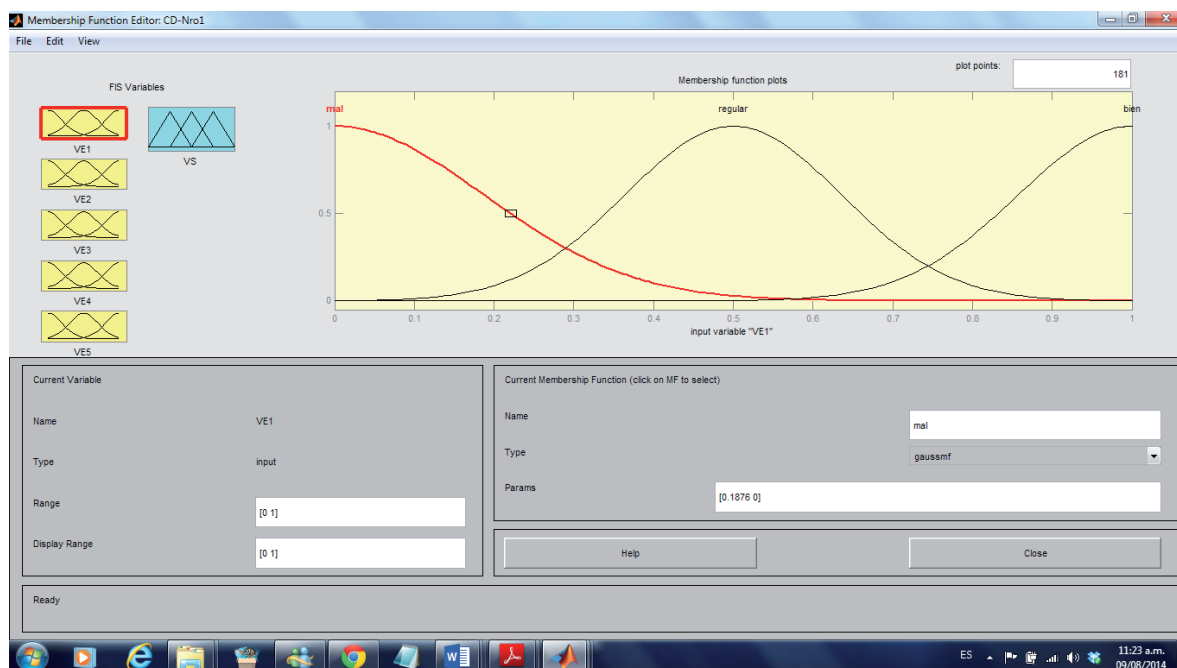


Figura 2: Set difuso de una variable de entrada del controlador difuso N° 1

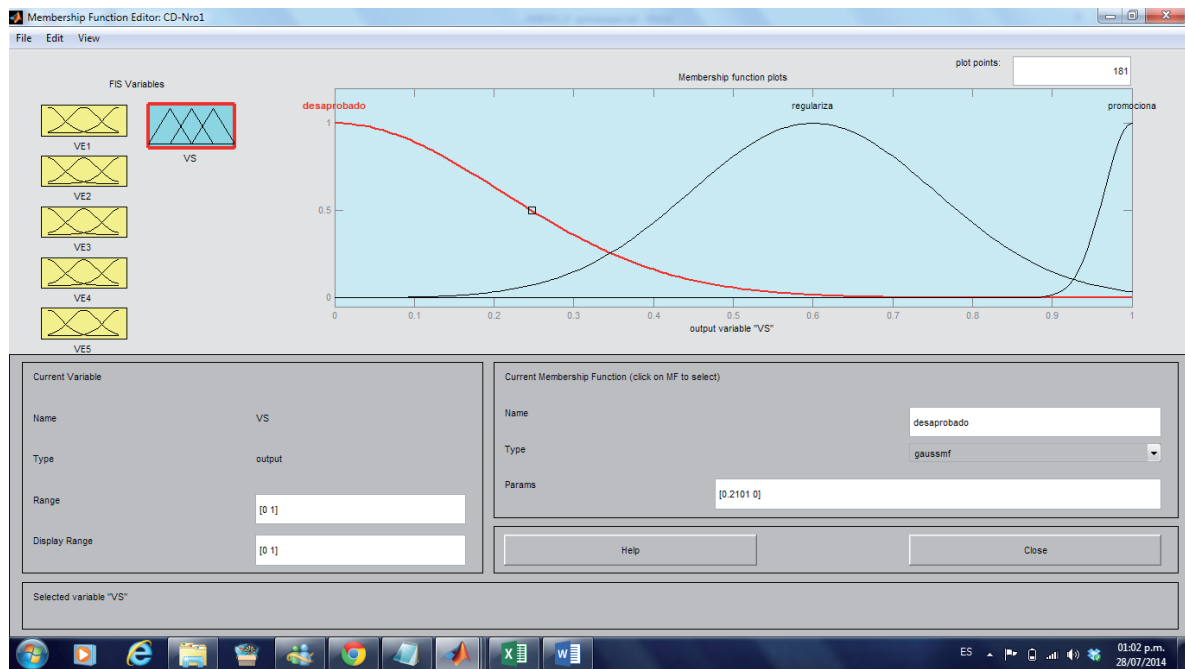


Figura 3: Set difuso de la variable de salida del controlador difuso N° 1

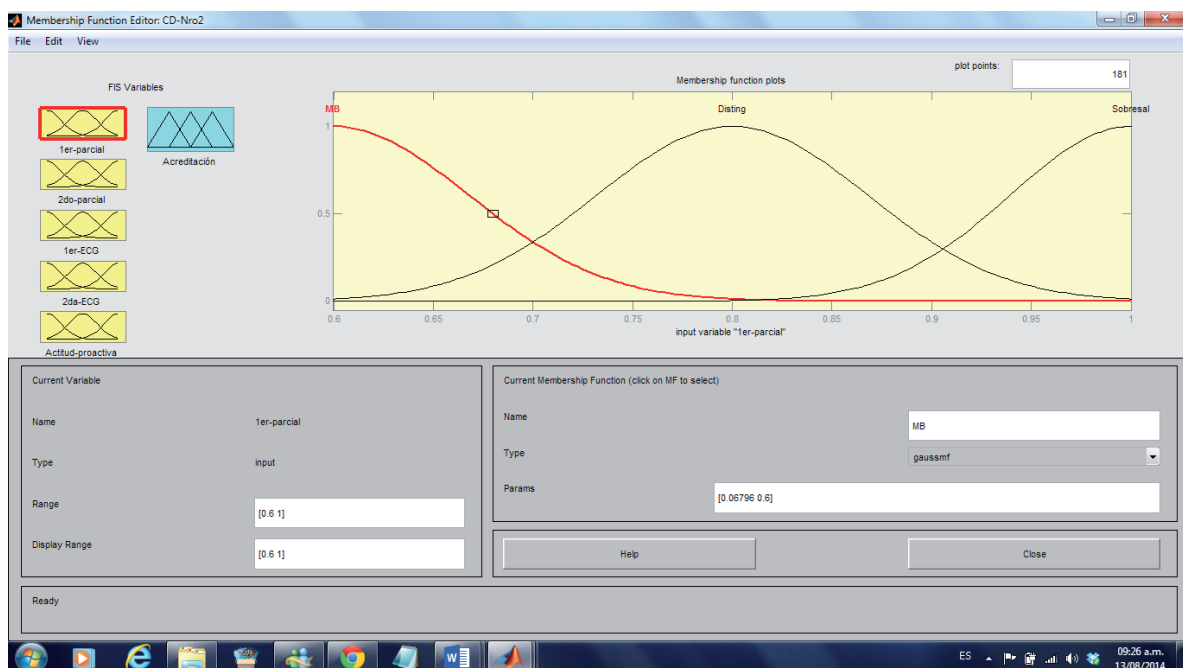


Figura 4: Set difuso de la primera variable de entrada del controlador difuso N° 2

primeras cuatro variables de entrada fueron diseñados de forma idéntica, cuyas etiquetas lingüísticas son: muy bien, distinguido, sobresaliente (Figura 4). En tanto que para la quinta variable de entrada, Actitud proactiva, las etiquetas son: baja, media, alta (Figura 5). Respecto de la variable de salida las etiquetas son: muy bien, distinguido, sobresaliente (Figura 6). Tanto las varia-

bles de entrada como de salida se han normalizado en un intervalo de valores comprendido entre 0,6 y 1, el cual constituye el respectivo universo de discurso de la variable.

La existencia de correspondencias causales entre las variables de entrada y salida, derivó en la definición de un total de 192 reglas de inferencia.

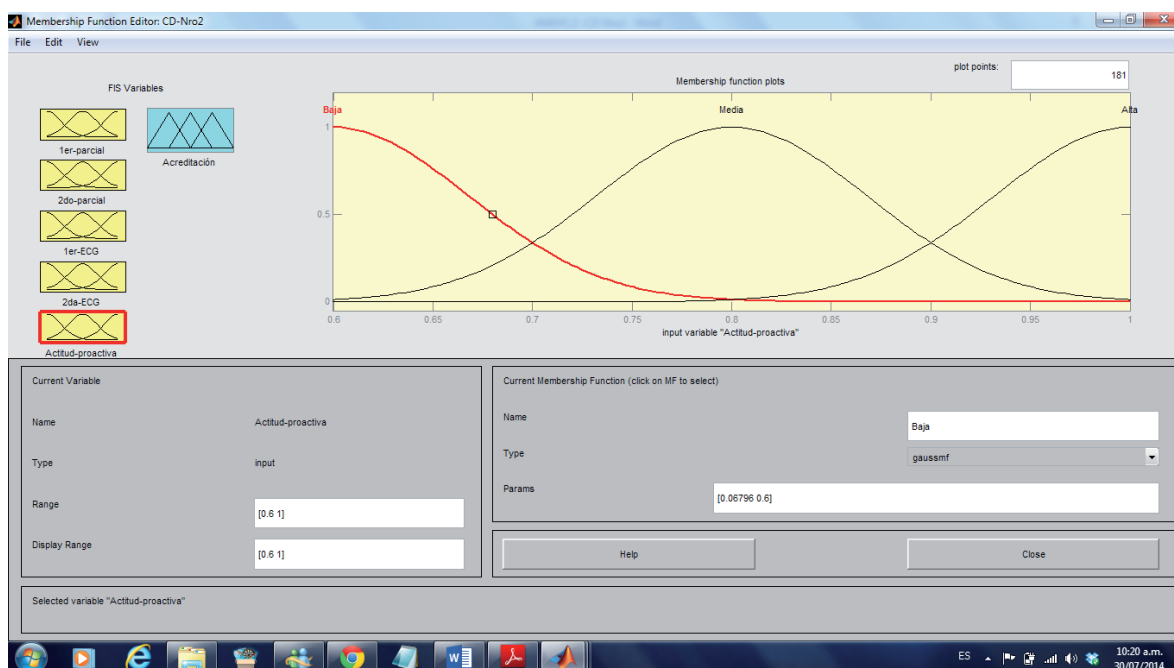


Figura 5: Set difuso de la variable de entrada Actitud-proactiva del controlador difuso N° 2.

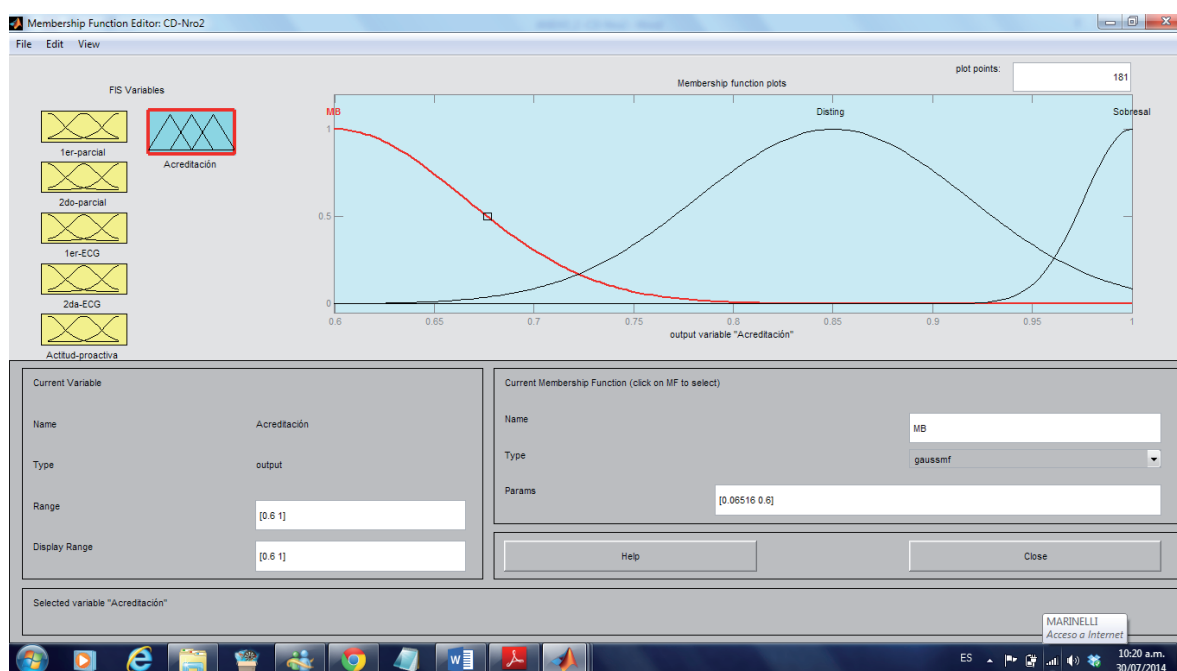


Figura 6: Set difuso de la variable de salida del controlador difuso N° 2.

Resultados

Las cantidades de alumnos que cursaron la asignatura, respecto de los cuales se llevó a cabo la investigación exploratoria, fueron: 22 y 31 respectivamente correspondientes a los ciclos lectivos 2013 y 2014. A efectos de identificar a cada uno de los alumnos se asignó un código de manera de identificarlo por un alias. Para realizar la codificación mencionada se optó por asignar una letra imprenta mayúscula a cada grupo, y a su vez, se numeró a cada integrante a partir del número uno.

En el Cuadro 4 se exponen los valores y notas de salida, obtenidos con FIS a partir de los valores crisp de entrada, correspondientes a las cuatro instancias evaluativas (1er parcial o recuperatorio, 2do parcial o recuperatorio, 1era ECG, 2da ECG) de dos alumnos testigos, acompañados, en cada caso, por las asignadas por el cuerpo docente en la instancia de evaluación respectiva, obtenidos con el controlador difuso N° 1. Se describe, a continuación lo acontecido en cada una de las mencionadas instancias para los alumnos seleccionados:

- **Primer parcial:** Se aprecia que C3 alcanzó la nota de promoción en tanto que B2 no la alcanzó, por lo cual debió recuperar.
- **Recuperatorio del primer parcial:** B2 superó la nota de promoción.
- **Segundo parcial:** Ambos alumnos obtuvieron notas inferiores a seis por lo cual debieron recuperar este parcial.
- **Recuperatorio del segundo parcial:** C3 promocionó este examen, en cambio B2 no.
- **Primera ECG:** Cabe aclarar que para esta instancia, al igual que la segunda ECG, se señalan las valoraciones que la docente asignó al desempeño grupal por las respuestas dadas a cada uno de los cinco núcleos temáticos abordados, la nota de salida del controlador difuso, la nota de la ECG estipulada por la profesora, en el momento de la exposición. En particular, ambos grupos, B y G, a los que pertenecen los alumnos testigos, tuvieron un desempeño lucido, lo cual se traduce en las valoraciones y notas que constan en la fila correspondiente del Cuadro 4.
- **Primera ECG:** Iguales consideraciones que las hechas en el ítem anterior.

En el Cuadro 5 se exponen las notas de salida, obtenidas a expensas de FIS, para las cuatro instancias evaluatorias a las que se le incorpora el valor crisp para la quinta variable “Actitud-proactiva”.

Cuadro 4: Valores y notas de salida de instancias de evaluación obtenidos con el CD N° 1

| | ALUMNO | EJ. 1 | EJ. 2 | EJ. 3 | EJ. 4 | EJ. 5 | VALOR DE SALIDA | NOTA DE SALIDA | NOTA PROF |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|----------------|-----------|
| 1ER PARCIAL | B2 | 0,75 | 0 | 0,8 | 0,8 | 0 | 0,513 | 5,13 | 5 |
| | C3 | 0,3 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 0,958 | 9,58 | 9 |
| RECUP 1ER PARCIAL | B2 | 0,8 | 1 | 0,8 | 0,75 | 0,8 | 0,942 | 9,42 | 9 |
| | B2 | 0,9 | 0,8 | 0 | 0,5 | 0 | 0,533 | 5,33 | 5 |
| 2DO PARCIAL | C3 | 0,3 | 0,75 | 0 | 0,8 | 0,5 | 0,505 | 5,05 | 5 |
| | B2 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,5 | 0,445 | 4,45 | 4 |
| RECUP 2DO PARCIAL | C3 | 0 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 1 | 0,661 | 6,61 | 7 |
| | B | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,944 | 9,44 | 9 |
| 1ERA ECG | C | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,795 | 7,95 | 8 |
| | B | 1 | 1 | 0,8 | 1 | 0,9 | 0,962 | 9,62 | 10 |
| 2DA ECG | C | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,937 | 9,37 | 9 |
| | | | | | | | | | |

Como B3 no alcanzó nota de promoción en el recuperatorio del segundo parcial, sólo pudo regularizar la asignatura. Es así que únicamente cargaron, en el controlador difuso N° 2 los valores de salida del controlador difuso N° 1 pertenecientes a C3 (Cuadro 5).

Cuadro 5: Determinación de la nota de salida con el CD N° 2 para la acreditación

| Alumno | Valores de salida del CD N°1 | | | | | | Act. Pro-Activa | Valor de Salida | Nota de Salida | Nota Prof |
|--------|------------------------------|-----|----------|------|----------|---------|-----------------|-----------------|----------------|-----------|
| | 1er Parc | REC | 2do Parc | REC | 1era ECG | 2da ECG | | | | |
| | 0,958 | ... | 0,505 | 0,61 | 0,795 | 0,937 | | | | |

Conclusiones

En el presente trabajo pudo diseñarse y construirse un sistema de dos controladores difusos para la obtención de calificaciones a efectos de la acreditación de las cohortes 2013 y 2014 de Geometría III (Proyectiva), del Profesorado en Matemática de la FCEQyN de la UNaM. Se han considerado todas las instancias y fases de evaluación.

Para la construcción de los dos controladores difusos se eligió el software Matlab®, ya que cuenta en su entorno con la herramienta FIS, para el modelado de controladores difusos, en tal sentido se utilizó la arquitectura MAMDA-NI. En ambos casos la cantidad de variables de entrada fue 5 y 1 respectivamente. Se delimitaron la totalidad de reglas difusas, basadas en la experiencia docente, contando con un total de 201 y 192 reglas para los controladores N° 1 y N° 2 respectivamente.

Haber elaborado una modelización como la presente posibilitó, en función de entradas crisp, realizar una fusificación, y a través del sistema de inferencias, agregación y finalmente defusificación, mediante el centro de gravedad, obtener una nota que resultó más equitativa que la obtenida con la metodología de evaluación tradicional, llevada a cabo por el cuerpo docente.

En esta propuesta, para abordar el proceso de acreditación, se necesita una etapa adicional la cual fue puesta en juego con el controlador difuso N° 2, sin embargo esta tarea es en beneficio de la equidad y de una sistematización de labores.

La modelización de los controladores creados permitió determinar la nota final de acreditación con un nivel mayor de certidumbre, ya que cada uno se encontraba en el umbral correspondiente (o en proximidades del umbral).

Asimismo, se confrontaron los resultados vertidos por el sistema de controladores difusos con los provenientes del proceso de evaluación tradicional del mismo período. Siendo el error porcentual inferior al 8%.

Pudo establecerse que la metodología propuesta resultó más equitativa que la tradicional debido a que, por un lado, se eliminaron posibles errores y, por otro, se modelaron las variables de entrada y salida de manera que los controladores proveen una función que las vincula dando como resultado un valor acorde a la singularidad y desempeño de cada alumno, cualidad asociada a través de variable “Actitud proactiva”. Además, a diferencia del promedio se pueden dar peso a las reglas y operar con funciones de pertenencia que sean no lineales como el promedio.

Debido a su interpretabilidad permite ser utilizado por usuarios no expertos en lógica difusa.

Por otra parte, al difundirse esta metodología, en el contrato didáctico, se muestra a los alumnos un área de la matemática no abordada en la carrera. Con lo cual los alumnos pueden interesarse en el abordaje metodológico o bien en la teoría de la lógica difusa para otros usos que estimen.

En lo personal y profesional, esta no es una cuestión menor ya que siempre existió la preocupación de conjugar la forma de llevar a cabo una evaluación en sentido amplio, pero al mismo tiempo de una manera ecuánime.

Con el diseño, construcción e implementación del sistema de controladores difusos para la obtención de calificaciones, se cumplieron tanto el objetivo general como los específicos, propuesto en el plan de tesis.

Bibliografía

1. Lombardo, G. y Chrobak, R. (2015). *Uso de la Entrevista Clínica en la Evaluación Diagnóstica Continua en Geometría Proyectiva*. Revista de Ciencia y Tecnología RECyT. 17 (24), 65-69. Recuperado de <http://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/>
2. Anijovich, R. y González, C. (2013). *Evaluar para aprender. Conceptos e instrumentos*. Buenos Aires, Argentina: Aique Grupo Editor. (p. 10).
3. Palou de Maté, M. (2003). *Evaluar para enseñar y evaluar para acreditar. C. Palou de Maté (Comp.)*. La enseñanza y la evaluación. Una propuesta para matemática y lengua (pp. 19-48). Buenos Aires. GEEMA-UNCo Facultad de Cs de la Educación-CEDiCo. (p.19)
4. Rodríguez, M. (2012). *Resolución de Problemas*. M. Pochulu & M. Rodríguez. (Comps). Educación Matemática. Aportes a la Formación Docente desde distintos enfoques teóricos. (pp.153-174). Buenos Aires, Argentina: Editorial UNGS – EDUVIM. (p. 164)
5. Ballester Brage, L. y Colom Cañellas, A. J. (2006). *Lógica difusa: una epistemología para las Ciencias de la Educación*. Revista de Educación, 340, 995-1008. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/revista-de-educacion>
6. Zadeh, L. A. (1996). *Nacimiento y evolución de la lógica borrosa, el soft computing y la computación con palabras: un punto de vista personal*. Psicothema, 8 (2), 421-429. Recuperado de <http://www.psicothema.com/>
7. Martín del Brío, B. & Sanz Molina, A. (2007). *Redes neuronales y sistemas borrosos*. México: Alfaomega.
8. Gómez Salas, F. (2005). *Sistemas difusos jerárquicos para modelado y control*. Centro de investigación y de estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Distrito Federal, México.
9. Barragán Piña, A. J. (2009). *Síntesis de sistemas de control borroso estables por diseño*. Universidad de Huelva, Huelva, España. Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/2629>

Recibido: 12/11/2015.

Aprobado: 05/04/2016.