

Estimación del Diagnóstico Cognitivo del Estudiante de Ingeniería y su mejora con pruebas adaptativas

C. Huapaya⁽¹⁾, M. Gonzalez⁽²⁾, E. Benchoff⁽¹⁾, L. Guccione⁽¹⁾, F. Lizarralde⁽¹⁾

⁽¹⁾Departamento de Matemática. Facultad de Ingeniería.

⁽²⁾Facultad de Psicología.

Centro de Investigación en Procesos Básicos, Metodologías y Educación

Universidad Nacional de Mar del Plata

constanza.huapava@gmail.com, mpgonza@mdp.edu.ar, ebenchoff.sead@gmail.com,

leonel.guccione@gmail.com, francisco.lizarralde@gmail.com

Resumen

En el presente artículo se explora un modelo del estudiante híbrido a fin de construir una aproximación al perfil cognitivo del alumno. Se ha diseñado e implementado el núcleo del modelo del estudiante. Este núcleo consta de dos componentes: un modelo de perturbación para representar el conocimiento y nivel del logro del estudiante, y un modelo para representar los estilos de aprendizaje. Se describe las dos componentes principales y la inferencia difusa para estimar el perfil cognitivo. Se expone un mecanismo para la adaptación del material de evaluación basado en los estilos de aprendizaje de Feldery Silverman (1988) y un modelo de estereotipos clásico. La adaptación utiliza un sistema de reglas difusas para seleccionar los niveles de pruebas computacionales especiales. Estas pruebas son seleccionadas según los estilos dominantes. Tanto los estilos de aprendizaje como el modelo de estereotipos han sido definidos usando conjuntos difusos.

Palabras clave: diagnóstico cognitivo, pruebas adaptativas, estudiante de ingeniería.

1. Introducción

El modelo del estudiante involucra una tarea compleja que se caracteriza por el estudio de objetos intangibles como la personalidad, habilidades cognitivas y preferencias individuales que influyen en el aprendizaje,

esto es, un modelo del estudiante sirve para representar y explorar las características cognitivas individuales del estudiante (Chrysafiadi y Virvou, 2014).

El estado cognitivo no puede ser observado y medido directamente como la altura de una persona. Durante la adquisición de información para estimarlo aparecen algunas restricciones como la incertidumbre y datos incompletos (la información sobre la actividad del estudiante que se recoge varía en cuanto a cantidad y calidad). Esta incertidumbre, es causada principalmente, por la naturaleza dinámica del aprendizaje así como por el enfoque interpretativo que hace el docente sobre la actividad del estudiante (Chrysafiadi y Virvou, 2013).

A pesar de estas dificultades, el modelo del estudiante busca orientarse hacia la administración de datos que permita manipular (analizar e inferir) el estado cognitivo sobre datos crudos (notas, tiempos de las respuestas, evaluaciones especiales, etc).

El modelo del estudiante puede contener datos relevantes como el estilo de aprendizaje y el logro alcanzado por el alumno. Esta información es la base para la toma de decisiones en el diagnóstico cognitivo.

Se ha investigado una metodología para diseñar un modelo del estudiante a fin de

estimar el estado cognitivo considerando la incertidumbre. Inicialmente, se ha diseñado un núcleo compuesto por dos módulos.

El primero de ellos es el **modelo de perturbación** (modificación del modelo overlay) que interactúa con los **estilos de aprendizaje** fin de inferir el modelo del **perfil cognitivo dinámico**. El carácter dinámico del ciclo se basa en pruebas adaptadas según el perfil cognitivo.

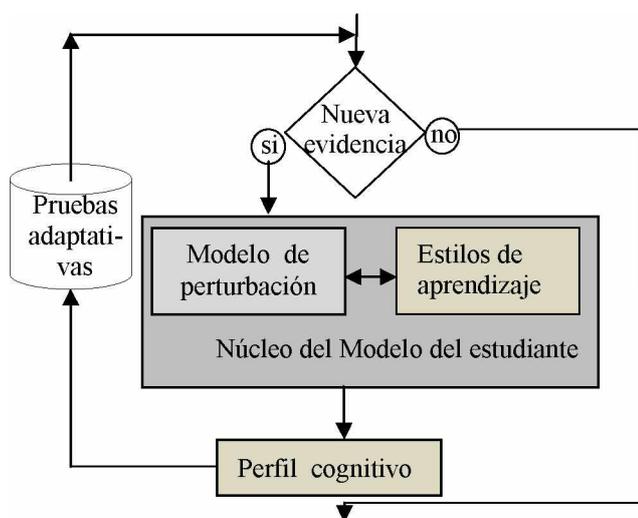


Figura 1: Esquema del núcleo del Modelo de Estudiante

El Modelo de perturbación modifica su contenido a medida que el sistema recibe nuevos datos sobre la actividad del estudiante. Esta información actualiza los estereotipos y el núcleo construye un perfil cognitivo en cada modificación estableciendo un ciclo de mejora continua.

La Lógica Difusa es usada para tratar la incertidumbre presente en problemas reales causada por la información imprecisa como la generada por la subjetividad humana (Zadeh, 2012). En el modelado de los sistemas suelen utilizarse variables con valor incierto y esta problemática es resuelta con el uso de los conjuntos difusos. Los conjuntos difusos describen a las variables con valores como “malo”, “regular” y “bueno” en lugar de valores booleanos “verdadero/falso” o

“si/no” (Gokmen et al., 2010). Los conjuntos difusos se determinan por una función de pertenencia al conjunto difuso A expresada con $\mu_A(x)$:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1], \text{ donde}$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \text{ está en } A \\ (0,1) & \text{si } x \text{ está parcialmente en } A \\ 0 & \text{si } x \text{ no está en } A \end{cases}$$

El valor de $\mu_A(x)$ se denomina grado de pertenencia y posee un valor entre 0 y 1. Cuando x pertenece completamente al conjunto difuso A, $\mu_A(x)$ vale 1 y cuando x no está en A, $\mu_A(x)$ vale 0. Cuanto más alto sea el valor de la función de pertenencia, más fuerte es el grado de pertenencia de x al conjunto A.

Un sistema de inferencia difusa (FIS) es un sistema que usa la teoría de los conjuntos difusos a fin de mapear las variables de entrada (características en caso de clasificación difusa) sobre variables de salida (clases en el caso de clasificación difusa). Las reglas difusas son una colección de sentencias lingüísticas que describen como el FIS debe tomar las decisiones sobre una entrada o controlando una salida. Las reglas difusas IF-THEN poseen un antecedente y un consecuente. Veamos un ejemplo:

Si la temperatura es alta y la humedad es alta entonces hace calor

2. Objetivos

El objetivo es ampliar y mejorar el diagnóstico cognitivo del estudiante de ingeniería a través de modelos que emplean la lógica difusa. Mediante estilos de aprendizaje basados en el modelo de Felder y estereotipos basados en el modelo de perturbación, se construye un perfil cognitivo (que revela una estimación del estado cognitivo) el cual varía según ingresa nueva información. El ciclo mejora la estimación con pruebas adaptadas a los estilos de aprendizaje dominantes en los grupos de alumnos.

3. Metodología

El proceso para predecir un perfil cognitivo de cada estudiante consta de las siguientes etapas (ver figura 2). Partiendo del modelo de perturbación (ilustrado en la figura 4), se presentará el desarrollo de estilos de aprendizaje utilizados para explorar las características del estudio según (Felder, 2005) y se propondrá estereotipos clásicos que permiten analizar los resultados del modelo de perturbación.

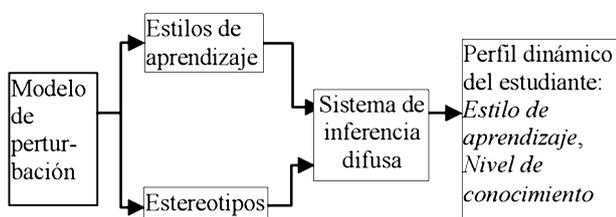


Figura 2: Inferencia del perfil cognitivo

3.1 Modelo de perturbación

El modelo de perturbación representa el grado de conocimiento que tiene el estudiante sobre cada tópico del dominio mediante el uso de una medida cualitativa. El dominio se representa por un árbol de tópicos como se aprecia en la figura 4. Se han utilizado los siguientes cuatro conjuntos difusos para describir el conocimiento del estudiante en cada nodo del dominio: *desconocido*, *insatisfactoriamente conocido*, *conocido* y *aprendido*.

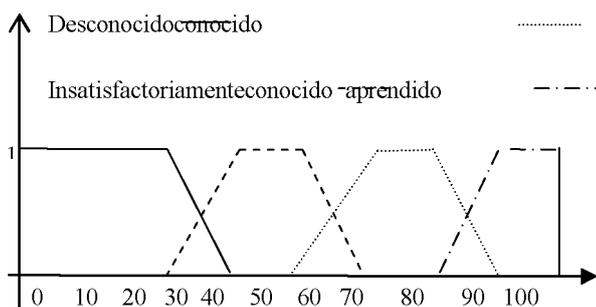


Figura 3: Definición de los conjuntos difusos

A cada nodo se le asocia una 4-upla formada por los valores de cada una de las funciones ($\mu_{desc}(x)$, $\mu_{insast}(x)$, $\mu_{conoc}(x)$, $\mu_{aprend}(x)$) a fin de expresar el conocimiento del estudiante sobre el concepto en evaluación, esto es, para valor de x , se evalúan las cuatro funciones de pertenencia. Para ilustrar su uso en un tópico como “instrucciones” presentado en la figura 4 se expresa que el estudiante posee un conocimiento insatisfactorio en un 6%; conoce en tema en un 58 % y lo aprendió en un 36 %.

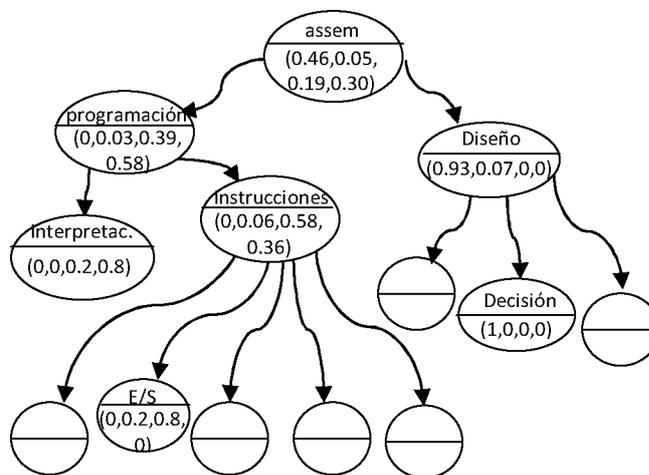


Figura 4: Ejemplo parcial del modelo de perturbación para un estudiante sobre el lenguaje assembler

Los tópicos de las hojas del árbol son evaluados por el docente/evaluador. Luego, con el programa cuya interface se aprecia en la figura 5, se activan el resto de los elementos del árbol hasta llegar al nodo central (esto es, assembler). La activación se ha calculado, en este caso, como promedios de los hijos de cada nodo.

Los valores obtenidos por el modelo de perturbación serán posteriormente utilizados en el diseño de los estereotipos.

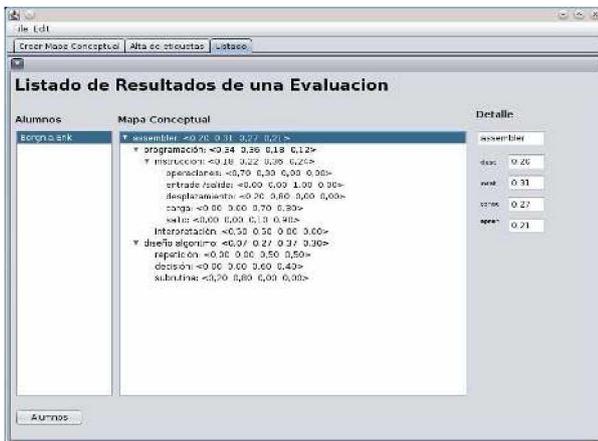


Figura 5: Programa que crea y evalúa los dominios estructurados como árboles

3.2 Estilos de aprendizaje

Un estilo de aprendizaje es el modo que caracteriza a un individuo cuando adquiere, retiene y recupera información. Los estudiantes, en particular, muestran diferentes fortalezas y preferencias cuando adquieren información. Esto es, poseen distintos estilos de aprendizaje. Aquí se ha adoptado el modelo de Richard Felder (Felder y Silverman, 1988), (Felder 2010) porque su investigación está dirigida principalmente a los estudiantes de ingeniería. Este autor conjuntamente con B. Soloman (Soloman y Felder) creó un cuestionario en línea para estimar los estilos de aprendizaje. Se ha tomado el cuestionario a los alumnos de asignaturas de las carreras de ingeniería y procesado los resultados en la página de la Universidad del Estado de North Carolina. El instrumento en línea estima las preferencias en el aprendizaje en cuatro dimensiones: **Percepción de la Información** (sensorial/intuitivo), **Canal sensorial para la información externa** (visual/verbal), **Entendimiento** (secuencial/global) y **Procesamiento de la Información** (Activo/Reflexivo). La valoración de cada dimensión varía entre dos extremos, denotados entre paréntesis. A continuación se presenta una breve explicación de cada estilo y las estrategias apropiadas a cada una de ellas (tabla 1).

Dimensiones y Estilos del Aprendizaje	Estrategias
<p>Percepción de la información: es el tipo de Información preferentemente percibida por el estudiante:</p> <p>Sensitivo-Intuitivo</p>	<p>Sensitivo: preferencia en la percepción de información externa o sensitiva a la vista, al oído o a las sensaciones físicas.</p> <p>Intuitivo: preferencia en percepción de información interna o intuitiva a través de memorias, ideas, lecturas, etc.</p>
<p>Canal sensorial para la información externa: es la modalidad sensorial preferentemente utilizada por el estudiante.</p> <p>Verbal-Visual</p>	<p>Verbal: preferencia por representaciones textuales, escritas o habladas.</p> <p>Visual: prefieren representaciones visuales, diagramas de flujo, diagramas, etc.</p>
<p>Entendimiento: los estudiantes son caracterizados de acuerdo a su comprensión.</p> <p>Secuencial-Global</p>	<p>Secuencial: aprenden paso a paso, tienden a seguir un orden lógico en la solución de problemas, interés por el detalle.</p> <p>Global: preferencia por proceso de pensamiento holístico, aprenden a grandes pasos, capacidad de resolver problemas complejos, necesita comprender relación del material nuevo con su conocimiento y experiencia, tiende a estar más interesado en el conocimiento general.</p>
<p>Procesamiento de la información: los estudiantes son caracterizados según la forma de trabajar con la información</p> <p>Activo-Reflexivo</p>	<p>Activo: aprenden mejor al trabajar de manera dinámica con el material didáctico. Prefieren trabajar en grupo para discutir.</p> <p>Reflexivo: tienden a retener y comprender nueva información pensando y reflexionando sobre ella, prefieren aprender meditando, pensando y trabajando solos.</p>

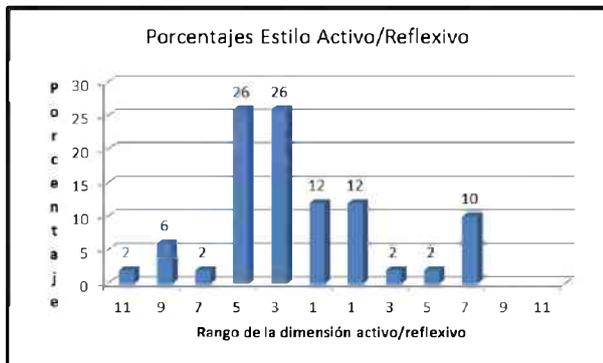
Tabla 1: Estilos de aprendizaje de R. Felder

Cada dimensión posee un rango que varía de 0 a 11 (ver figura 6). A modo de ejemplo, en la dimensión activo/reflexivo, si el resultado del cuestionario toma un valor entre 0 a 3 (en cualquiera de las dos direcciones), el estudiante se encuentra bien balanceado entre las dos dimensiones que figuran en los extremos de la escala; si el puntaje en la escala es 5 o 7, tiene una moderada preferencia por el extremo al que se acerca y si el puntaje en la escala es 9 u 11, tiene una fuerte preferencia por el extremo donde se encuentra.

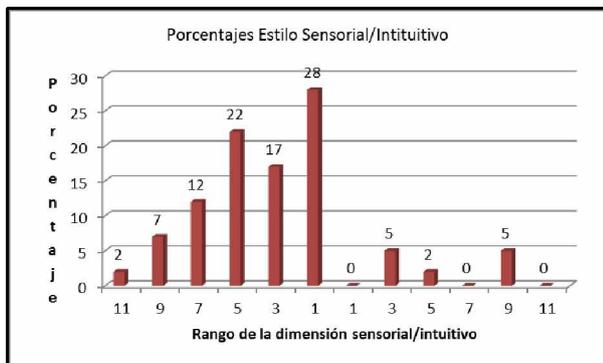
ACTIVO REFLEXIVO
11 9 7 5 3 1 1 3 5 7 9 11

Figura 6: Graduación de la dimensión activo/reflexivo.

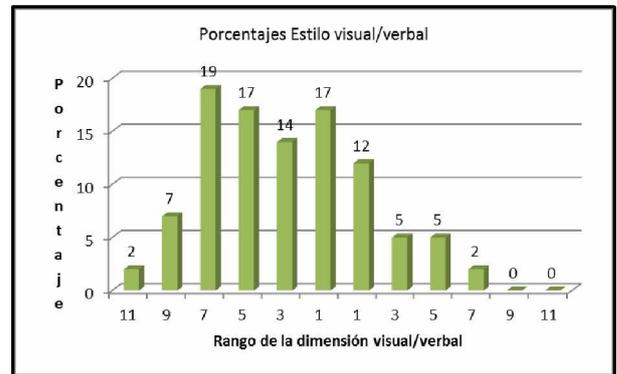
Se han analizado las encuestas de 47 estudiantes de ingeniería (de primero y segundo año). Los resultados, (en porcentajes) se encuentran en la figura 7.



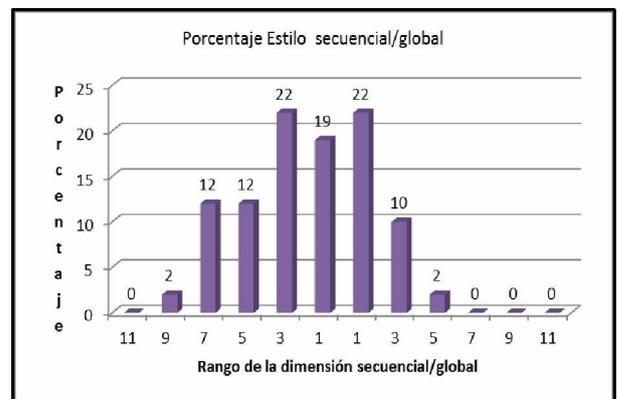
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 7: resultados, en porcentajes, de las cuatro dimensiones de R. Felder

Se han elegido, para el modelo de diagnóstico, las dimensiones Procesamiento de la Información (en figura 7a) y Entendimiento (en figura 7d) por considerarlas más apropiadas a la naturaleza de las asignaturas elegidas (ciencias básicas).

3.3 Inferencia

Como ya fue descrito previamente, el proceso de inferencia implica definir las variables lingüísticas de entrada, de salida y reglas de inferencia difusa. A partir de las dos dimensiones seleccionadas en el párrafo anterior, se construye la inferencia difusa para el estilo de aprendizaje. Cada variable posee un conjunto de términos lingüísticos (siendo estos conjuntos difusos). Las variables de entrada son: **activo** (con los siguientes términos lingüísticos: alto, medio, bajo); **reflexivo** (alto, medio, bajo); **secuencial** (alto, medio, bajo) y **global** (alto, medio, bajo).

La variable de salida **estilo de aprendizaje** considera si el aprendizaje es balanceado o no (balanceado, moderado, extremo). Se han definido 14 reglas difusas para la inferencia. A continuación se presenta una de ellas:

Si activo es bajo y reflexivo es medio y secuencial es medio y global es bajo entonces estilo de aprendizaje es moderado

En la figura 8 se aprecia la inferencia del sistema realizado con un FIS.

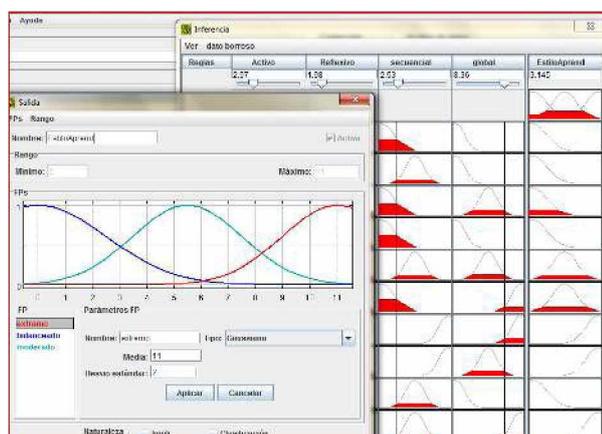


Figura 8: Sistema de inferencia para Estilo de aprendizaje. En la pantalla delantera se aprecia la variable de salida *Estilo de aprendizaje* y sus tres términos lingüísticos definidos como conjuntos difusos

3.4 Adaptación de las pruebas

Los resultados obtenidos a partir del cuestionario de Felder han guiado el diseño de pruebas específicas. Se han asociado los resultados con los modelos de pruebas presentados en (Scalise y Guiford, 2006) y (Haladyna et al. 2002). Los primeros autores introducen una taxonomía o categorización de 28 tipos de pruebas muy útiles para la evaluación basada en computadoras. La taxonomía propuesta describe un conjunto de tipos de ítems icónicos expresados como ítems de “restricción intermedia”. Estos tipos de ítems

tienen respuestas que caen, en un extremo, en respuestas totalmente restringidas (como preguntas de selección múltiple convencional) las cuales son insuficientes en el marco de las nuevas tecnologías de la información y, en el otro extremo, en las respuestas abiertas como son los ensayos tradicionales cuya evaluación es un gran desafío analizar, aún ahora, con las actuales herramientas. Los formatos propuestos en la taxonomía son: selección múltiple (verdadero/falso, selección alternativa, con distractores, etc.); selección/identificación (múltiples verdaderos/falsos, si/no con explicación, selección múltiple compuesto, etc.); reordenamiento/re-estructuración (correspondencia, categorización, ranking/secuencia, etc.); sustitución/corrección (interlineal, corrección de errores, etc.); terminación (construcción numérica, respuesta corta y completar oración, etc.); construcción (selección múltiple con final abierto, mapa conceptual, etc.) y presentación y portfolio (proyecto, discusión, entrevista, etc.).

Los segundos autores proponen un conjunto de preguntas o mini-prueba con el propósito de mejorar la medición del nivel del pensamiento empleado en la resolución de problemas o en el pensamiento crítico, que puede ubicarse dentro de los ítems de restricción intermedia de acuerdo a la categorización de Scalise y Guiford. La mini-prueba se desarrolla a partir de una breve descripción que presenta un problema o una situación, a la que le sigue una serie de entre dos y doce ítems de cualquier formato de opción múltiple. Su propósito consiste en producir pasos separados, capaces de medirse en la resolución de problemas.

Se ha analizado la relación entre estilos de aprendizaje y tipos de prueba. En la tabla 2 presentamos los resultados hallados. Solo hemos volcado ejemplos con fuerte inclinación hacia un estilo de aprendizaje. Las pruebas pueden participar de más de un estilo.

Estilo de aprendizaje dominante	Tipo de prueba
Activo	Mini-prueba Selección múltiple con final abierto Corrección de errores
Reflexivo	Ranking/secuencia Categorización Reordenamiento
Secuencial	portfolio
Global	Mapa conceptual

Tabla2: Adaptación para las pruebas según estilo de aprendizaje

A fin de ilustrar la adaptación de las pruebas, se han elegido los resultados del cuestionario de Estilos de Aprendizaje en la dimensión Activo – Reflexivo el cual mostró un mayor porcentaje de casos ubicados en los puntajes 3 y 5 de la escala. Dicha ubicación indicaría un grupo de estudiantes balanceados entre los dos extremos de la dimensión, con una moderada preferencia por el polo Activo.

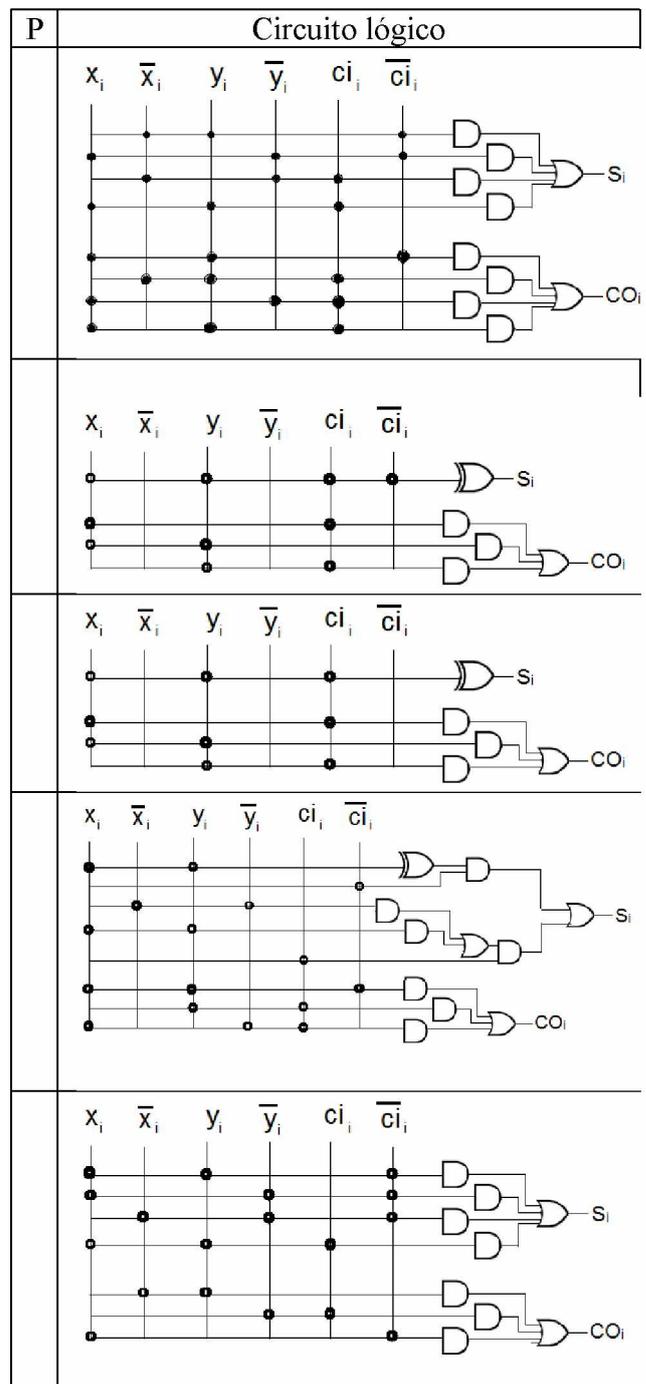
Se han diseñado y utilizado diversos ejercicios de evaluación de restricción intermedia teniendo en cuenta esta preferencia de estilo. Un ejemplo, bajo el formato mini-prueba, se presenta a continuación:

PRUEBA: SUMADOR

Diseñar un bloque combinacional de un circuito lógico “sumador para números binarios”, en los que se utiliza notación posicional. El bloque solicitado debe permitir sumar dos bits, x_i , y_i , del mismo orden, de manera que, asociando adecuadamente los n sumadores se pueda realizar la suma de dos números binarios $X + Y$. El bloque combinacional para dos bits de la posición i tendrá 3 entradas (los bits x_i , y_i , ci_i , donde ci_i es el acarreo de entrada) y 2 salidas (S_i y CO_i , donde CO_i es el acarreo de salida)

A) Observe los circuitos lógicos que se muestran a continuación y escribe en cada

uno de ellos una puntuación (P), considerando una escala de 10 a 1, donde 10 es el valor correspondiente al circuito de mayor eficiencia y 4 al de menor. Entre las 5 alternativas planteadas, puede haber circuitos que no resuelvan el problema enunciado, los cuales debería indicarse con los números 3, 2 o 1. Cada circuito debe quedar con un número diferente, es decir, dos circuitos no pueden tener la misma puntuación.



B) A partir de lo realizado en el ítem A, asocie cada uno de los 5 circuitos lógicos con la función correspondiente, usando el número de puntuación asignado.

P	Función lógica
	$S_i(x_i, y_i, c_i) = x_i \oplus y_i \oplus \bar{c}_i$ $CO_i(x_i, y_i, c_i) = x_i c_i + x_i y_i + y_i c_i$
	$S_i(x_i, y_i, c_i) = \bar{c}_i (x_i \oplus y_i) + c_i (\bar{x}_i \bar{y}_i + x_i y_i)$ $CO_i(x_i, y_i, c_i) = x_i y_i \bar{c}_i + y_i c_i + x_i y_i c_i$
	$S_i(x_i, y_i, c_i) = x_i y_i \bar{c}_i + x_i \bar{y}_i \bar{c}_i + \bar{x}_i \bar{y}_i \bar{c}_i + x_i y_i c_i$ $CO_i(x_i, y_i, c_i) = \bar{x}_i y_i + \bar{y}_i c_i + x_i \bar{c}_i$
	$S_i(x_i, y_i, c_i) = x_i \oplus y_i \oplus c_i$ $CO_i(x_i, y_i, c_i) = x_i c_i + x_i y_i + y_i c_i$
	$S_i(x_i, y_i, c_i) = \bar{x}_i y_i \bar{c}_i + x_i \bar{y}_i \bar{c}_i + \bar{x}_i \bar{y}_i c_i + x_i y_i c_i$ $CO_i(x_i, y_i, c_i) = x_i y_i \bar{c}_i + \bar{x}_i y_i c_i + x_i \bar{y}_i c_i + x_i y_i c_i$

C) Use el número de eficiencia asignado a cada circuito lógico en el ítem A) para identificar la justificación que le corresponda, en caso de justificaciones falsas utilice el número 0.

P	Justificación
	No se puede disminuir la cantidad de términos en una función
	Las puertas lógicas AND y OR resuelven el problema planteado
	Los términos deben conservar todas las variables de entrada
	El circuito lógico y su función asociada no resuelven el problema planteado
	Resolución utilizando menor cantidad de puertas lógicas
	Aplicación de postulados de álgebra de Boole y puerta EXOR
	El circuito lógico no se corresponde con la función

D) Participe en el foro de discusión aportando sus comentarios acerca de la propuesta planteada.

En relación al estilo, se buscó una actividad que combinara la reflexión en solitario del estudiante (comprender, comparar, fundamentar, apelar a los conocimientos previos), con una presentación en formato más dinámico (visualización de esquemas, posibilidad de investigar las ayudas, diferentes tipos de preguntas) más la propuesta de discusión en foro de los resultados, con el objetivo de posibilitar además, una dinámica de interacción grupal. Por otra parte, el uso de las herramientas de evaluación disponibles en Moodle para la implementación del ejercicio, permite innovar y mejorar la interacción alumno-materiales, en relación a los formatos tradicionales de evaluación.

3.5 Estereotipos

El razonamiento basado en estereotipos trabaja con una primera caracterización sobre el estudiante y es usado para modelar al estudiante inicialmente (Kay, 2000). Igualmente (Rich, 1979) definió: “un estereotipo representa una colección de atributos de personas que permite al sistema realizar un gran número de inferencias plausibles basadas en un número chico de observaciones”. Aquí se ha utilizado a los estereotipos de estudiantes como grupos que comparten características comunes en el aprendizaje.

El análisis del aprendizaje del estudiante mediante un perfil cognitivo, además del estilo de aprendizaje, necesita un sistema de inferencia que considere el nivel de perturbación para construir estereotipos a fin de simplificar su manipulación. Un nuevo estudiante es asignado al estereotipo que mejor se ajuste a sus características individuales. La ventaja de esta estrategia es que la información sobre un estudiante particular será inferida desde el estereotipo tanto como sea posible sin un proceso de extracción de información para cada usuario fuera del grupo.

Los estereotipos que se han analizado son: aprendiz, nivel intermedio de conocimiento y experto.

Para la inferencia difusa se ha usado el modelo de perturbación que posee una 4-upla por cada nodo del árbol: (no-aprendido, insatisfactoriamente conocido, conocido, aprendido), como se aprecia en la figura 4. Los componentes de la 4-upla constituyen las cuatro variables de entrada: **no-aprendido**(bajo, medio, alto), **insatisfactorio**(bajo, medio, alto), **conocido**(bajo, medio, alto) y **aprendido**(bajo, medio, alto) y la variable de salida es **nivel de conocimiento**(aprendiz, intermedio, experto).

Regla	Peso	Activa	SI NoApr...	Y Insatisf...	Y Conoci...	Y Aprend...	ENTONCES...
1	2	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	medio	bajo	novicio
2	1	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	medio	medio	medio	medio
3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	bajo	bajo	novicio
4	1	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	medio	medio	bajo	medio
5	1	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	medio	alto	experto
6	1	<input checked="" type="checkbox"/>	medio	bajo	alto	medio	medio
7	1	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	medio	alto	medio	medio
8	1	<input checked="" type="checkbox"/>	bajo	bajo	alto	alto	experto
9	1	<input checked="" type="checkbox"/>	alto	alto	bajo	bajo	novicio

Figura 9: Reglas de inferencia difusa del sistema FIS

En la figura 9 se ilustra parte del sistema de inferencia. Un caso de inferencia se aprecia en la figura 10.

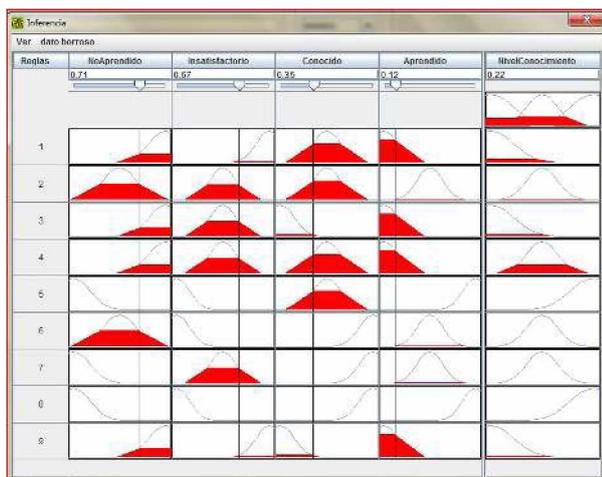


Figura 10: Ejemplo de inferencia difusa

3.5 Perfil cognitivo dinámico

Finalmente el perfil cognitivo dinámico queda formado por los resultados del par: (*estilo de aprendizaje, nivel de conocimiento*) obtenidos a partir de los dos modelos de inferencia difusa explicitados previamente. A modo de ejemplo, un perfil es (*moderado, intermedio*) en un momento del aprendizaje.

4. Resultados

El sistema de ampliación del diagnóstico del estudiantede ingeniería fue aplicado a diversas asignaturas de las carreras de ingeniería. Para ilustrar el modelo se presenta aquí el caso de alumnos de la asignatura Fundamentos de la Informática (ver tabla 3). A partir de los casos individuales se analizaron los perfiles más frecuentes. Estos resultados ayudaron a corregir la enseñanza de algunos tópicos (p.e. álgebra de conmutación y algoritmia básica)

Perfil	Estilo de aprendizaje	Nivel de conocimiento	Porcentaje
1	moderado	intermedio	33 %
2	balanceado	intermedio	17 %
3	balanceado	aprendiz	12 %
4	moderado	experto	10 %
5	extremo	intermedio	7 %
otros			21 %

Tabla 3: Los perfiles cognitivos más frecuentes a mitad del dictado del curso

5. Conclusiones

El modelo desarrollado provee información cuantitativa individual (modelo de perturbación) como también información cualitativa tanto individual como grupal a través del diagnóstico cognitivo en forma de perfil a lo largo de un período de tiempo. Los perfiles de los estudiantes aportan una estimación más amplia del grado del logro, mejorando la información aportada por las tradicionales notas. La creación de pruebas adaptadas a los perfiles cognitivos dominantes

mejoran el ciclo de evaluación del estudiante. Actualmente los módulos del modelo están implementados en distintas herramientas. Con posterioridad, este modelo será desarrollado en una plataforma de un ambiente de aprendizaje.

6. Bibliografía

Chrysafiadi K.; Virvou M., (2014). *Advances in Personalized Web-Based Education*. Springer Cham Heidelberg.

Chrysafiadi K.; Virvou M., (2013). Student modeling approaches: A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*. 40 (11), 4715–4729.

Felder, R. M. (2010): Are Learning Styles Invalid? (Hint: No!). *On-Course Newsletter*, September 27, recuperado de <http://www.oncourseworkshop.com/Learning046.htm>

Felder R.M., Spurlin J.E., (2005). Applications, Reliability, and Validity of the Index of Learning Styles. *Intl. Journal of Engineering Education*, 21(1), 103-112

Felder, R.M., & Silverman, L.K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education [Electronic Version]. *Engr. Education*, 78(7), 674-681. Recuperado el 24 de Julio del 2009 de: <http://www4.ncsu.edu./unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>

Soloman, B.A., & Felder, R.M. (n.d.). Index of learning styles questionnaire. Recuperado el 10 de junio de 2014 de: <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>

Gokmen G., T. Ç. Akincib, M. Tektas, N. Onat and G. Kocyigita, (2010). Evaluation of student performance in laboratory applications using fuzzy logic. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 902-909.

Haladyan, T.M.; Haladyna, R. y Merino. C: (2002). Preparación de preguntas de opciones múltiples para medir el aprendizaje de los estudiantes. *OEI – Revista Iberoamericana de Educación*, De los lectores.

Kay J. (2000) Stereotypes, students models and scrutability. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems* 19-30

Rich E. (1979). User Modeling via Stereotypes. *Cognitive Science* 3, 329-354.

Scalise, K. & Gifford, B. (2006). Computer-Based Assessment in E-Learning: A Framework for Constructing “Intermediate Constraint” Questions and Tasks for Technology Platforms. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 4(6). Retrieved from <http://www.jtla.org>

Zadeh L. (2012). *Computing with Words. Principal Concepts and Ideas*. Springer.