

## Modelo metacognitivo del estudiante para la generación de cursos personalizados

Guillermo Rafael Domínguez de León<sup>1</sup>, Adolfo Guzmán Arenas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Academia de Informática

UPIICSA – Instituto Politécnico Nacional

Av. Té #950 esquina Resina, Col. Granjas México. Del. Iztacalco, Distrito Federal, México. C.P. 08400

gdominguez@ipn.mx

<sup>2</sup>Laboratorio de Base de Datos y Tecnología de Software

Centro de Investigación en Computación – Instituto Politécnico Nacional

José Othon de Mendizabal, s/n. México, D.F. C.P. 07738

a.guzman@ieee.org

Fecha de recepción: 17 septiembre 2014

Fecha de aceptación: 27 de octubre 2014

### Resumen

En muchos de los estudiantes se observa un marcado desconocimiento de los procesos cognitivos, afectivos y metacognitivos implicados en el aprendizaje significativo. En este trabajo se propone la utilización de un modelo metacognitivo del estudiante para conocer sus fortalezas y debilidades, por medio del cual se puede obtener un perfil metacognitivo que sirve como base para el diseño de cursos personalizados en sistemas de educación basados en Internet. Se presentan los resultados obtenidos al aplicar este modelo en una escuela de nivel superior. El modelo propuesto está respaldado por instrumentos que han comprobado su confiabilidad y son reconocidos y aceptados a nivel internacional. La intención de esta investigación es proponer una herramienta de fácil aplicación en las escuelas para mejorar el desempeño del estudiante al personalizar los contenidos educativos de los cursos en función del grado de desarrollo de sus habilidades metacognitivas.

### Palabras Clave

Modelo Metacognitivo, Metacognición, Habilidades Metacognitivas.

### Summary.

In many of the students a marked ignorance of their cognitive, affective and metacognitive processes involved in meaningful learning is observed. In this paper the use of a metacognitive student model is proposed to understand their strengths and weaknesses, through which you can get a metacognitive profile that serves as the basis for the design of custom courses in web-based education systems. The results of applying this model at a university are presented. The proposed model is supported by instruments that have proven their reliability and are recognized and internationally accepted. The purpose of this research is to propose a tool for easy implementation in schools to improve student performance by personalizing the educational content of the courses in the degree of development of their metacognitive skills.

### Keywords

Metacognition Model, Metacognition, Metacognitive Skill.

## 1 Introducción

En la actualidad existe un gran interés a nivel mundial sobre el campo de la metacognición. Esta investigación tiene como propósito, el aportar una solución efectiva para medir el desarrollo de las habilidades metacognitivas de los estudiantes y de esa manera poder contribuir a elevar su nivel educativo.

Muchos de ellos presentan grandes deficiencias en el desarrollo de sus habilidades cognitivas. Tienen dificultades para la comprensión de los contenidos educativos por deficiencias en la lectura, la atención y la asociación de nuevos conocimientos con los ya existentes en su memoria.

Algunos estudiantes tienen fuertes limitaciones para la planeación y monitoreo de sus actividades académicas. Esto frecuentemente les impide alcanzar sus metas. Su proceso de aprendizaje se basa muchas veces en memorizar sólo lo presentado por el maestro en clase. No hacen ningún esfuerzo real por entender los conocimientos. Se necesita que sean capaces de construir e integrar los nuevos conocimientos. Que exploten adecuadamente sus capacidades mentales.

Los investigadores Pashler [1], Jensen [2], Simon y Rensink [3] han encontrado que buena parte del problema reside en que el estudiante no utiliza adecuadamente sus habilidades cognitivas. Esto se debe a que muchos estudiantes no han desarrollado suficientemente sus habilidades metacognitivas para el autocontrol y regulación de la actividad cognitiva durante el aprendizaje. De ahí la importancia de contar con un modelo metacognitivo del estudiante.

La metacognición es una de las áreas que más han contribuido a impulsar nuevas concepciones del aprendizaje y la instrucción. La metacognición es uno de los tópicos de estudio de la psicología cognitiva y evolutiva. De acuerdo con las concepciones constructivistas del desarrollo y del aprendizaje, se le ha ido atribuyendo un papel creciente a la conciencia que tiene el sujeto y a la regulación que ejerce sobre su propio aprendizaje.

La metacognición juega un papel crítico en el aprendizaje exitoso. Es importante estudiar la actividad metacognitiva y su desarrollo para determinar cómo los estudiantes pueden ser enseñados a aplicar mejor sus recursos cognitivos a través del control metacognitivo.

El procurar que los sistemas de educación basados en web (SEBW) que tomen en cuenta el grado de desarrollo metacognitivo del estudiante, permite lograr una mejor asimilación de los contenidos educativos.

### 1.1 Modelos Metacognitivos

Un gran número de modelos metacognitivos han sido propuestos en los últimos 30 años. Estos se han derivado de diferentes conceptualizaciones de la metacognición. Algunos de ellos son generales y proporcionan un marco teórico de la metacognición. Tal es el caso de los modelos de Flavell [4], Brown [5] y Mayor [6]. Otros muchos se concentran en aspectos específicos de la metacognición como el

conocimiento de la estructura del lenguaje (Tunmer y Bowey, [7]), estudio de textos (p. ej. el Modelo “Tetraedral” de aprendizaje de textos de Brown et al. [8]), estrategias metacognitivas para la autoregulación durante la lectura (Scardamalia y Bereiter, [9]) y el modelo jerárquico de de habilidades metacognitivas de Kayashima e Inaba [10] entre otros. También existen marcos conceptuales tales como, el de Nelson y Narens [11] y el de Schraw [12].

En su artículo clásico “Metacognición y monitoreo cognitivo”, Flavell [13] hace el primer intento de definir los componentes de la metacognición al crear un modelo del monitoreo/regulación cognitivo.

Para Brown [5], la metacognición es el “conocer sobre el conocer”, refiriéndose al control deliberado y consciente de la propia actividad metacognitiva. Su modelo divide a la metacognición en dos grandes categorías:

Conocimiento de la cognición: La define como una actividad que involucra la reflexión consciente sobre las habilidades cognitivas y actividades.

Regulación de la cognición: Considera las actividades mecanismos de autoregulación que se emplean para aprender o resolver problemas.

Mayor, Suengas y González [6] proponen un modelo de componentes para la actividad metacognitiva formado por los dos componentes básicos de todos los modelos existentes: la conciencia y el control. Adicionalmente, ellos incorporan un tercer componente designado como autopoiesis.

## 1.2 Modelo holístico de la actividad metacognitiva

El modelo holístico de la actividad metacognitiva propuesto por Domínguez y Peña [14] distingue y considera los diferentes niveles y dimensiones de la actividad metacognitiva y permite incluir e integrar diferentes teorías y modelos metacognitivos, enriqueciéndolos, procurando una visión coherente y global que permita describir a profundidad sus componentes y sus interrelaciones, basado en el pensamiento sistémico, particularmente en el concepto de “holístico”. El modelo toma en cuenta las dos dimensiones clásicas de la metacognición: el conocimiento metacognitivo (lo que uno sabe acerca de la cognición y la metacognición) y el proceso de regulación metacognitivo (cómo uno usa ese conocimiento para control de la cognición). A partir de este modelo se concibió un modelo metacognitivo del estudiante, como un instrumento para conocer el grado de desarrollo de sus habilidades metacognitivas, como base para la personalización de cursos que conduzcan a mejorar la adquisición de conocimientos, de forma que por medio de un sistema automatizado se puedan seleccionar los contenidos de los cursos impartidos vía un SEBW, para lograr el máximo aprovechamiento por parte del estudiante.

A continuación se presenta el modelo metacognitivo del estudiante (MME) propuesto.

## 2. Modelado metacognitivo del estudiante

Un aspecto fundamental es poder modelar al estudiante y obtener un perfil metacognitivo (PME) para conocer sus fortalezas y debilidades.

Es sumamente importante el contar con una referencia confiable de cómo el estudiante hace uso de sus habilidades metacognitivas, registrando con la mayor con la mayor precisión posible el grado de desarrollo en que se encuentran. Para tal fin se ha diseñado un instrumento que permite obtener esta información de una manera sistemática, confiable y practica, elaborando una medida estandarizada para conocer y comparar el grado de desarrollo de sus habilidades mentales con respecto a los de sus compañeros de grupo y de carrera.

### 2.1. Medición de habilidades metacognitivas

Se propone la utilización de un modelo metacognitivo del estudiante (MME) para contar con una visión integral para caracterizarlo metacognitivamente.

A continuación se describen cada uno de los cuatro instrumentos utilizados para este fin, y el modelo MME propuesto.

- Instrumento MAI: El cuestionario MAI se utiliza para obtener el inventario de conciencia metacognitiva, diseñado y probado por Schraw y Dennison [15]. Se aplica directamente al estudiante. Fue revisado por Domínguez y Peña y adaptado al contexto mexicano.
- Instrumento AM: El cuestionario de la actividad metacognitiva AM elaborado por Mayor, et al. [9], se contesta directamente por el estudiante. Fue revisado y adaptado por Domínguez y Peña.
- Instrumento EA: Conocer cuál es el estilo de aprendizaje preponderante que utiliza el estudiante se obtiene mediante la aplicación del cuestionario CHAEA, desarrollado por Honey yAlonso [16]. Fue revisado por Domínguez y Peña. El CHAEA clasifica el estilo de aprendizaje de los estudiantes en: Activo (AC); Reflexivo (RE); Teórico (TE) y Pragmático (PR).
- Instrumento SR: Se maneja para saber qué sistema de representación utiliza el estudiante preferentemente para percibir y representar la información en su memoria. Esta información se obtiene aplicando el cuestionario de programación neurolingüística de sistemas de representación (SR) directamente al estudiante. Fue diseñado por Domínguez y Peña. Las categorías en que se clasifican los sistemas de representación son: Visual (V); Auditivo (A) y Kinestésico (K).

### 2.2 Estructura del modelo

El modelo metacognitivo del estudiante (MME) propuesto, permite hacer una caracterización metacognitiva del individuo integrando los componentes de los instrumentos MAI, AM, incluyendo además el estilo de aprendizaje y los sistemas de

representación, que son aspectos importantes dentro del proceso de aprendizaje. El MME puede representarse mediante la Ecuación 1, en la cual se integran los conceptos manejados en los cuatro instrumentos.

El MME está integrado por los siguientes componentes:

- Estilo de aprendizaje (EA).
- Sistema de representación (SR).
- Grado de conciencia metacognitiva (CM).
- Grado de actividad metacognitiva (AM).

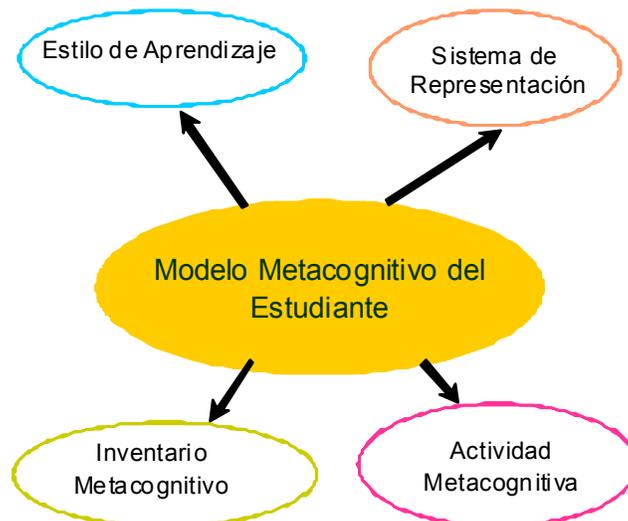
$$\text{MME} = \{\text{EA}, \text{SR}, \text{CM}, \text{AM}\} \quad (1)$$

La Fig. 1. muestra los componentes del modelo MME, integrados por los cuatro instrumentos de medición utilizados.

Por medio de los componentes que constituyen el MME, es posible producir todos los datos necesarios para caracterizar al estudiante y determinar sus fortalezas y debilidades metacognitivas. Los datos primarios se capturan directamente de las respuestas que los estudiantes asentaron en los instrumentos aplicados.

La captura se realiza por medio de un sistema web. La fig. 2. muestra la pantalla parcial de captura para el instrumento MAI. Los datos concentrados se generan automáticamente, agrupando las respuestas dadas a los reactivos de acuerdo con los componentes del MME. Los datos derivados se calculan a partir de los datos concentrados para obtener los indicadores metacognitivos.

El producto resultante es un reporte gráfico generado en formato pdf que contiene el perfil metacognitivo del estudiante y una base de datos.



**Fig. 1.** Modelo metacognitivo del individuo MME.  
Fuente: Elaboración propia.

### 2.3 Datos primarios

Del instrumento MAI se capturan las respuestas de 52 reactivos calificados usando una escala de Likert con valores entre 1 y 5. La Tabla 1 presenta dicha escala.

**Tabla 1.** Escala de Likert utilizada.

CLAVE	CONCEPTO
1	NUNCA
2	POCAS VECES
3	FRECUENTEME
4	MUCHAS
5	SIEMPRE

Fuente: Elaboración propia con datos de Likert.

La Tabla 2 muestra el número de reactivos que corresponden a cada concepto del inventario metacognitivo. Así como el total de puntos posibles.

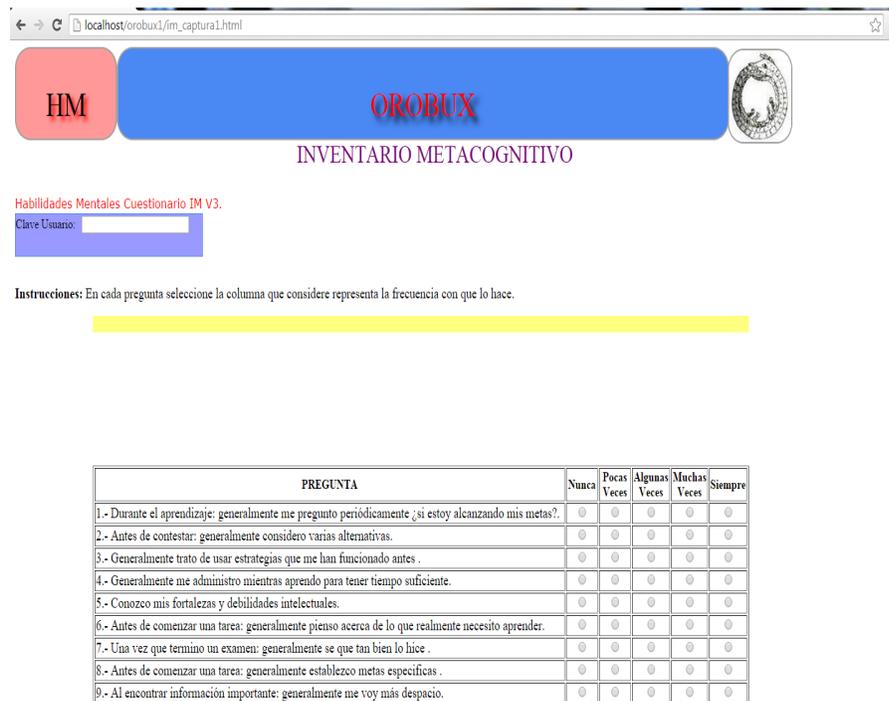
Del instrumento AM se capturan las respuestas de 45 reactivos calificados usando una escala de Likert de acuerdo con la Tabla 1. La Fig. 2 muestra la pantalla de captura web para el cuestionario de inventario metacognitivo.

La Tabla 3 muestra el número de reactivos que corresponden a cada uno de los cuatro conceptos de actividad metacognitiva, así como el total de puntos posibles. La Fig. 3 muestra la pantalla de captura web para el cuestionario de actividad metacognitiva.

**Tabla 2.** Conceptos manejados en el instrumento MAI.

	CONCEPTO	REACTIVOS	PUNTOS
CD	CONOCIMIENTO	8	40
	DECLARATIVO		
CP	CONOCIMIENTO	4	20
	PROCEDIMENTAL		
CC	CONOCIMIENTO	5	25
	CONDICIONAL		
RP	PLANAECIÓN	7	35
	ESTRATEGIAS		
RI	INFORMACIÓN	10	50
	ESTRATEGIAS		
RM	MONITOREO	7	35
	ESTRATEGIAS		
RA	AJUSTES	5	25
	ESTRATEGIAS		
RE	EVALUACIÓN	6	30
	ESTRATEGIAS		
	TOTAL	52	260

Fuente: Elaboración propia con datos de Schraw y Dennison.



**Fig. 2.** Pantalla parcial de captura web para el cuestionario MAI (Inventario metacognitivo).

**Tabla 3.** Conceptos manejados en el instrumento AM.

	CONCEPTO	REACTIVOS	PUNTOS
TC	TOMA DE CONCIENCIA	12	60
CL	CONTROL	12	60
AU	AUTOPOIESIS	12	60
VM	VARIABLES METACOGNITIVAS	9	45
	TOTAL	45	225

Elaboración propia con datos de Mayor et al.

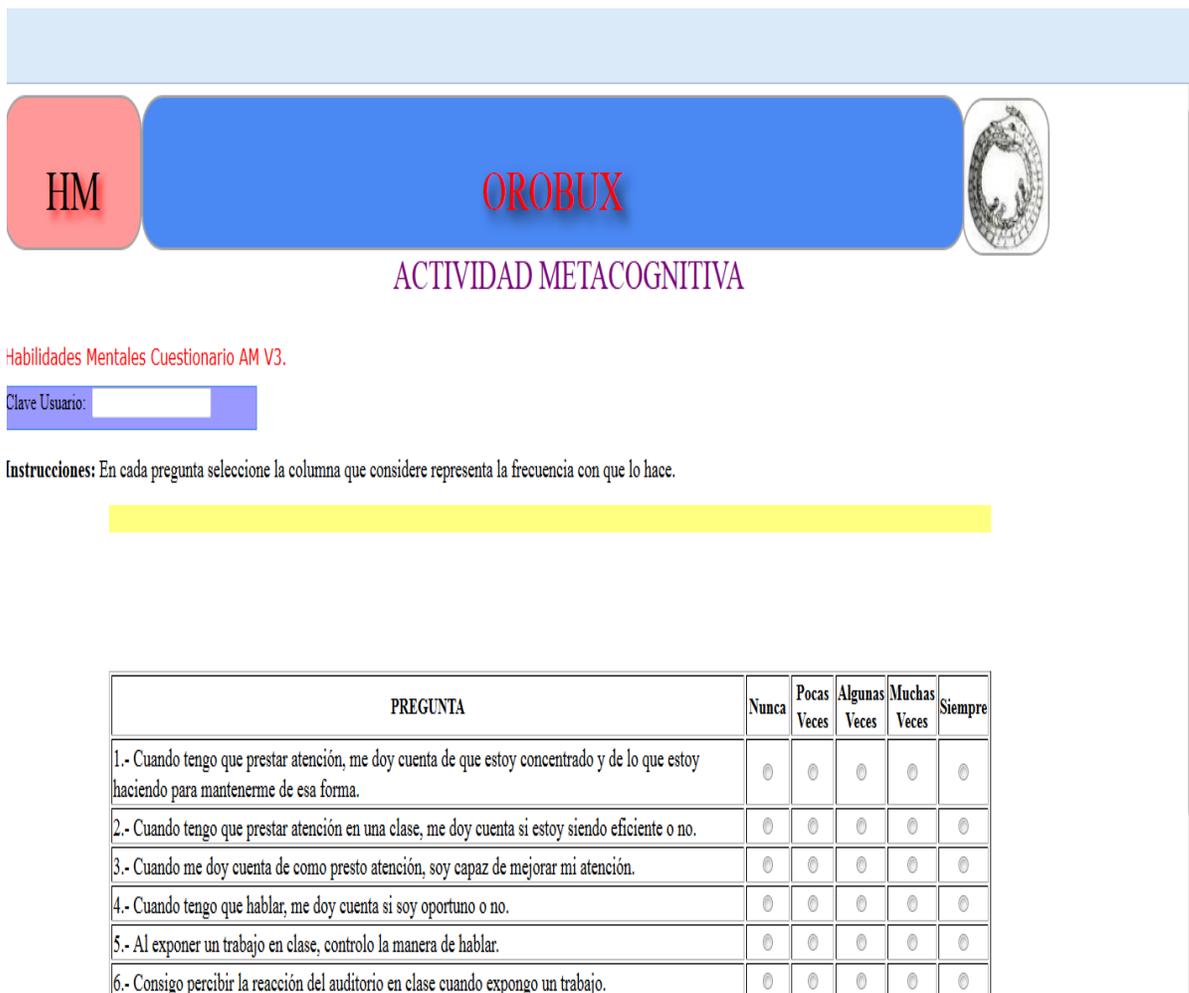


Fig. 3. Pantalla parcial de captura web para el cuestionario de actividad metacognitivaAM.

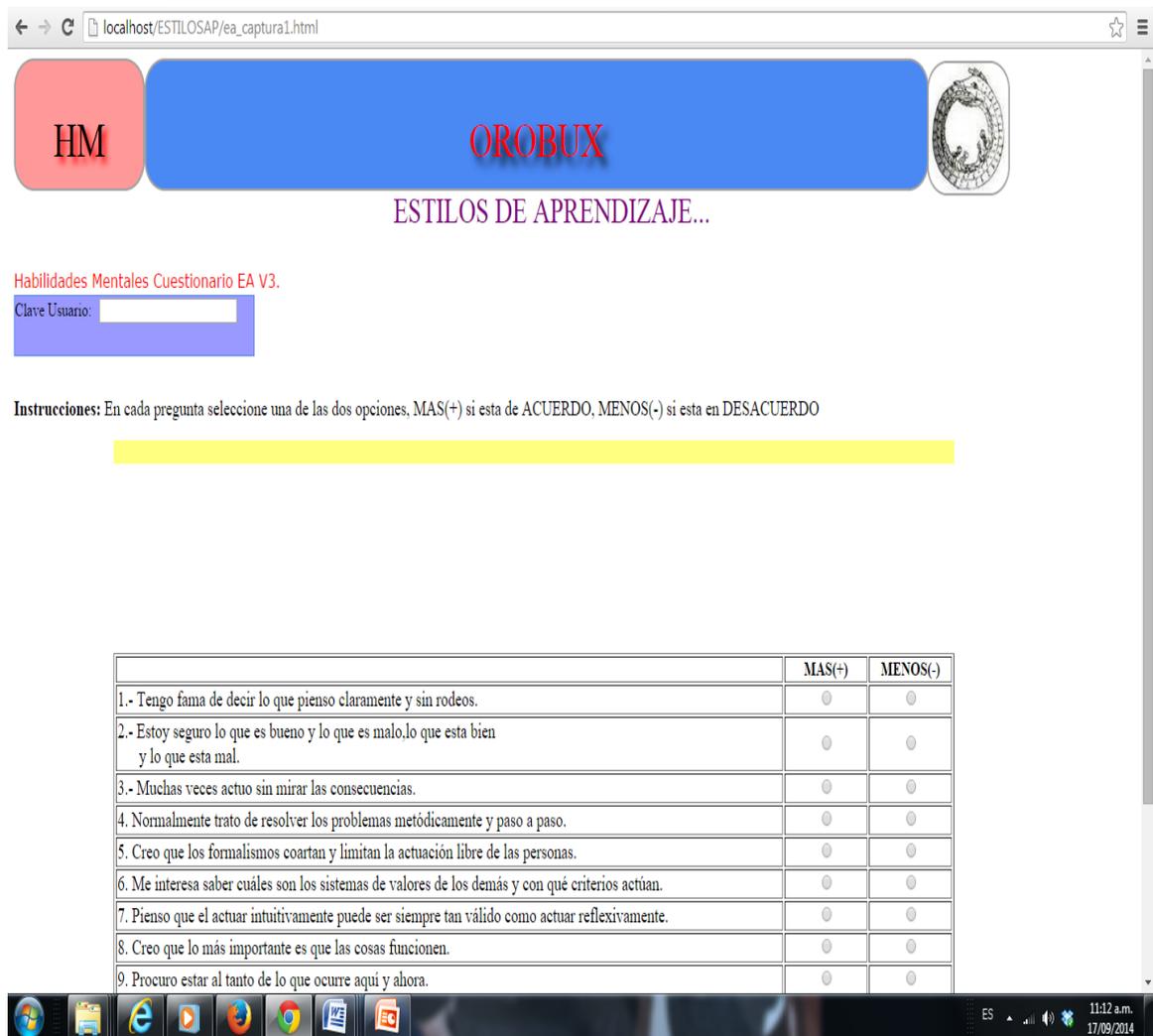
Del instrumento EA se capturan las respuestas de 80 reactivos calificados usando una escala de más (+) o menos (-).

La Tabla 4 muestra el número de reactivos que corresponden a cada uno de los 4 conceptos de los estilos de aprendizaje. Así como el total de puntos posibles. La Fig. 4 muestra la pantalla de captura web para el cuestionario de estilos de aprendizaje.

**Tabla 4.** Conceptos manejados en el instrumento EA.

	CONCEPTO	REACTIVOS	PUNTOS
AC	ACTIVO	20	20
RE	REFLEXIVO	20	20
TE	TEÓRICO	20	20
PR	PRAGMÁTICO	20	20
TOTAL		80	80

Fuente: Elaboración propia con datos de Alonso et al.



**Fig. 4.** Pantalla parcial de captura web para el cuestionario de estilos aprendizaje EA.

Del instrumento SR se capturan las respuestas de 15 reactivos calificados con una de las letras siguientes: A; B ó C. En la Tabla 6 se incluye la clasificación utilizada.

**Tabla 6.** Conceptos del sistema de representación SR.

CLAVE	CONCEPTO	PUNTOS
V	VISUAL	DE 0 A 15
A	AUDITIVO	DE 0 A 15
K	KINESTÉSICO	DE 0 A 15
	TOTAL	15

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Datos concentrados

A partir de los datos capturados y los puntos acumulados para cada concepto de los instrumentos MAI y AM, se obtiene su grado de comportamiento (GC) que toma valores entre 0.00 y 100.00. El GC se calcula utilizando la ecuación 2.

$$GC = \text{puntos acumulados del concepto} * 100 / \text{total de puntos posibles} \quad (2)$$

Conocimiento metacognitivo (CM).

$$CM = (CD + CP + CC) / 3 \quad (3)$$

Regulación metacognitiva (RM).

$$RM = (RM + RI + RM + RA + RE) / 5 \quad (4)$$

Índice inventario metacognitivo (IM)

$$IM = (CM + RM) / 2 \quad (5)$$

Índice actividad metacognitiva (AM).

$$AM = (TC + CL + AU + VM) / 4 \quad (6)$$

El estilo de aprendizaje se tabula usando la escala de Likert de la Tabla 7 de acuerdo con el total de puntos acumulado para cada estilo.

**Tabla 7.** Escala de Likert utilizada para EA.

CLAVE	CONCEPTO
<b>MB</b>	MUY BAJO
<b>BA</b>	BAJO
<b>MO</b>	MODERADO
<b>AL</b>	ALTO
<b>MA</b>	MUY ALTO

Fuente: Elaboración propia con datos de Alonso et al..

Los sistemas de representación se calculan utilizando las ecuaciones 7, 8 y 9.

$$SR(V) = \text{número de respuestas con A} * 100 / 15 \quad (7)$$

$$SR(A) = \text{número de respuestas con B} * 100 / 15 \quad (8)$$

$$SR(K) = \text{número de respuestas con C} * 100 / 15 \quad (9)$$

## 2.5 Datos derivados

Indicador de conciencia metacognitiva.

Como resultado de la aplicación de los cuestionarios MAI y AM se obtuvieron valores numéricos expresados en GC (%), que nos sirven como índices de referencia para poder hacer comparaciones entre estudiantes. Los índices que se obtuvieron de agrupar los subcomponentes de los cuestionarios MAI y AM son:

- Índice del inventario metacognitivo IM.
- Índice de la actividad metacognitiva AM.

Sacando el promedio de los valores de IM (parte estática) y AM (parte dinámica) de la metacognición, se obtiene un valor de referencia para caracterizar al estudiante de manera global (holístico) del estado de la conciencia y uso de la metacognición al que se le denominó: Indicador de conciencia metacognitiva (ICM).

$$ICM = (IM + AM) / 2 \quad (10)$$

El ICM permite caracterizar metacognitivamente al estudiante de una manera sistemática, uniforme, estandarizada y confiable. Este indicador facilita hacer comparaciones entre grupos, estudiantes de diversas carreras y entre diferentes universidades, para tener una idea clara de su grado de conciencia metacognitiva.

## 2.6 Perfil Metacognitivo

El PME es un reporte gráfico que sirve para presentar el indicador de conciencia metacognitiva, desglosado por conceptos de cada estudiante. El PME es una herramienta gráfica que permite comparar de manera estandarizada a un estudiante con sus demás compañeros de grupo. Utilizando el promedio del grupo se puede comparar con otros grupos, con otras carreras y usando el promedio de la escuela con otras escuelas.

La Fig. 2 contiene un ejemplo de la imagen del reporte del PME donde se aprecian los datos generales del estudiante, sus sistemas de representación, sus estilos de aprendizaje, los conceptos de inventario metacognitivo, los conceptos de la actividad metacognitiva y el indicador ICM.

### 3 Caso de estudio

En esta investigación se contempló la realización de experimento de campo, en donde se aplicará el MME a un grupo de estudiantes de nivel licenciatura.

Las actividades para realizar el experimento fueron:

1. Lanzar convocatoria.
2. Registro de participantes.
3. Presentación de los objetivos del EHM.
4. Llenado de cuestionarios.
5. Tabulación de cuestionarios.
6. Creación de la base de datos del modelo metacognitivo (MME).
7. Generación del perfil metacognitivo de los estudiantes.
8. Generación del perfil metacognitivo del grupo.
9. Construcción de la matriz de referencia metacognitiva (MRM).
10. Generación de la guía de instrucción personalizada (GIP).
11. Evaluación de los resultados.

TALLER DE DESARROLLO DE HABILIDADES MENTALES

PERFIL METACOGNITIVO

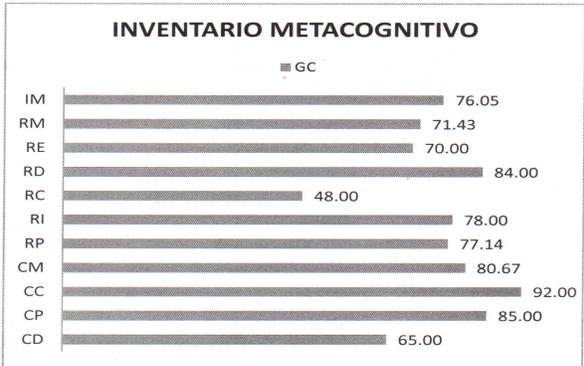
Nombre: **FLOR ANGELICA ILLANES E.**

Fecha: **10/06/2013**

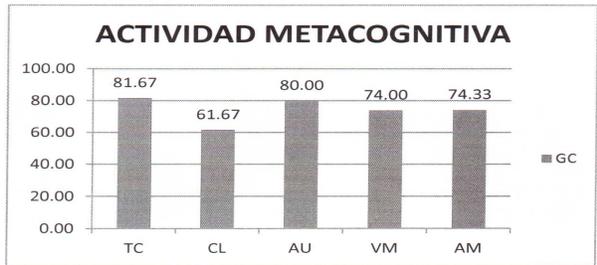
ID-CTL **21**

<b>ESTILO DE APRENDIZAJE</b>	ACTIVO MODERADO	REFLEXIVO BAJO	TEORICO MODERADO	PRAGMATICO ALTO
<b>SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN</b>	VISUAL <b>46.7</b>	AUDITIVO <b>26.7</b>	KINESISTICO <b>26.7</b>	

INVENTARIO METACOGNITIVO		
Concepto	Clave	GC
Conocimiento Declarativo	CD	65.00
Conocimiento Procedimental	CP	85.00
Conocimiento Situacional	CC	92.00
<b>Conocimiento Metacognitivo</b>	<b>CM</b>	<b>80.67</b>
Planeación	RP	77.14
Información Estratégica	RI	78.00
Monitoreo comprensión	RC	48.00
Ajustes Estrategia	RD	84.00
Evaluación	RE	70.00
<b>Regulación Metacognitiva</b>	<b>RM</b>	<b>71.43</b>
<b>Indice Inventario Metac.</b>	<b>IM</b>	<b>76.05</b>



ACTIVIDAD METACOGNITIVA		
Concepto	Clave	GC
Toma de Conciencia	TC	81.67
Control	CL	61.67
Autopoiesis	AU	80.00
Variables Metacognición	VM	74.00
<b>Indice Actividad Metac.</b>	<b>AM</b>	<b>74.33</b>



**INDICADOR de CONCIENCIA METACOGNITIVA** **67.49**

HABILIDAD METACOGNITIVA	Clave	GC
Actividad Cognitiva	AC	98.2
Estrategias Metacognitivas	EM	93.75

**INDICADOR de USO ESTRATEGIAS METACOGNITIVAS** **109.69**

Elaboró: GRDL  
13/06/2013

**Fig. 2.** Perfil metacognitivo.  
Fuente: Elaboración propia

A continuación se describirá el proceso seguido para la realización del experimento.

**3.1 Convocatoria**

Para la integración de la muestra se determinó lanzar una convocatoria abierta a estudiantes de licenciatura que estuvieran interesados en participar en el estudio de sus habilidades mentales. Sin importar la carrera, los semestres cursados, el género, ni

la edad. El número de participantes aceptados sería de 40 como máximo, por cuestiones de logística.

El registro se haría por Internet con una fecha límite o cuando el tamaño del grupo llegará a 40 participantes. La convocatoria se haría en escuelas de nivel superior del Politécnico.

### **3.2 Calendario**

Con objeto de que los estudiantes estuvieran libres de tareas o exámenes y pudieran concentrarse en el taller, se determinó que una buena fecha sería al terminar el 3er examen departamental.

### **3.3 Integración de la muestra**

El experimento consistió en aplicar los cuatro cuestionarios que integran el MME a un grupo de estudiantes de nivel licenciatura. Se hizo una invitación abierta a la comunidad estudiantil de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Administración (UPIICSA) del IPN. En la convocatoria se les invitó para que participaran en un estudio sobre Habilidades Metacognitivas (EHM). El registro se hizo por Internet, sin ningún requisito.

### **3.4 Tamaño de la muestra**

Se recibieron 39 solicitudes para el estudio. De estudiantes de las carreras de Ciencias de la Informática, Ingeniería en Informática y Administración Industrial, de varios semestres, de ellos, 16 fueron mujeres y 23 hombres. Se registraron formalmente en el taller 28 participantes. Durante el transcurso del estudio se dieron de baja 6 de ellos, quedando 10 mujeres y 12 hombres. El tamaño final de la muestra fue de 22 participantes.

### **3.5 Duración**

El EHM tuvo una duración de cuatro horas repartidas en cuatro días. Se impartió en un salón del edificio de Desarrollo Específico de la UPIICSA. Con un horario de 9:00 a las 10:00 hrs.

### **3.6 Objetivo**

El objetivo del EHM fue conocer el perfil metacognitivo de los estudiantes y determinar el grado de conciencia metacognitiva, para así poder generar una matriz de referencia metacognitiva (MRM), que permitirá adecuar las guías instruccionales para personalizar los cursos impartidos por un SEBW.

### 3.7 Etapas

Para el desarrollo de la investigación, esta se dividió en las siguientes cinco etapas:

- Etapa I.- Medición de las habilidades metacognitivas.

En esta etapa se aplicaron los cuatro instrumentos diseñados para recolectar los datos sobre el estado de desarrollo de la metacognición de los participantes. El inventario de recursos metacognitivos se efectuó durante las cuatro sesiones del experimento.

Los datos obtenidos de los instrumentos MAI, AM, EA y SR, se capturaron y tabularon en hojas de cálculo.

- Etapa II.- Creación del PME.

Con los datos capturados y tabulados de los cuatro instrumentos se generaron los datos concentrados y derivados, y los datos necesarios para generar el indicador ICM. Con esta información se emitió el PME y se creó también la base de datos del MME.

- Etapa III.- Generación del perfil metacognitivo grupal.

De acuerdo con el MME propuesto, se utilizó la base de datos para calcular el perfil metacognitivo grupal (PMG) que se utiliza como referencia para que cada estudiante pueda comparar sus resultados obtenidos con respecto al promedio grupal utilizando el ICM.

- Etapa IV.- Generación de la matriz de referencia metacognitiva.

Con los resultados obtenidos del procesamiento de los cuestionarios, se procede a generar la matriz de referencia metacognitiva para cada estudiante y la matriz de referencia metacognitiva grupal.

- Etapa V.- Personalización del curso piloto.

Con la información obtenida de la etapa IV se está en condiciones de poder personalizar cualquier curso dentro de un sistema de educación basada en web (SEBW). Con la información de la matriz de referencia grupal se pueden ajustar las actividades de las guías instruccionales para ese grupo en particular, para facilitar y mejorar el aprendizaje de sus contenidos educativos.

## 4 Resultados

Del experimento realizado se logró conocer el grado de desarrollo de las habilidades metacognitivas de los estudiantes participantes. Por medio del ICM grupal se determinó cuántos de esos estudiantes están por encima del promedio grupal y cuántos presentan deficiencias en su desarrollo metacognitivo con respecto a sus compañeros.

Por medio del PME los estudiantes cuentan con una referencia para conocer cuál es el grado de desarrollo de cada una de las variables metacognitivas que integran el MME con respecto al PMG. El modelo les permite ubicar claramente sus fortalezas y

debilidades metacognitivas, así como su estilo de aprendizaje predominante y su sistema de representación más utilizado

La Tabla 8 muestra la distribución por niveles del grupo para cada uno de los indicadores del PM y el promedio global.

**Tabla 8.** Distribución por niveles metacognitivos del grupo.

DISTRIBUCIÓN DEL GRUPO POR NIVEL METACOGNITIVO

NIVEL	IM		AM		ICM		PROMEDIO
	Num	%	Num	%	Num	%	%
ALTO	3	13.64	2	9.091	4	18.18	13.64
MEDIO	16	72.73	18	81.82	15	68.18	75.00
BAJO	3	13.64	2	9.091	3	13.64	11.36
TOTAL	22	100.00	22	100.00	22	100	100.00

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta al estilo de aprendizaje se obtuvo la distribución de los cuatro estilos del grupo y sus combinaciones por género. La Tabla 9 presenta la distribución porcentual de los estilos en el grupo.

En lo que respecta al estilo de aprendizaje se obtuvo la distribución de los cuatro estilos del grupo y sus combinaciones por género.

**Tabla 9.** Distribución por estilos de aprendizaje del grupo.

DISTRIBUCIÓN POR ESTILO DE APRENDIZAJE

		ACTIVO	REFLEXIVO	TEÓRICO	PRAGMÁTICO
Grupo	%	21.21	27.49	24.64	26.66
	Nivel	MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO
Mujeres	%	20.73	29.17	23.99	26.10
	Nivel	MODERADO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
Hombres	%	21.58	26.19	25.15	27.08
	Nivel	MODERADO	MODERADO	ALTO	ALTO

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 presenta el perfil metacognitivo grupal PMG que contiene los resultados promedio para cada una de las variables del modelo.

**Tabla 10.** Perfil metacognitivo promedio del grupo.

PERFIL METACOGNITIVO GRUPAL (PROMEDIOS)																																					
ESTILO DE APRENDIZAJE  NIVEL	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">ACTIVO</th> <th style="width: 25%;">REFLEXIVO</th> <th style="width: 25%;">TEÓRICO</th> <th style="width: 25%;">PRAGMÁTICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">20.65</td> <td style="text-align: center;">28.09</td> <td style="text-align: center;">25.29</td> <td style="text-align: center;">25.97</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MODERADO</td> <td style="text-align: center;">MODERADO</td> <td style="text-align: center;">MODERADO</td> <td style="text-align: center;">ALTO</td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVO	REFLEXIVO	TEÓRICO	PRAGMÁTICO	20.65	28.09	25.29	25.97	MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO																								
	ACTIVO	REFLEXIVO	TEÓRICO	PRAGMÁTICO																																	
	20.65	28.09	25.29	25.97																																	
MODERADO	MODERADO	MODERADO	ALTO																																		
SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN  %	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">VISUAL</th> <th style="width: 33%;">AUDITIVO</th> <th style="width: 33%;">KINESTÉSICO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">34.24</td> <td style="text-align: center;">33.94</td> <td style="text-align: center;">31.82</td> </tr> </tbody> </table>	VISUAL	AUDITIVO	KINESTÉSICO	34.24	33.94	31.82																														
VISUAL	AUDITIVO	KINESTÉSICO																																			
34.24	33.94	31.82																																			
INVENTARIO METACOGNITIVO	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Concepto</th> <th style="width: 50%;">Clave</th> <th style="width: 50%;">GC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Conocimiento Declarativo</td> <td style="text-align: center;">CD</td> <td style="text-align: center;">65.00</td> </tr> <tr> <td>Conocimiento Procedimental</td> <td style="text-align: center;">CP</td> <td style="text-align: center;">85.00</td> </tr> <tr> <td>Conocimiento Situacional</td> <td style="text-align: center;">CC</td> <td style="text-align: center;">92.00</td> </tr> <tr> <td>Conocimiento Metacognitivo</td> <td style="text-align: center;">CM</td> <td style="text-align: center;">80.67</td> </tr> <tr> <td>Planeación</td> <td style="text-align: center;">RP</td> <td style="text-align: center;">77.14</td> </tr> <tr> <td>Información Estratégica</td> <td style="text-align: center;">RI</td> <td style="text-align: center;">78.00</td> </tr> <tr> <td>Monitoreo comprensión</td> <td style="text-align: center;">RC</td> <td style="text-align: center;">48.00</td> </tr> <tr> <td>Ajustes Estrategias</td> <td style="text-align: center;">RD</td> <td style="text-align: center;">84.00</td> </tr> <tr> <td>Evaluación</td> <td style="text-align: center;">RE</td> <td style="text-align: center;">70.00</td> </tr> <tr> <td>Regulación Metacognitiva</td> <td style="text-align: center;">RM</td> <td style="text-align: center;">71.43</td> </tr> <tr> <td>Índice Inventario Metacognitivo</td> <td style="text-align: center;">IM</td> <td style="text-align: center;">76.05</td> </tr> </tbody> </table>	Concepto	Clave	GC	Conocimiento Declarativo	CD	65.00	Conocimiento Procedimental	CP	85.00	Conocimiento Situacional	CC	92.00	Conocimiento Metacognitivo	CM	80.67	Planeación	RP	77.14	Información Estratégica	RI	78.00	Monitoreo comprensión	RC	48.00	Ajustes Estrategias	RD	84.00	Evaluación	RE	70.00	Regulación Metacognitiva	RM	71.43	Índice Inventario Metacognitivo	IM	76.05
Concepto	Clave	GC																																			
Conocimiento Declarativo	CD	65.00																																			
Conocimiento Procedimental	CP	85.00																																			
Conocimiento Situacional	CC	92.00																																			
Conocimiento Metacognitivo	CM	80.67																																			
Planeación	RP	77.14																																			
Información Estratégica	RI	78.00																																			
Monitoreo comprensión	RC	48.00																																			
Ajustes Estrategias	RD	84.00																																			
Evaluación	RE	70.00																																			
Regulación Metacognitiva	RM	71.43																																			
Índice Inventario Metacognitivo	IM	76.05																																			
ACTIVIDAD METACOGNITIVA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Concepto</th> <th style="width: 50%;">Clave</th> <th style="width: 50%;">GC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Toma de Conciencia</td> <td style="text-align: center;">TC</td> <td style="text-align: center;">67.54</td> </tr> <tr> <td>Control</td> <td style="text-align: center;">CL</td> <td style="text-align: center;">58.41</td> </tr> <tr> <td>Autopoiesis</td> <td style="text-align: center;">AU</td> <td style="text-align: center;">61.59</td> </tr> <tr> <td>Variables Metacognición</td> <td style="text-align: center;">VM</td> <td style="text-align: center;">68.57</td> </tr> <tr> <td>Índice Actividad Metacognitivo</td> <td style="text-align: center;">AM</td> <td style="text-align: center;">63.83</td> </tr> </tbody> </table>	Concepto	Clave	GC	Toma de Conciencia	TC	67.54	Control	CL	58.41	Autopoiesis	AU	61.59	Variables Metacognición	VM	68.57	Índice Actividad Metacognitivo	AM	63.83																		
Concepto	Clave	GC																																			
Toma de Conciencia	TC	67.54																																			
Control	CL	58.41																																			
Autopoiesis	AU	61.59																																			
Variables Metacognición	VM	68.57																																			
Índice Actividad Metacognitivo	AM	63.83																																			
INDICADOR de CONCIENCIA METACOGNITIVA	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%; text-align: center;">GC</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"><b>69.94</b></td> </tr> </tbody> </table>		GC		<b>69.94</b>																																
	GC																																				
	<b>69.94</b>																																				

Fuente: Elaboración propia.

De los sistemas de representación, el grupo presenta una distribución muy semejante de los tres conceptos. Solo el visual está ligeramente arriba de los otros dos, como se puede notar en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Distribución por sistemas de representación del grupo.

DISTRIBUCIÓN POR SISTEMA DE REPRESENTACION GRUPO				
		VISUAL	AUDITIVO	KINESTÉSICO
Grupo	%	34.24	33.94	31.82
Mujeres	%	33.33	37.34	29.33
Hombres	%	35.00	31.11	33.89

Fuente: Elaboración propia.

Se construyó la MRM con los datos procesados del MME. De la Tabla 8 se observa que el 75% de los participantes está en un nivel medio, el 13.64 % alcanzó el nivel alto y que el 11.36 % están en el nivel bajo. La Tabla 12 muestra una vista parcial de la MRM, donde cada fila muestra la categoría obtenida por cada estudiante:

**Tabla 12.** Vista parcial de la matriz de referencia metacognitiva.

MATRIZ DE REFERENCIA METACOGNITIVA																				
ID-E	CONCIENCIA M.					REGULACIÓN M.					ACTIVIDAD M.					HM	ICM	SR	EA	
CD	CP	CC	CM	RP	RI	RM	RA	RE	RM	TC	CL	AU	VM	AM	AC	EM				
E01	B	B	B	B	B	B	M	B	B	M	M	M	M	M	A	A	B	A	T	
E02	M	M	M	M	M	M	M	M	B	M	B	B	B	B	B	M	B	V	T	
...																				
E-N	B	B	M	B	M	M	B	M	M	B	M	M	M	M	B	M	M	A	P	

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

A => Alto; M => Medio; B => Bajo

Para SR A => Auditivo; V => Visual

Para EA T => Teórico; p => Pragmático

Con toda esta información se puede generar automáticamente una guía de instrucción personalizada (GIP) para alimentar un sistema de educación basada en web que sea capaz de construir cursos con contenidos educativos personalizados.

Para comprobar la utilidad del modelo se impartió un Taller de Habilidades Mentales, en donde cada actividad a realizar, se asignó de manera personalizada, de acuerdo con la matriz de referencia metacognitiva de cada estudiante. Por lo que se tuvieron que construir nueve opciones para cada una de las 26 actividades del taller, ya que son tres niveles del grado de desarrollo metacognitivo (alto, medio y bajo) y tres por los sistemas de representación (visual, auditivo y kinestésico).

Los resultados obtenidos fueron excelentes, ya que todos los participantes pudieron realizar las actividades satisfactoriamente y dentro del tiempo asignado.

## 5. Conclusiones y trabajos futuros

La utilización de un modelo metacognitivo del estudiante para conocer sus fortalezas y debilidades, permite contar con un modelo de fácil aplicación en las escuelas. Con esto se puede mejorar el desempeño del estudiante al personalizar los contenidos educativos de los cursos, en función del grado de desarrollo de sus habilidades metacognitivas.

La generación automática de una matriz de referencia metacognitiva a partir del Perfil Metacognitivo es una herramienta muy valiosa para generar guías de instrucción personalizadas para alimentar a un sistema de educación basado en web.

El uso del Indicador de Conciencia Metacognitiva es instrumento que le permite al estudiante tener una referencia clara y precisa de cuál es el grado de desarrollo de sus habilidades metacognitivas con respecto al de sus compañeros de grupo. Le hace tomar conciencia de cuáles son sus fortalezas y debilidades metacognitivas y darse cuenta de lo que tiene que hacer para mejorar su desempeño académico.

También permite a las autoridades escolares conocer el estado que guarda un grupo en particular con respecto a los demás grupos de la carrera y de otras carreras, para realizar los ajustes necesarios a los planes de estudio para elevar su nivel académico y reducir el índice de reprobación y de deserción dentro de la escuela.

Se está trabajando actualmente en el desarrollo de un Taller de Estimulación de Habilidades Metacognitivas, donde los contenidos educativos de la Guía Instruccional, se seleccionen y se personalicen de acuerdo con los resultados que se obtengan en su Perfil Metacognitivo. Se tiene planeado además, la construcción de un marco de trabajo web para la generación automática de cursos personalizados, basados en la matriz de referencia metacognitiva obtenida automáticamente de la base de datos del Perfil Metacognitivo del estudiante.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen al CONACYT, al IPN y a la UPIICSA por el apoyo recibido para desarrollar esta investigación.

## Referencias

1. Pashler, H. L.: The Psychology of Attention. The MIT Press. Cambridge, MA (1998).
2. Jensen, E.: Cerebro y Aprendizaje. Competencias e Implicaciones Educativas. Narcea Ediciones, Madrid (2004).
3. Simon. D. J., Rensink, R. A.: Change Blindness: Past, Present, and Future. Trends in Cognitive Science, 9 (2005).
4. Flavell, J. H.: Speculations about the nature and development of metacognition. En Weinert, F.; Kluwe, R. (Eds.), Metacognition, motivation and understanding. Hillsdale, N. J. LEA(1987).

5. Brown, A. L.: Metacognition, executive control, self regulation, and other more mysterious mechanisms. En F. Weinert & R. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation and understanding. Hillsdale, N. J., LEA (1987).
6. Mayor, J., Suengas, A.; Gonzalez-Marquez, J.: Estrategias metacognitivas. Aprender a aprender y aprender a pensar. Editorial Síntesis (1993).
7. Tunmer, W. E.; Bowey, J. A.: Metalinguistic Awareness and Reading Acquisition. In W. E. Tunmer; C. Pratt; M. L. Hermman, (Eds.), Metalinguistic Awareness in Children, Berlin: Springer-Verlang (1984).
8. Brown, A.L.; Palincsar, A.S.: Reciprocal teaching of comprehension strategies: a natural history of one program for enhancing learning. En Day, J. D.; Borkowski, J. G. (Eds.), Intelligence and exceptionality. Norwood: Ablex (1987).
9. Scardamalia, M., & Bereiter, C. Research in Written Composition. En Wittrock, M. (Ed.), Handbook on Research on Teaching. New York: Macmillan Education (1985).
10. Kayashima, M.; Inaba, A.: The model of metacognitive skill and how to facilitate development of the skill. Proc. of ICCE2003 (2003).
11. Nelson, T. O.; Narens, L.: Why investigate meta-cognition? In Metcalfe, J.; Shimamura, A. (Eds.), Meta-cognition: Knowing about knowing. Cambridge, MA: Bradford Books (1994).
12. Schraw, G.: Promoting general metacognitive awareness. Instructional Science, 26 (1998).
13. Flavell, J. H.: Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquiry. American Psychologist, 34 (1979).
14. Dominguez, R.; Peña, A.: A Holistic Metacognitive Activity model: A Systemic Approach. Learning Technology. IEEE Computer Society's. Volumen 14 Issue 2 (2012):
15. Schraw, G.; Dennison, R. S.: Assessing metacognitive awareness. Contemporary Educational Psychology, 19 (1994).
16. Alonso, C. M.; Gallego, D. J.; Honey, P.: Estilos de Aprendizaje. Qué son. Como se diagnostica. Bilbao: Mensajero (1994).