



20 al 30 de abril de 2017

EL LENGUAJE DEL EXPERTO COMO MEDIO DE EVALUACIÓN PERMANENTE DEL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS.

Eje Temático: 1. Experiencias y recursos en educación virtual 2.0. Los cursos MOOC abiertos masivos en línea: Comunicación de experiencias, evaluación e impacto de esta nueva tendencia.

Aldana Franco Rosario, Aldana Franco Fernando, Álvarez
Sánchez Ervin Jesús, López Velázquez Andrés.

Resumen

La evaluación del aprendizaje es una tarea compleja, pues el único medio para compartir ideas es el lenguaje, si los significados y contextos no son compartidos por aprendices y docentes, es imposible establecer la comunicación necesaria para aprender. A partir del supuesto que la educación es parte de un sistema comunicativo se propuso un recurso para evaluar aprendizajes, organizado en tres fases, comparando el lenguaje del alumno y el de su profesor, en este caso de matemáticas en el nivel superior, considerando la mediación de los saberes. En la fase inicial se deben identificar los antecedentes cognitivos en matemáticas y los estilos de aprendizaje de los estudiantes para establecer las estrategias didácticas pertinentes para los acercamientos iniciales; en la fase de desarrollo se ponen en práctica los recursos didácticos en su conjunto y la evaluación continua y en la fase de evaluación se realiza la evaluación final como la medida en que los estudiantes alcanzaron los objetivos del curso.

Palabras clave: evaluación de aprendizaje, educación, sistema comunicativo, discurso del experto, antecedentes cognitivos.

Introducción

El aprendizaje de las matemáticas está estructurado en correspondencia con el desarrollo histórico de la disciplina, por ello se puede afirmar que aprender



20 al 30 de abril de 2017

matemáticas es un proceso constructivista¹, pero si este proceso no es significativo² para el estudiante, se guardará (en el mejor de los casos) en la memoria de eventos remotos, dificultado su recuperación y procesamiento para su aplicación.

Una estrategia aplicada en las carreras de ingeniería para hacer el conocimiento significativo es mostrar la aplicabilidad-utilidad próxima de lo aprendido³, usando representaciones adecuadas para los estudiantes, esto se logra considerando sus antecedentes académicos y el estilo de aprendizaje basado en su canal sensorial preferente de aprendizaje (visual, auditivo o kinestésico, por ejemplo).

Aprender matemáticas no sólo requiere conocer y comprender conceptos, también es necesario aprender a aplicarlos para resolver problemas, tan variados que la memorización de sus procedimientos de solución resulta inútil, es necesario que cada estudiante ejercite la metacognición y la auto-observación para comprender cómo ocurren sus procesos cognitivos, con el fin de controlarlos mediante la voluntad.

La preocupación por conocer cómo se producen los aprendizajes escolares ha dado lugar a un número considerable de teorías psicopedagógicas, la mayoría centra sus explicaciones en intentar mostrar cómo se aprenden los contenidos de tipo conceptual, por tanto resultan incompletos en el ámbito de la ingeniería, donde necesariamente se debe llegar a la aplicación y la transferencia del conocimiento.

Aunque es innegable el carácter individual y endógeno del aprendizaje escolar de ingeniería, éste no sólo se compone de representaciones personales, sino que se sitúa también en el plano de la actividad social y la experiencia compartida⁴, pues los ingenieros deben resolver problemas complejos, cuya solución se aborda con la perspectiva de distintas disciplinas.

El estudiante construye su conocimiento mediante la mediación con el profesor y con sus compañeros; para aprender nuevas destrezas, de apropiarse de nuevos conceptos, de abordar nuevas situaciones, de lidiar con lo inesperado⁵. Cabe

¹ Piaget, Jean. *La formación del símbolo en el niño*. México: Fondo de cultura económica, 1961.

² Ausubel, David. *Educational psychology: A Cognitive View*. New York: Holt Rinehart and Winston, 1968.

³ Bruner, Jerome S. *Hacia una teoría de la instrucción*. Cuba: Ediciones Revolucionarias, 1972.

⁴ Díaz Barriga F, Hernández Rojas S. "La función mediadora del docente y la intervención educativa" en *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, Capítulo 1, pp. 1-12, 1998.

⁵ Papert, Seymour. *Desafío de la mente*. Buenos Aires: Galápagos, 1995



20 al 30 de abril de 2017

señalar que muchos de los problemas de aprendizaje se originan en el sujeto, por su incapacidad para fijar su atención⁶, para lograr la concentración suficiente en observar algo o para comprender el lenguaje natural⁷, pero trasciende al grupo social y a su desempeño académico a través de sus actitudes.

1 Antecedentes

En este estudio se asumió que la educación es un acto de comunicación, por tanto, regido por procesos de mediación; y que al ser la Matemática un lenguaje natural (como lo define Chomsky⁸), la comunicación es parte de su proceso constructivo de aprendizaje y la mediación se integra a sus recursos cognitivos.

La sociedad de la información, valora como ventaja estratégica la posesión de la misma información y su uso en la solución de problemas⁹, en esta sociedad se genera la necesidad de asegurar la formación continua de nuevas habilidades, destrezas y conocimientos requeridos para dar respuestas actuales y modernas, útiles a la sociedad y necesarias a las personas en su desarrollo laboral.

Las escuelas de ingeniería están influenciadas por esta visión de la sociedad de la información y su dinámica, por tanto el sistema de comunicación que debe ser articulado especialmente para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje se caracteriza básicamente por estar mediado por dispositivos tecnológicos, cuyo manejo debe iniciarse a través de los procesos y la dinámica que ocurre en el aula; donde entran en juego varias funciones que ejercen los distintos actores y que hacen que la comunicación sea más o menos eficiente, en su sentido básico de querer compartir un mensaje.

Los contenidos del mensaje educativo o didáctico dependen de manera estrecha de los sistemas representacionales que se utilizan para su comunicación¹⁰ y su procesamiento, así el desarrollo del lenguaje natural y el

⁶ Campirán, Ariel. "Metacognición" en *Habilidades del pensamiento crítico y creativo: Transversalidad*, colección Hiper-COL. Xalapa, México: Universidad Veracruzana, pp. 43-64, 2000.

⁷ Campirán, Ariel. *Enseñar a Pensar: estrategias didácticas para el desarrollo de las habilidades de pensamiento*. Argentina: Universidad Nacional del Jujuy, 2001.

⁸ Chomsky N. *Lenguaje, sociedad y cognición*. México: Trillas, 1981.

Chomsky, N. *La arquitectura del lenguaje*. Barcelona: Kayrós, 2003.

Chomsky, Noam. *Estructuras sintácticas*. México: siglo XXI, 1974.

⁹ Galindo, Jesús. "De comunicación y ciencia cognitiva" en *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, vol. VI, números 16-17. Colima: Universidad de Colima, 1994, p. 16-17.

¹⁰ Aldana, R. *El discurso en la Ingeniería del Conocimiento: búsqueda e identificación*. Tesis de Maestría en Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana. México, p. 56, 2001.



20 al 30 de abril de 2017

matemático son fundamentales para aprender, y el dominio de este último puede ser una fuente para evaluar el desempeño académico, pues las personas sólo pueden hablar de manera natural de aquello que les resulta familiar¹¹, por tanto, la meta de la educación matemática en ingeniería es que los aprendices evolucionen su lenguaje (como evidencia de su estructura cognitiva) hacia el de los expertos, ya sea autores de textos o docentes.

1.1 La noción del conocimiento.

La educación en ingeniería se ha sustentado, durante muchos años, en el enfoque conductista, además los estudiantes lo conocen porque han aprendido con él siempre, este es el punto de partida (porque es conocido por los estudiantes) para la propuesta de aprendizaje de esta investigación, pues se usa en ciertos momentos la figura del docente-emisor para incorporar al estudiante en la dinámica del modelo, a partir de una situación familiar.

Los conocimientos que un estudiante integra en su estructura cognitiva constituyen más que una simple copia de la información que le presenta el profesor, es una construcción realizada a partir de su experiencia. Estos procesos de construcción llevan al alumno, necesariamente, a la selección de la información que recibe, organizándola de manera que sea significativa para él, para integrarla a su sistema cognitivo o para olvidarla.

La actividad interna que el estudiante realiza cuando aprende ocurre en un contexto social, que incide en los procesos internos que el individuo realiza; de esta manera, a través de su interacción con el medio, el alumno contrasta la nueva información con su representación interna del contenido y la confirma o la modifica.

Se puede afirmar que la aproximación al concepto de aprendizaje en esta propuesta fue: un proceso activo, individual y social, en el cual quien aprende construye conocimientos a partir del establecimiento de relaciones significativas entre las nuevas informaciones y sus conocimientos previos. Así, cuando se aprende se recibe la información que llega desde el exterior y se selecciona, para luego organizarla de manera significativa y, finalmente, integrarla al sistema cognitivo.

1.2 El aprendizaje como proceso constructivo.

Los saberes previos son importantes para el aprendizaje de matemáticas, porque la disciplina está estructurada y el aprendizaje consiste en establecer relaciones entre la nueva información y la previa; apoyando la idea de que el

¹¹ Galindo, J. *Desde la cultura y más allá de la cultura*. Cuadernos de comunicación No. 10. Universidad Autónoma de Colima, México, 1994.



20 al 30 de abril de 2017

aprendizaje es, esencialmente un proceso acumulativo; lo cual implica que los nuevos conocimientos se asocian con los previos, ya sea para confirmarlos, modificarlos o reemplazarlos.

La base de los saberes que la persona posee proviene de dos fuentes sobre las cuales se construyen los nuevos conocimientos una formada por la integración espontánea de elementos cognitivos, perceptivos y emotivos provenientes de diversos contextos de la vida diaria, por ejemplo, la experiencia cotidiana y los conocimientos contruidos de manera intuitiva a partir de su interacción con el entorno, entre otros, y la otra que se ha ido formando a través del proceso de escolarización.

Los conocimientos acumulativos son consecuencia de la enseñanza; pues el alumno no puede eliminar de su memoria de largo plazo los conocimientos contruidos con anterioridad para reemplazarlos por otros de incorporación reciente y presentados por el profesor sin antes realizar una discriminación crítica, antes de que una nueva información tome el lugar de un conocimiento anterior, habrá que hacer más de una acción pedagógica para lograrlo, por ejemplo cuando un estudiante estudia el concepto de límite infinitesimal aflora en él un error conceptual: generaliza su concepto de la división aritmética incluyendo el caso en el que el denominador es cero, asumiendo equivocadamente que cualquier número dividido entre cero es igual a cero, que reemplaza por el concepto, también erróneo, de que cualquier número dividido entre cero es igual a infinito en el caso de los límites; esto último es cierto para los límites, no para la aritmética, pero a los estudiantes les resulta muy difícil comprenderlo, por más que su profesor lo repita; pues para que ocurra un aprendizaje, el estudiante debe darle un significado a ese conocimiento, lo que implica organizarlo de manera tal que tenga un sentido y un valor para él, es decir, el aprendizaje deber ser significativo¹².

Para muchos estudiantes de cálculo diferencial e integral resulta imposible comprender que la división entre cero no está definida, pues cuando aprendió aritmética no se hizo énfasis en el caso especial; por ello, la nueva información no tiene significado, y se almacena en la memoria de corto plazo, por tanto se pierde en el tiempo pues no es generador de nuevo conocimiento, o de su aplicación.

1.3 La comunicación educativa

¹² Aprendizaje significativo: es la teoría acerca del aprendizaje propuesta por Ausubel que plantea que sólo el conocimiento que tiene valor para quien aprende, hace que la información pase de la memoria de corto plazo a la memoria de largo plazo y que pueda relacionarse con otra información que el estudiante considera valiosa y útil.



20 al 30 de abril de 2017

La comunicación educativa debiera dar cuenta de que el conocimiento no es estático y se no se transmite de una persona a otra (como se plantea en el enfoque conductista de la comunicación)¹³, sino que se construye en el marco de una interacción permanente entre los actores que participan del proceso educativo, con un intercambio dinámico entre los roles emisor y receptor¹⁴; además, que tiende a la facilitación de experiencias que permiten la exploración y creación de significación a través de la colaboración; todo ello en un contexto social construido en el micromundo que es la escuela.

Para facilitar el aprendizaje es necesario considerar el aporte de los estudiantes, así como el diálogo que se establece entre profesor y alumno, que se logra a través de la capacidad de influenciar significativamente la calidad del aprendizaje, por parte del primero, y de hacerse responsable por el propio proceso de aprendizaje, por parte del segundo.

1.4 La educación en matemáticas como acto comunicativo.

Consideramos que la educación en matemáticas implica un acto de comunicación que hasta ahora no ha sido tan exitoso como se desea, este es un proceso centrado en la mediación, por tanto, depende de la interpretación que los estudiantes y los docentes realizan y de cómo lo incorporan a su experiencia personal y a su marco cultural, tanto de manera individual como en grupo.

La formación durante toda la vida es un factor estratégico aportado por la educación para alcanzar la competitividad que demanda la vida laboral de los profesionales, en especial de los ingenieros, es la forma de responder hoy en día a las crecientes demandas que la sociedad presente y futura imponen a los profesionales que deberán resolver sus problemas.

La educación matemática en las carreras de ingeniería implica una interacción como base de una construcción, que surge como consecuencia de la forma en que se relacionan los sujetos, el estudiante debe aplicar esquemas mentales interpretativos y procedurales para tomar conciencia de lo que hace, por qué lo hace y cómo lo hace; que determinan el tipo de interacción que establece con los elementos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

2 La función del lenguaje en la didáctica de matemáticas.

Desde los inicios de la década de los ochenta, Rimoldi¹⁵ estudió el papel que tienen las estructuras lógicas y los sistemas simbólicos en la resolución de

¹³ Garrison, D.R. y Anverso, T. *El e-learning en el siglo XXI Investigación y práctica*. Madrid: Octaedro. 1993.

¹⁴ Bandura, A. *Aprendizaje social y formación de la personalidad*. Madrid: Alianza Editorial, 1988.

¹⁵ Rimoldi, H.J. *Solución de problemas: Teoría, metodología y experimentación*. Revista de Psicología General y Aplicada, 39, pp. 75-96, 1984.



20 al 30 de abril de 2017

problemas; así, ha estudiado los efectos de la edad, el sexo, el nivel socioeconómico y la pertenencia a grupos culturales diferentes.

La mayor parte de los estudios señalan, por una parte, la verificación de la hipótesis que establece la relación entre los conceptos de lenguaje y la estructura lógica y, por la otra, que la no resolución de un problema puede deberse a un uso deficiente o al desconocimiento del lenguaje utilizado en el enunciado.

El lenguaje y el sistema de símbolos constituyen el formato básico de información almacenada en la memoria y éste es un conocimiento que permite comprender y representar el problema. Sin control del sistema simbólico es imposible pretender que un individuo opere satisfactoriamente aunque pueda ser capaz de traducir y comprender la estructura subyacente al problema¹⁶.

Moreno¹⁷ observó que la mayor parte de los estudiantes, independientemente de su nivel de escolaridad, resuelven menos problemas cuando éstos se presentan en forma verbal que cuando se presentan en forma matemática y comprobó que en muchas situaciones problema, una de las principales dificultades estriba en transformar el estado inicial, formulado en lenguaje natural, al estado formal en lenguaje matemático. Cabe señalar que una vez obtenida la transformación y si ésta es correcta, el problema está prácticamente resuelto.

Kintsch¹⁸ descubrió en 1987 tres posibles fuentes de error al resolver problemas aritméticos sencillos presentados en forma verbal: 1) mal uso o desconocimiento de estrategias aritméticas, falsas concepciones y fracaso en el procedimiento de conteo, 2) comprensión equivocada del problema, principalmente, por factores lingüísticos, y 3) sobrecarga de elementos en la memoria de corto plazo. Por otro lado, Jitendra y Kameenui¹⁹ examinaron de manera extensiva los patrones de errores cometidos por los estudiantes cuando resuelven problemas de tipo verbal, con el fin de comprender sus procesos de razonamiento y diseñar los procesos de instrucción correspondientes para remediarlos. Éstos van desde errores simples de cálculo, hasta otros más sofisticados derivados de la teoría del análisis de errores en lectura y el procesamiento de la información.

¹⁶ Kintsch, W.. *Learning from text*. Cognition & Instruction, 3, pp. 87-108, 1986.

¹⁷ Moreno, Montserrat. *Ciencia, aprendizaje y comunicación*. Barcelona: Editorial Laia, 2002.

¹⁸ Kintsch, W.. "Understanding word problems: Linguistic factors in problem solving" en M. Nagao (Ed.), *Language and artificial intelligence*. North Holland: Elsevier Science Publisher B.V., 1987.

¹⁹ Jitendra, A.K. y Kameenui, E.J. *Experts' and novices' errors patterns in solving part-whole mathematical word problems*. The Journal of Educational Research, 90, (1), pp. 42-51, 1996.



20 al 30 de abril de 2017

Los errores de cálculo incluyen varias categorías: operación equivocada, algoritmo defectuoso o incompleto, error de agrupamiento, inversión inapropiada, error de identificación, respuesta al azar o error por descuido. Los basados en el análisis de errores en lectura incluyen: errores en comprensión de lectura, ausencia de destrezas en los procesos de codificación, mientras que los errores derivados del procesamiento de información incluyen: dificultades en el lenguaje, representaciones espaciales, conocimiento inadecuado de conceptos y destrezas pre-requisitos, asociaciones incorrectas o aplicación de estrategias irrelevantes.

2.1 Métodos de acceso al conocimiento

Para aprender matemáticas no sólo es necesario contar con un modelo que facilite el acceso a los procesos de construcción y gestión del conocimiento.

Para acceder al conocimiento el estudiante debe construir su propia manera para aprender; actualmente se aceptan dos métodos el colaborativo y el individual, ambos son complementarios entre sí y de cada uno de ellos el aprendiz obtiene elementos de conocimiento para integrarlos a su estructura cognitiva. A continuación se describen ambos métodos de acceso al conocimiento, aunque el individual es el usado en la educación de la ingeniería en México, no sólo en lo que respecta a las matemáticas.

Acceso individual.

El acceso individual a las matemáticas es propio de los sistemas tradicionales de educación donde la lectura y la reflexión individual son las actividades privilegiadas; el estudiante realiza actividades de carácter de interacción individual con los diversos recursos que ofrece el sistema instruccional, tales como exposiciones del docente, documentos, simulaciones, videos, y los métodos, todos están diseñados para promover los procesos de tratamiento de la información; la interacción social que se produce es, generalmente, con fines tutoriales y ocurre principalmente entre tutor y estudiantes.

El acceso individual está más cercano a los enfoques cognoscitivistas del aprendizaje que a otras corrientes teóricas, hace énfasis en el procesamiento de la información que realiza el estudiante y no hay una preocupación especial sobre las interacciones del grupo, aunque esta visión resulta ahora insuficiente para preparar a los estudiantes para el trabajo interdisciplinario. Así, las actividades que se proponen al estudiante tienen como propósito favorecer los procesos internos que permiten seleccionar, organizar, almacenar y recuperar información en el sistema cognitivo.

El estudiante sigue un camino de aprendizaje individual, donde debe ejercer al máximo su autonomía para tomar decisiones acerca de qué, cómo, cuándo y



20 al 30 de abril de 2017

dónde estudiar; el sistema de educación, al mismo tiempo, debe proveer un apoyo tutorial para resolver sus dudas de contenido o metodológicas, así como un soporte motivacional y socioafectivo.

Acceso colaborativo.

La educación tradicional de las matemáticas en ingeniería privilegia el aprendizaje individual, aunque el aprendizaje colaborativo no forma parte de las didácticas tradicionales en ingeniería, se considera pertinente abordar su descripción porque se incorporó al modelo didáctico propuesto, porque ambas didácticas son complementarias entre sí, porque el estudiante debe construir sus propias representaciones para luego exponerlas al grupo y a partir de la experiencia de socialización reconstruir sus representaciones; con cada didáctica el aprendiz obtiene elementos de conocimiento específicos para integrarlos a su estructura cognitiva.

El acceso colaborativo tiene sus raíces en los enfoques sociocognitivistas²⁰ del aprendizaje, en él se propone un proceso activo y centrado en el aprendiz que requiere de un medio ambiente donde éste pueda expresar sus ideas, articular su pensamiento, desarrollar sus propias representaciones, elaborar sus estructuras cognitivas y hacer una validación social de sus conocimientos²¹, que desafortunadamente se encuentra ausente entre los ingenieros, en formación o en ejercicio. Este proceso reconoce tanto la dimensión individual como la social del aprendizaje; ya que el grupo es un componente esencial en el aprendizaje, pues favorece la motivación y contribuye al logro de un objetivo común y compartido, necesario para entrenar a los estudiantes de ingeniería para trabajar en equipos multidisciplinarios.

La colaboración es posible gracias a la comunicación entre los aprendices, la coordinación de sus acciones y al compromiso de cada uno con su grupo; además exige desarrollar de actividades cooperativas como la resolución de problemas; en este caso el rol del profesor es planificar las actividades de tal modo que proporcionen el espacio a la reflexión y trabajo individual, así como a la interacción grupal para la reflexión colectiva de los aprendices.

El aprendizaje colaborativo implica una filosofía de interacción a través de la cual los miembros de un grupo se hacen responsables de sus acciones y de la

²⁰ Díaz Barriga, C. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista. México: Mc Graw-Hill. 1999

²¹ Enerson, Diane M., R. Neill Johnson, Susannah Milner, and Kathryn M. Plank. *The Penn State Teacher II: Learning to Teach, Teaching to learn*. University Park, PA, The Pennsylvania State University, 1997.



20 al 30 de abril de 2017

construcción de sus aprendizajes²², en un marco de respeto por las habilidades y contribuciones individuales de los otros; se comparte la autoridad y entre todos se acepta la responsabilidad que le compete al grupo por su proceder, lo que se orienta a la búsqueda de un consenso que se logra mediante la participación de todos los integrantes.

En su sentido básico la colaboración es la actividad que desarrollan los estudiantes en la sala de clases (virtual o presencial) o fuera de ella a través de la cual, tras las instrucciones del profesor, los estudiantes disponen de una instancia de trabajo individual y grupal e intercambian información, trabajando en una tarea hasta que todos sus integrantes la hayan comprendido y terminado²³, aprendiendo a través de las interrelaciones que establecen con este fin; en este proceso de acercamiento al conocimiento es frecuente que un compañero pueda establecer una mejor comunicación con los estudiantes que el docente, separado de ellos por generación y rol.

Las actividades orientadas a la colaboración se asocian con conceptos que favorecen la expresión de los participantes y sus aprendizajes, el ejercicio de roles asignados por el grupo de manera consentida, la posibilidad de dar y ofrecer ayuda a los pares y ayudarse mutuamente para aprender, promoviendo los valores: cooperación, responsabilidad, comunicación, trabajo en equipo y autoevaluación. Con el enfoque colaborativo se propone al aprendiz un proceso dinámico y reflexivo para la construcción de conocimientos, que pueden ser guiados por principios como los definidos por Henri²⁴:

- La exploración de conocimientos de un dominio para comprender su estructura, más que la asimilación de sus contenidos, donde tanto sus componentes como su estructura son impuestos.
- La realización del aprendizaje en situaciones reales y auténticas.
- La participación activa y sostenida del aprendiz en las interacciones de grupo.
- El desarrollo progresivo de su autonomía y de su capacidad de interactuar de manera eficaz.

²² Johnson, D.W. Johnson, R.T. y Holubec, E.J. *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Barcelona: Paidós. 1999.

²³ Campirán, Ariel. "Critical Thinking y Desarrollo de competencias", en Morado, R. (comp.) *La Razón comunicada*. México: Torres Asociados, UX, UV, TDL. 1999.

²⁴ Henri, F. y Lundgren-Cayrol, K.. *Apprentissage collaboratif et nouvelles technologies*. Montreal: Centre de Recherche LICEF. Traducido por Manuel Juárez Pacheco en Revista Electrónica de Investigación Educativa Vol. 5, No. 2, 2003 ¿Qué tan adecuados son los dispositivos Web para el aprendizaje colaborativo? <http://redie.uabc.mx/contenido/vol5no2/contenido-juarez.pdf> página consultada el 17 de mayo de 2006.



20 al 30 de abril de 2017

- El desarrollo de competencias de alto nivel, tales como el análisis, síntesis, resolución de problemas y evaluación.
- La puesta en práctica de estrategias cognitivas y metacognitivas eficaces para explotar los recursos cognitivos disponibles.
- El compromiso con el grupo y la posibilidad de compartir un objetivo común.
- El apoyo mutuo entre estudiantes.
- La sinergia del grupo para la elaboración de conocimientos complejos, a través de la discusión y la negociación de sentido.

Henri y Lundgren-Cayrol definen el aprendizaje colaborativo como un proceso activo y centrado en el estudiante, que se desarrolla en un medio ambiente donde puede expresar sus ideas, articular su pensamiento, desarrollar sus propias representaciones, elaborar sus estructuras cognitivas y validar socialmente sus nuevos conocimientos. El grupo, componente esencial, pero no único, juega un rol de soporte y de motivación, contribuyendo al logro de un objetivo común y compartido por cada aprendiz.

En el método de aprendizaje colaborativo el estudiante realiza una reflexión individual acerca de los nuevos contenidos propuestos, para luego discutirlos y validarlos con el grupo. Es necesario contar con un diseño pedagógico para proveerle actividades y condiciones que fluctúen entre el trabajo individual (para la interacción entre el estudiante y los contenidos) y el trabajo grupal (para la interacción social donde éste concilie sus propias construcciones con sus pares).

La colaboración no surge de manera espontánea y tampoco es adecuada para cualquier tipo de disciplina o apta para todas las personas, ya que no todos se adaptan a ella como modalidad de trabajo; su correcta implementación requiere una evaluación y un diseño, donde uno de los factores clave corresponde a los recursos dispuestos para ello, como los contenidos que deben ser pertinentes, llamar a la reflexión y fomentar el sentido crítico del estudiante, al que poco están habituados los estudiantes de programas tradicionales de ingeniería.

Cuando sólo trabajan algunos miembros del equipo, la colaboración de todo el equipo no existe, y se puede identificar a quienes trabajaron mediante una entrevista a profundidad, el discurso usado por los estudiantes debe reflejar el conocimiento, si han colaborado para aprender.

El sistema cognitivo de los estudiantes de ingeniería no contiene únicamente *conocimientos estáticos*, tales como: el aprendizaje de fechas, acontecimientos históricos o la definición de un determinado concepto, sino también *conocimientos dinámicos*, es decir, habilidades que le permiten realizar ciertas acciones, como representar y resolver problemas o tomar decisiones.



20 al 30 de abril de 2017

Además de los conocimientos teóricos y habilidades el alumno debe utilizarlos funcionalmente y, para tal efecto, debe desarrollar un conjunto de estrategias conocidas como *cognitivas* y *metacognitivas*, que le permitan realizar las acciones apropiadas en las diversas tareas que desarrolla.

Las *estrategias cognitivas* son aquellas que permiten procesar la información de manera adecuada, es decir, seleccionarla, reordenarla y utilizarla; en tanto, las *estrategias metacognitivas* corresponden al "aprender a aprender", es decir, aquellas que posibilitan la administración del proceso de manera autónoma y eficiente; ambas estrategias se han incorporado en este modelo propuesto.

3. El lenguaje en el aprendizaje de matemáticas

El lenguaje es la herramienta que posibilita a un sujeto cobrar conciencia de sí mismo y ejercitar el control voluntario de las acciones, así como hacer explícitas sus ideas y conocer las de otras personas. El dominio del lenguaje determina el fin de la imitación de conductas como medio exclusivo de aprendizaje²⁵; que deja de ser el resultado de la reacción al ambiente, su uso implica la conciencia y la voluntad propias.

El lenguaje es la forma primaria de interacción entre los adultos, es la herramienta psicológica con la que el individuo se apropia de la riqueza del conocimiento²⁶; el uso del lenguaje es un proceso mental que permite hacer explícitas las ideas y compartirlas con los colegas; por tanto su desarrollo puede ser una buena medida del aprendizaje basada en los logros²⁷.

Según Bruner²⁸, tanto las cogniciones como los contextos son cruciales para el desarrollo del lenguaje, que tiene la función de herramienta de comunicación en el ámbito de la solución de problemas; de ahí la importancia de incluir el modo de aprendizaje colaborativo que favorezca el desarrollo del lenguaje en este modelo.

La mediación.

La mediación es un fenómeno que ocurre a nivel individual y a nivel colectivo y que consiste en interpretar hechos para darles significado en un marco de referencia, mediante la cultura (entendida como sistema colectivo de símbolos)

²⁵ Piaget, Jean, *La formación del símbolo en el niño*, México: Fondo de cultura económico, p. 381, 1961.

²⁶ Chomsky, Noam. *Estructuras sintácticas*. México: Siglo XXI, 1974.

²⁷ Aldana, R. "El discurso en la Ingeniería del conocimiento: Búsqueda e Identificación". Tesis para obtener el grado de Maestra en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana. México, 2001.

²⁸ Bruner, Jerome S. *Actual Minds, Possible Worlds*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1986.



20 al 30 de abril de 2017

y la experiencia personal, a esto se conoce como la teoría social de la mediación²⁹.

Los mediadores pueden ser sistemas, grupos o individuos que comparten una característica: son modelos de integración, de acuerdo a Martín Serrano. Desde el punto de vista cognitivo, la mediación equivaldría al sistema de reglas y de operaciones aplicadas a cualquier conjunto de hechos, o de cosas pertenecientes a planos heterogéneos de la realidad, para introducir un orden; por ejemplo el álgebra simbólica es un sistema mediador para el cálculo diferencial e integral, las ecuaciones diferenciales, los métodos numéricos y la física, por mencionar algunos.

Las matemáticas y la lógica son disciplinas deductivas³⁰, que requieren de un proceso constructivo y apoyado en la mediación para aprenderlas, ahí la experiencia se limita a la formación de puntos de partida. En matemática la verdad no es absoluta, sino relativa a un sistema de referencia, en el sentido que una proposición que es válida en una teoría puede dejar de ser lógicamente verdadera en otra teoría.

Las etapas de desarrollo cognoscitivo denotan una continuidad en el pensamiento que se refleja en el lenguaje de los sujetos³¹; estas etapas son acumulativas; conforme ocurre la adaptación, de cada tipo de pensamiento se incorpora e integra a la etapa siguiente³², que se hacen evidentes a través del lenguaje.

El rol del profesor de matemáticas implica la responsabilidad de comprender el contenido de la clase a un nivel de lenguaje tal que facilite el tránsito de la experiencia concreta a la abstracción; es decir, las actividades de aprendizaje deben permitir que el estudiante analice la realidad desde un plano complejo, pero cuidando que el nivel de complejidad no sea tan alto que el alumno no pueda acceder al conocimiento o se desmotive al percibirlo como muy difícil³³; el lenguaje es la herramienta fundamental para hacer explícitos los pensamientos de los profesores y sus alumnos.

²⁹ Martín Serrano, Manuel. *La mediación social*, Madrid: Akal, p. 162, segunda edición, 1978.

³⁰ Russell B. "Mathematical Logic as Based on the Theory of Types," *American Journal of Mathematics*, 30, 222-262, 1908. Repr. in Russell, Bertrand, *Logic and Knowledge*, London: Allen and Unwin, pp. 59-102, 1956.

³¹ Chomsky N. *Lenguaje, sociedad y cognición*. México: Trillas, p.110, 1981.

³² Almaguer Salazar, Teresa E. *El desarrollo del alumno, características y estilos de aprendizaje*. México: Trillas, quinta reimpresión, p. 26, 2003.

³³ Idem.



20 al 30 de abril de 2017

Se puede entender todo en las matemáticas y en la física si se explica bien³⁴, si se usa el sistema de mediación adecuado entre el conocimiento de su nivel experto y el del nivel de sus alumnos o aprendices; así enseñar es intentar deliberadamente cambiar el significado de la experiencia de los alumnos y éstos deben comprender el significado antes de que intencionalmente aprendan algo nuevo³⁵, porque las representaciones verbales constituyen un tipo nuevo que sobrepasa las posibilidades de la representación imitativa en forma de los conceptos³⁶.

El acto de educar implica interacciones complejas que involucran aspectos simbólicos, afectivos, comunicativos, sociales y de valores; al respecto, Einstein³⁷ decía que “el arte más importante del maestro es saber despertar en sus educandos la alegría de crear y de conocer”, pero con frecuencia los estudiantes reconocen la calidad disciplinaria de un docente y lamentan su falta de habilidad para comunicarse con ellos y compartir su experiencia.

Según Díaz Barriga³⁸, un profesional de la docencia debe ser capaz de ayudar a otros a aprender, pensar, sentir, actuar y desarrollarse como personas. El profesor Puig Adam³⁹ propuso un decálogo para el profesor de matemáticas para apoyar el aprendizaje de la disciplina, que es aplicable a las carreras de ingeniería:

1. No adoptar una didáctica rígida, sino amoldarla en cada paso al alumno, observándole constantemente.
2. No olvidar el origen concreto de las matemáticas, ni los procesos históricos de su evolución.
3. Presentar las matemáticas como una unidad en relación con la vida natural y social.
4. Guardar cuidadosamente los planos de abstracción, usando la enseñanza expositiva y por descubrimiento.
5. Enseñar guiando la actividad creadora y descubridora del mundo.

³⁴ Esperón Villavicencio Arturo. “Einstein, un visionario en educación”, Trabajo presentado en Penn State (Pensilvania, USA) en curso a distancia, mayo de 1995, p. 3.

³⁵ González, F. y Novak, J. *Aprendizaje significativo, técnicas y aplicaciones*. Buenos Aires: Cincel, 1993, pp. 56.

³⁶ Piaget, Jean, *La formación del símbolo en el niño*, México: Fondo de cultura económico, p. 381, 1961.

³⁷ Archivos de Einstein: <http://www.alberteinstein.info/db/> consultada el 5 de junio de 2016.

³⁸ Díaz Barriga, F. “Formación docente y educación basada en competencias” en *Formación en competencias y certificación profesional*. Pensamiento universitario. No. 91. CESU-UNAM. 2000.

³⁹ Puig Adam, Pedro. “Decálogo de la Didáctica Matemática Media” en *Gaceta Matemática*, primera serie, tomo VII, núm. 5-6. España, 1954. Ver: http://leo.worldonline.es/frmartin/pagina_de_pedro_puig_adam.htm



20 al 30 de abril de 2017

6. Estimular la actividad creadora, despertando el interés directo y funcional hacia el objeto de conocimiento.
7. Proveer lo posible la autocorrección.
8. Conseguir una cierta maestría en las soluciones antes de automatizarlas.
9. Cuidar que la expresión del alumno sea traducción fiel de su pensamiento.
10. Procurar que todos los alumnos tengan éxitos que eviten su desaliento.

4. El modelo propuesto

Este modelo ha sido el resultado de retomar las ideas acerca del conductismo de Pavlov⁴⁰ y el condicionamiento de Skinner⁴¹ presentes en la educación tradicional de matemáticas en ingeniería, que corresponden a un modelo bancario de la educación, pero que es familiar para los estudiantes y se usó aquí como estrategia de sensibilización para transitar del modelo conocido al propuesto, además se integraron en la propuesta el estructuralismo genético y el constructivismo de Piaget^{42 y 43}, el aprendizaje significativo de Ausubel⁴⁴, la estrategia didáctica “aprender haciendo” de Bruner⁴⁵, la analogía entre el funcionamiento del cerebro y la computadora como proceso algorítmico de la solución de problemas de Anderson⁴⁶, la estructura del lenguaje de Chomsky⁴⁷, para conformar las estrategias didácticas, la comprensión ordenada del lenguaje de Campirán⁴⁸, el discurso experto de Aldana y Negrete-Martínez⁴⁹, para evaluar el aprendizaje de los estudiantes; todo esto bajo el marco de la educación como un acto de comunicación unificador de conocimientos, habilidades y actitudes.

El modelo está articulado en 3 fases temporales que se desarrollan de manera secuencial: diagnóstica o inicial, desarrollo o media y evaluación o final, articuladas como se muestra en la figura 1.

El método se ha organizado en tres etapas históricas: inicial, media y final. En la etapa inicial (aproximadamente las dos primeras semanas del curso) es importante que el estudiante conozca con toda claridad cuál es el objetivo del

⁴⁰ Pavlov, IP. *Lectures on Conditioned Reflexes*, 1926 en

<http://www.geocities.com/fdocc/pavlov.htm>

⁴¹ Skinner, B.F. 1997. MSN en <http://www.ship.edu/~cgboeree/skinner.html>

⁴² Piaget, J. y Gathegno, C. *La enseñanza de la matemática*. Madrid: Aguilar, 1968.

⁴³ Piaget, J. *Psicología y pedagogía*, México: Ariel, 1989.

⁴⁴ Ausubel, David Paul, *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, México: Trillas, 1983.

⁴⁵ Bruner, J. *En busca de la mente*. México: Fondo de cultura económico, 1985.

⁴⁶ Anderson, J.R., *The Adaptive Character of Thought*, Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Assoc, 1990.

⁴⁷ Chomsky N. *Lenguaje, sociedad y cognición*. México: Trillas, p. 71, 1981.

⁴⁸ Campirán, Ariel. *Habilidades del pensamiento crítico y creativo*. México: Universidad Veracruzana, 2000.

⁴⁹ Aldana, R. El discurso en la Ingeniería del Conocimiento: búsqueda e identificación. Tesis de Maestría en Inteligencia Artificial. Universidad Veracruzana. México, 2001.



20 al 30 de abril de 2017

curso, qué se espera de él y cómo se evaluará su desempeño; mientras que el docente deberá conocer a sus estudiantes en tanto sujetos cognitivos: antecedentes académicos en matemáticas, su estilo de aprendizaje y su grado de comprensión del lenguaje natural, para que el docente pueda elaborar estrategias didácticas y comunicativas, que propicien ambientes de aprendizaje adecuados a sus alumnos, al mismo tiempo, deberá compartir con sus estudiantes este conocimiento, haciendo hincapié en la importancia del conocimiento de las fortalezas para aprovecharlas en el ámbito académico del curso.

La etapa media abarca la mayoría del curso, durante ella se realiza una evaluación continua de los estudiantes, basados en el grado de dominio del lenguaje experto (tanto oral como escrito), la consecución de los objetivos parciales planteados (conocer, comprender y aplicar) y la transferencia e integración de los saberes a la resolución de problemas.

La etapa final abarca la últimas tres semanas del curso, en este punto los aprendices y su profesor saben si han desarrollado las competencias necesarias para aprobar el curso, se propone la implementación de un curso remedial para propiciar en alumnos rezagados la identificación de la necesidad de completar su proceso antes de la evaluación final. Las tres etapas del método referidas son parte de un proceso algorítmico, por tanto, es difícil alterar su secuencia sin afectar el resultado.



20 al 30 de abril de 2017

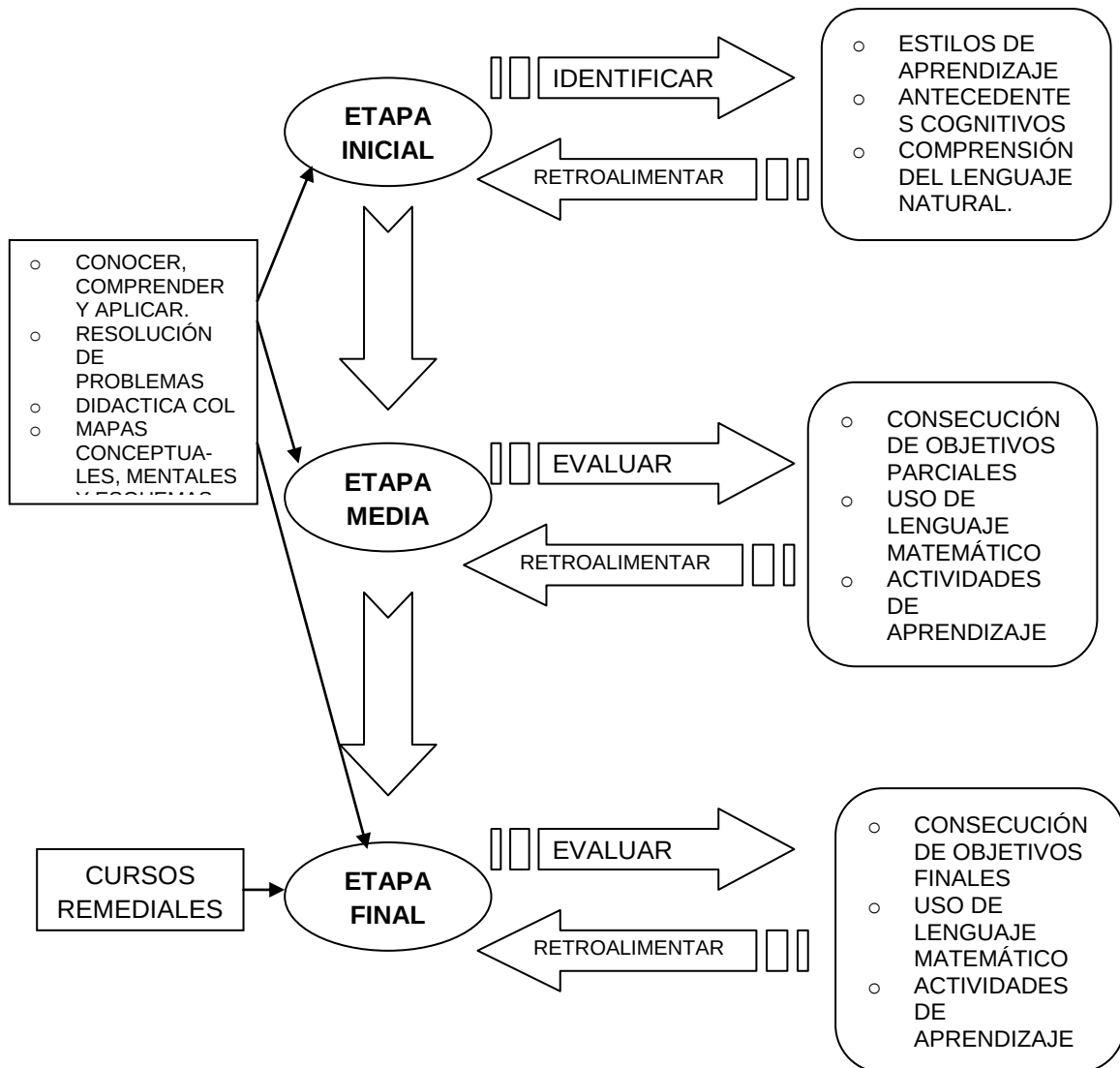


Figura 1. Esquema de las etapas del método propuesto para evaluar el aprendizaje de matemáticas con base en el lenguaje experto.



20 al 30 de abril de 2017

LOS AUTORES



Rosario Aldana Franco es Ingeniero Mecánico Electricista, Maestra en Inteligencia Artificial y Doctora en Neuroetología por la Universidad Veracruzana, Doctorada en Educación por el Instituto Veracruzano de Educación Superior. Realiza investigación en el modelamiento de sistemas complejos, en el área de neurociencias, el desarrollo de sistemas inteligentes para apoyo de diagnóstico médico y el aprendizaje de matemáticas. Es académico de carrera de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana.

e-mail: raldana@uv.mx



Fernando Aldana Franco es Ingeniero en Instrumentación Electrónica, con Maestría en Inteligencia Artificial, por la Universidad Veracruzana. Su trabajo de investigación está en la robótica evolutiva, robótica situada e instrumentación electrónica. Actualmente es Doctorante de Inteligencia Artificial en la Universidad Veracruzana y Profesor de asignatura en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana.

e-mail: faldana@uv.mx



Ervin Jesús Álvarez Sánchez, es Ingeniero Mecánico Electricista por la Universidad Veracruzana Campus Xalapa, Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias, ambos con especialidad en Ingeniería Eléctrica opción Mecatrónica, por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN. Realizó un posdoctorado en Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en el área de control de sistemas actuados y subactuados. Actualmente desarrolla líneas de investigación en el área de Mecatrónica y Control, así como en Sismología. Es académico de carrera de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería



20 al 30 de abril de 2017

Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana.

e-mail: ealvarez@uv.mx



Andrés López Velázquez es Ingeniero Industrial Mecánico y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Veracruz. Doctor en Ciencias Técnicas en Ingeniería Mecánica por la Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Santa Clara, Cuba. Realiza investigación en el área de Tribología y degradación de materiales, desarrollo de tecnología tribológica para ensayos tribológicos. Es académico de carrera de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Veracruzana.

e-mail: andlopez@uv.mx