

MÉTODO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y CREATIVIDAD EN LA ENSEÑANZA DE INGENIERÍA

Edilberto Guevara Pérez

Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de Carabobo. Bárbula, Valencia. Venezuela

Teléfono (58-241)8672829, Fax (58-241)8671655, E.Mail: eguevara@thor.uc.edu.ve

Resumen

Este trabajo proporciona al docente joven herramientas para aprender cómo enseñar ingeniería, ayudándole efectiva y eficientemente en su actividad docente y en su desarrollo académico. La educación en ingeniería se orienta fuertemente a la solución de problemas; pero muchos docentes sólo enseñan contenidos y esperan que los estudiantes resuelvan problemas automáticamente. Muchas Escuelas de Ingeniería enseñan rutinas y diagnósticos solamente descuidan la enseñanza de estrategias, generación de alternativas e interpretación. En este artículo se discute aplicación de dichos aspectos, incluyendo creatividad. Constituye parte de estudios más amplios que el autor desarrolla sobre el tema.

Abstract.- This paper provides young professors with tools to learn how to teach engineering helping them to develop effectively and efficiently their task and their academic development. Engineering education focuses heavily i problem solving, but many professors teach content only and expect students to solve problems automatically. Ma, engineering schools teach routines and diagnosis; students are not proficient at strategy, interpretation and generation. These areas of the problem solving taxonomy will be discussed in this paper including a little of creativity. The results presented here are part of a wider investigations that the author is doing on the subject.

PALABRAS CLAVES: Enseñanza, curriculum, técnicas, aprendizaje, educación.

KEY-WORDS Teaching, curricula, technics, learning, education

INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería se centra fuertemente en la solución de problemas, pero muchos docentes se limitan a enseñar contenidos y esperan que los estudiantes resuelvan problemas por su cuenta sin haberles mostrado el proceso. Es necesario incluir en las clases discusiones sobre los métodos para la solución de problemas.

La mayoría de las escuelas de ingeniería son muy buenas en la enseñanza de rutinas y diagnósticos; los estudiantes se especializan en ello porque son parte de ese esquema. Las fallas están en análisis de estrategias, interpretación y generación de alternativas. Mediante este documento se pretende aportar a la corrección de las mencionadas deficiencias centrando atención en dichos aspectos del proceso de solución problemas.

TAXONOMÍA DE LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La solución de problemas en ingeniería se da es necesario incluir en las clases discusiones sobre los métodos cinco niveles taxonómicos siguientes:

- 1 . Rutinas: Son operaciones o algoritmos que se pueden ejecutar sin necesidad de tomar decisiones, como la resolución de expresiones matemáticas. Se consideran como problemas de un nivel de aplicación directa (plug and chug).
2. Diagnosis: Es la selección del procedimiento correcto para usar una rutina, tal como la escogencia de una fórmula entre varias disponibles para determinar la solución a un determinado problema.
3. Estrategia: Es la selección de rutinas y el orden en que deben aplicarse para solucionar un problema. Forma parte del Análisis y Evaluación de la taxonomía de Bloom et al. (1956).
4. Interpretación. Es la solución de un problema en el mundo real. Incluye acepciones e interpretaciones que transforman los datos naturales a formas útiles.
5. Generación. Es el desarrollo de rutinas nuevas para el usuario. Incluye el rearrreglo de rutinas conocidas en un nuevo marco o patrón.

PROCESO DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La solución de problemas es un proceso complejo. Los psicólogos cognitivos están de acuerdo en que existen destrezas generales para la solución de problemas, pero también lo están en el hecho de que el proceso es muy dependiente del conocimiento mínimo requerido para encontrar la solución. De acuerdo con el tipo de problema que se confronta, dicho proceso se clasifica en tres esquemas: 1) Un esquema basado en el grado de definición del problema, relacionado estrechamente con la estrategia requerida; 2) Estrategias relativamente bien estructuradas para problemas bien definidos; y 3) Problemas deficientemente estructurados o pobremente definidos que requieren un enfoque concentrado en su determinación y en las metas. Para problemas con grados intermedios de definición se pueden aplicar estrategias de pasos múltiples.

Análisis y Síntesis forman parte de la taxonomía de Bloom, mientras que Generalización rara vez se incluye como componente de la taxonomía de la solución de problemas. Simplificación se usa cuando se desea llegar a una solución rápida. Creatividad es un elemento muy estudiado pero poco entendido. Toma de decisiones es parte integrante del proceso de solución de problemas.

EL FACTOR EXPERIENCIA EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Un experto puede almacenar en el cerebro durante un período de 10 años una masa de más de 50 mil patrones de conocimiento especializado fácilmente accesible, conectados de algún modo. Raras veces almacena hechos aislados. Por ello, los estudiantes necesitan ejercitar para desarrollar árboles o redes de interconexión del conocimiento. No puede pretenderse que durante su formación académica de unos cinco años el estudiante de ingeniería se convierta en un experto. Sin embargo, es razonable formar profesionales capaces de resolver problemas desde el inicio de su actividad profesional, capaces de convertirse en expertos con unos cuantos años de experiencia. Hay diferencias en el modo de cómo resuelven los problemas los expertos y los novatos. En la Tabla 1 se dan esas diferencias. Observando esas diferencias los educadores de ingeniería pueden encontrar áreas en las cuales deberían centrar su atención para mejorar la habilidad de sus estudiantes. En la categoría de prerrequisitos, debería motivarse a los estudiantes para aprender los aspectos fundamentales y desarrollar procedimientos detallados. El conocimiento debe estructurarse de modo tal de agruparlos en patrones en vez de hechos aislados. Al trabajar con problemas los estudiantes deben practicar definiciones, formulación, gráficas de diagramas, interpretación, análisis (descomposición del problema en sus componentes) y exploración. Luego que conocen una estrategia, deben monitorear su proceso; conocer procedimientos para salir de las trabas. Deben comprobar sus resultados y evaluarlos sobre la base de criterios internos y externos. Si han cometido errores deben aprender de ellos y permanecer activos y precisos.

ESTRATEGIAS PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Cualquiera que sea la estrategia seleccionada, debe usarse en forma consistente. Algunos expertos recomiendan usar estrategias de 4 a 15 etapas. Menos de 4 probablemente resulta muy corta con deficiencia en los detalles; más de 15, resulta muy larga, engorrosa y difícil de recordar y usar. Aquí se recomienda usar una estrategia de un paso inicial centrado en la motivación y 6 pasos operacionales: 0) Motivación; 1) Definición; 2) Exploración; 3) Plan; 4) Desarrollo; 5) Verificación; y 6) Generalización. En la industria el proceso de solución de problemas también se lleva a cabo en seis pasos: Identificación, Análisis, Generación de Alternativas, Selección de Alternativas, Implementación y Control. A continuación vamos a describir brevemente en qué consiste cada etapa:

0. Motivación. Debido a la carga negativa que produce la ansiedad de un principiante, es necesario trabajar sobre la auto confianza del estudiante y practicar algunos ejercicios simples de relajación o de control del estrés.

1. Definición. Listar las variables conocidas / desconocidas; dibujar un diagrama mostrando las relaciones fundamentales; definir claramente los criterios y restricciones.

2. Exploración. Es la fase de pensar acerca del problema o ponderar. El experto hace preguntas exploratorias a la audiencia sobre todas las dimensiones del problema. Si se trata de un problema rutina, su solución será directa e inmediata; si no lo es, analizará el problema descomponiéndolo en partes, muchas de las cuales podrán ser rutinas. Buscará la solución alterna para las otras partes.

3. Plan. Se usa la lógica formal para establecer las fases del problema. En problemas de muchas fases podría usarse un diagrama de flujo. Las ecuaciones pueden escribirse y resolverse literalmente.

Tabla 1. Comparación de las acciones de un novato y un experto en la solución de problemas.

CARACTERISTICA	NOVATO	EXPERTO
Memoria	pequeños trozos, pocos elementos.	En masa o patrones. Unos 50 mil elementos
Actitud	Se rinde después del primer intento. Ansioso.	Puede lograrlo si persiste. Confianza
Categorización	Detalles superficiales	Fundamentos.
Formulación	Dificultad en la redescrípción. Salta a conclusiones. Lento e impreciso.	Muchas técnicas de redescrípción. Rápido y preciso. Toma tiempo redefiniendo. Redefine varias veces
Problemas bien definidos Simple	Lento. Trabaja hacia atrás	4 veces más rápido. Trabaja hacia adelante con procedimientos conocidos
Estrategia	Prueba y error	Usa una estrategia
Información	No conoce lo relevante. No puede inferir de datos incompletos.	Reconoce información relevante. Puede trazar inferencias.
Partes (problema más difícil)	No analiza en sus partes	Analiza. Procede en etapas. Busca patrones
Después del primer paso (en problemas difíciles)	Trata de calcular (fase de hacer)	Define y traza. Diagrama. Explora
Diagramación	Frecuentemente no	Tiempo considerable. Principios abstractos. Muestra movimientos.
Límites	No calcula límites.	Calcula para llegar más rápido a la solución
Ecuaciones	Memoriza o busca en cada circunstancia.	Utiliza relaciones fundamentales para derivar resultados requeridos

Tabla 1. Continuación.

Procedimientos de solución	No compilados. Decide cómo resolver después de escribir la ecuación.	Procedimientos compilados. Ecuación y solución son procedimientos singulares
Monitoreo del progreso	No lo hace	Sigue el desarrollo del proceso. Comprobación V.S. Estrategia
Evaluación de resultados si se trava.	No lo hace. Adivina. Abandona	Usa heurismos. Persevera. Tormenta de ideas
Precisión	No interesado. No comprueba.	Muy preciso.
Errores o falla en la solución.	Lo ignora	Aprende lo que ha debido hacer. Desarrolla nuevos métodos.
Acciones	Se sienta y piensa. Inactivo. Abandona.	Usa papel y lápiz. Muy activo. Diagrama. Escribe ecuaciones. Flujo de patrones. Subvocalización (se habla a sí mismo).
Decisiones	No entiende el proceso. Criterio no claro.	Entiende el proceso de Criterio decisiones. Criterio claro

4. Desarrollo. Calcula la respuesta. Es el paso que los novatos desean hacer de primero. Incluso, la mayoría de profesionales con ciertas habilidades combina los pasos 3 y 4 y no desarrolla soluciones simbólicas. Contemplar ambos pasos separadamente permite verificar y generalizar más fácilmente.

5. Verificación. Este paso debería ser un paso automático de la solución de problemas. Se requiere una comprobación interna de ecuaciones y números utilizados y una evaluación con criterios externos. En ambos casos se debe usar el sentido común. 6. Generalización. Esta fase es casi siempre obviada por los estudiantes, a menos que se les instruya expresamente. La idea es definir lo que se ha aprendido y la posibilidad de simplificar el proceso en el futuro para hacerlo más eficiente. Por ejemplo, ¿se puede desprestigiar algún término sin afectar sensiblemente el resultado?. ¿Existen tendencias lineales que puedan expresarse con menos puntos y cálculos?. Encontrar las retroalimentaciones para la solución de otros problemas.

ARRANQUE Y DESENTRABAMIENTO

Una estrategia se torna inútil si no muestra cómo arrancar y cómo salir de los atolladeros. Los novatos tienden a abandonar o a realizar estimaciones groseras; mientras que los expertos reinician la fase de definición y utilizan heurismos. El docente debe usar eslogans motivadores (ganadores nunca abandonan, los que abandonan nunca ganan); animar a sus estudiantes para que reinicien su estrategia (releer la formulación y verificar los números); y sugerir la identificación de sus dificultades con el problema. Luego de ubicar los obstáculos, es más fácil bordearlos; y si aún hay dificultades se pueden usar los heurismos. A continuación se lista una variedad de heurismos, de entre los cuales se puede escoger los que mejor se adapten a cada situación:

- Simplificar el problema y resolver casos límites
- Observar que el problema no esté sub o sobre dimensionado
- Relacionar el problema con otros similares cuya solución se conoce. Usar analogías
- Generalizar el problema

- Tratar de sustituir los cálculos analíticos por cálculos numéricos
- Tratar de resolver el problema para relaciones o proporciones
- Analizar los hechos y definir si realmente se trata de un problema
- Cambiar la representación del problema
- Hacer preguntas acerca del problema
- Concentrarse en las partes resolubles del problema
- Cuando se trabaja en grupos ser un buen oyente y mantener la armonía
- Usar el procedimiento MMI (más- menos-interés) cuando se presentan las soluciones
- Utilizar una estrategia de escaneo mixta
- Alternar el trabajo hacia adelante y hacia atrás
- Tomar un descanso y reiniciar el proceso con mayor energía
- Preguntarse sobre las acepciones ocultas o aquellas que no se han tomado en cuenta
- Aplicar una estrategia de control. Usar el código del periodista:
¿Qué?; ¿por qué?; ¿cómo?; ¿cuándo?
- Reenfocar el problema en lo fundamental
- Estimar (adivinar) la solución y comprobar la respuesta
- Solicitar un poco de ayuda

Antes de concluir esta sección vamos a considerar las seis categorías de bloques usados por Adams (1978): 1) Perceptual: dificultades en la percepción del problema; 2) Cultural: tendencia cultural versus pensamiento convergente versus pensamiento lateral creativo divergente; 3) Ambiental; 4) Emocional; 5) Intelectual: falta de conocimiento; y 6) Expresivo.

ENSEÑANZA DEL MÉTODO SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Hay muchas investigaciones orientadas al modo de cómo mejorar la habilidad de los estudiantes para la solución de problemas. Algunos investigadores recomiendan la adopción de cursos separados sobre la materia. Sin embargo, dado que se requiere conocimiento específico sobre el problema por resolver es más conveniente incluir el tema en los programas de los cursos existentes. En los niveles bajos de los estudios de ingeniería la solución de problemas requiere de habilidades relacionadas con manipulaciones algebraicas. Luego es un requisito fundamental un dominio de esa asignatura. Pero las técnicas de solución de problemas deben enseñarse a lo largo de toda la carrera universitaria, incluyendo heurismos y trucos claves. Lo ideal es utilizar la misma estrategia en todas las clases de ciencias e ingeniería y en los libros de texto. Cuando se resuelve un problema, ya sea en clase o en las notas de clase, debe ilustrarse la estrategia. Luego instruir al estudiante para que utilice la misma estrategia en los trabajos encargados, en los proyectos y en las pruebas presenciales. Los ejemplos ilustrativos constituyen importantes instrumentos de aprendizaje.

De acuerdo con la técnica de aprender haciendo, los estudiantes necesitan resolver problemas, más complejos que simples rutinas, para saber cómo hacerlo. Con los principiantes se debe usar una estructura más regular que se inicie con trabajos encargados y continúe con las pruebas presenciales motivándoles para que elaboren sus propias notas laterales diagramas de flujo. Antes de trabajar con cantidades numéricas debe usarse soluciones algebraicas simbólicas, cuidando escribir todo el procedimiento de los cálculos. Es recomendable, utilizar una combinación de análisis, síntesis y evaluación problemas. Los problemas encargados deben ser de mayor grado de dificultad que las pruebas presenciales. Los problemas tipo abierto requieren de una síntesis. Hay que tener en cuenta que con frecuencia, los estudiantes que son buenos en la solución de problemas no lo son en la solución de rutinas (principio de Peter).

Cubrir separadamente todas las fases de la estrategia seleccionada. Revisar si hay errores cuando se busca precisión; en dado caso, haga repetir el proceso. Trate de presentar algunos problemas ambiguos en las

prácticas de interpretación. Exija estimación de algunas constantes físicas y esté preparado para una variedad de soluciones. Presente casos reales donde no una definición clara del problema.

Haga verbalizar el problema en clase utilizando dinámica de grupos; divida la clase en pares. Designe a uno de los miembros de cada par para que resuelva el problema verbalizando su procedimiento, mientras que el otro registra todo lo que hace su compañero. Si el procedimiento no está claro, el registrador inquirirá sobre las razones del proceder puede llamar la atención sobre errores algebraicos y numéricos pero no debe resolver el problema ni conducir a su pareja hacia la solución. Explique el rol que deben jugar los pares y entre la formulación escrita del problema animándoles que lean voz alta. Visite a los grupos mientras resuelven el problema. Una vez concluida la solución (correcta o incorrecta), instruya a los pares que discutan lo que han hecho recordándoles que propósito es aprender a resolver problemas y no la resolución en sí misma.

Para que el procedimiento expuesto sea efectivo debe usarse varias veces durante el semestre. Es aplicable en clases relativamente numerosas. El método mantiene a los participantes activos y simultáneamente les enseña, tanto contenido, como el modo de resolver problemas. Constituye una buena forma de descanso dentro de sesiones excesivas de clases teóricas. El docente también aprende mediante este método verbalización.

Otra forma de enseñar resolución de problemas, tanto al nivel individual, como en grupos, es mediante el uso de métodos instruccionales, como simulación, estudio de casos, diseño dirigido y discusión, que confronten al estudiante con problemas de ingeniería del mundo real (o por lo menos realistas). Los estudiantes deben ayudar a definir el problema luego trabajar en el desarrollo de una solución. Presione por evaluación de la solución y por la búsqueda de otra mejor. Una vez concluido el desarrollo, ayude a describir el proceso de modo que los propios estudiantes descubran el método que han utilizado.

El trabajo en grupos se adapta para la enseñanza de solución de problemas porque reduce enormemente la ansiedad que sienten los estudiantes cuando confrontan individualmente un problema, sobre todo si la solución no está en un solo individuo. Los extrovertidos y sensibles a la exposición se beneficiarán del soporte del grupo.

A través de la verbalización se logra una buena retroalimentación. Los grupos constituyen una excelente herramienta para la interpretación del problema y para la exploración mediante una tormenta de ideas. Para el docente es más fácil trabajar con grupos de 3 a 5 estudiantes en vez de tratarlos individualmente, ya que las preguntas se reducen en la misma proporción. Además el graduado probablemente tenga que trabajar en grupos en su vida profesional y sus prácticas de pregrado le sirven como una experiencia transicional.

Ya sea que se trabaje en grupos o individualmente, la meta no es lo que los estudiantes desean en primera línea (la solución), sino enseñarles para que encuentren una solución y que mejoren sus habilidades en el proceso de solución de problemas. Para ello requieren de un estímulo para que verbalicen los problemas y rehúsen abandonar prematuramente. El docente debe evaluar la base de conocimientos y su estructura jerárquica y centrar su actividad en métodos de resolución de problemas. Así, si los estudiantes llegan a un estancamiento, se puede interrogar sobre los heurísticos usados o que pueden usar. Si la traba se debe al uso de un procedimiento incorrecto, haga ver dónde está el error, pero no muestre el procedimiento correcto, deje que lo descubran por sí mismos. El diseño guiado requiere que la solución se desarrolle a priori, de tal modo que los estudiantes puedan ser conducidos a lo largo de todas las fases del proceso. Normalmente el docente no dispone de mucho tiempo para describir detalladamente el proceso, pero vale la pena hacer ese esfuerzo en bien de la mejora del nivel general de la clase.

CREATIVIDAD

La creatividad es un modo novedoso e inesperado de definir o resolver un problema, en tal forma que induce a la pregunta ¿cómo se le ocurrió eso?. La creatividad forma parte del proceso de solución de problemas, aunque muchas soluciones exitosas no muestran creatividad. La creatividad requiere de un pensamiento divergente presente en las fases definición y exploración. Durante el plan la idea creativa debe ser probada en su validez mediante un análisis lógico. Siendo la ingeniería un arte y una ciencia, su bondad depende de un poco de imaginación y de un profundo cuidado analítico (Florman, 1987).

Las habilidades creativas nacen con el individuo, se incrementan en la escuela elemental en los primeros ocho años de edad y luego decrecen gradualmente con la formación de segunda y tercera enseñanza (Hueter, 1990). Así, los ingenieros se encuentran en una situación paradójica; la educación que le brinda la capacidad de análisis para resolver problemas complejos, es la misma que le quita parte de su creatividad. Sin embargo, con actitudes positivas y ejercitación adecuada en las clases, los estudiantes pueden incrementar su nivel de creatividad. La labor docente consiste en naturalizar la habilidad creativa latente que se encuentra en cada estudiante y evitar su declinación. Para ello considere los siguientes aspectos:

1. Estimule a los estudiantes a ser creativos. El individuo es más creativo cuando se le pide que lo sea; luego un primer paso consiste en requerir la producción de múltiples soluciones a través de enunciados como desarrolle alguna solución creativa para este problema; proporcione diferentes modos de interpretar la formulación de este problema; dé una lista de 20 o más posibles soluciones al problema, etc. De la extensa lista de soluciones se pueden desarrollar dos o tres solamente. Otro ejemplo, aplicable a cualquier clase, es requerir que el estudiante escriba un trabajo encargado o pruebe con preguntas y respuestas. El nivel de creatividad aumenta cuando la calificación se basa en lo novedoso de las preguntas y respuestas.
2. Enseñe algunos métodos de creatividad. Las técnicas para incrementar la creatividad requieren de conocimiento cruzado en varias disciplinas no tan especializadas. Las áreas más productivas para el pensamiento creativo se encuentran en los bordes entre disciplinas distintas. Hay varias técnicas que se pueden usar en ingeniería:
 - **Tormenta de ideas:** Es una técnica fácil de usar. Consiste en registrar todas las ideas, aunque se repitan, sin cuestionar su validez; se pueden construir ideas sobre la base de otras dadas por el grupo. Se establece una lista de posibles soluciones; se seleccionan y evalúan las más prominentes.
 - **Pensamiento lateral:** Se refiere a la reestructuración de patrones, cambio de puntos de vista, circular al rededor, cambio deliberado de las cosas, cambio de la formulación del problema y evitamiento del análisis lógico (pensamiento vertical). A diferencia del análisis lógico, el pensamiento lateral no tiene que seguir una secuencia, ni tiene que ser correcto en todas las etapas, no tiene que usar información relevante y no se limita al problema en el modo cómo ha sido planteado. Debido a que el pensamiento lateral sólo se usa en las fases de definición y exploración, es completamente verificado en las etapas posteriores por el análisis lógico. Por lo tanto, se trata más de una actitud que de un método.
 - **Invertir el proceso (reversal):** consiste en transformar el problema en la solución, revirtiendo el proceso. El ejemplo clásico es el caso del ascensor, cuando la gente se queja de la lentitud. La solución está en desacelerar a la gente colocando espejos, pinturas, u otros objetos que entretengan a los usuarios mientras esperan el servicio.
3. Acepte los resultados de los ejercicios creativos. Un buen modo de incrementar la creatividad es retando a los estudiantes con juegos creativos, con preguntas y ejercicios, aunque no se relacionen con la ingeniería. El docente puede inventar preguntas creativas abiertas, sin necesidad de tener la respuesta. Existen muchos desarrollos heurísticos que ayudan a la creatividad: tener muchas ideas;

construir estímulos aleatorios; pensar algo divertido acerca del problema; pensar en soluciones análogas; establecer una lista de palabras estimuladoras; usar una lista de verificación o palabras claves para conectar las diferentes formas de observar el problema.

La mayoría de los ingenieros se orientan fuertemente a la racionalidad (uso del hemisferio izquierdo del cerebro), pero su nivel de creatividad puede mejorar si aprenden a usar el hemisferio derecho, apagando el izquierdo. Está demostrado que el hemisferio izquierdo procesa principalmente pensamiento analítico verbal, mientras que el derecho procesa básicamente el pensamiento visual y perceptual, incluyendo en el proceso intuición y ráfagas de iluminación para la solución de los problemas. Una forma de obrar es asignando al cerebro actividades que el hemisferio izquierdo se rehúsa a desarrollar; por ejemplo, buscando trazos de ilusiones preceptuales y forzándose conscientemente a ver una parte de la ilusión y luego la otra (un vaso que se transforma en dos caras); o también mirar caras conocidas en una fotografía invertida (cambio en el patrón de reconocimiento); así como dibujar algo sin usar palabras para nombrar las partes. Luego que las ideas se generan deben someterse a la aprobación o desaprobación por parte del hemisferio izquierdo. Se ha descubierto que las ideas más creativas se originan en un estado de cansancio, cuando aparentemente el hemisferio izquierdo se encuentra en un proceso de relajación, dando oportunidad al otro hemisferio de entrar en acción. Por supuesto que la condición básica es que previamente el individuo haya pensado profundamente en el problema.

En la bibliografía se encuentran sugerencias útiles para mejorar la creatividad de la clase (Flowers, 1987): un instructor entusiasta; estudiantes voluntariosos; buenos problemas; y apropiada retroalimentación. Los instructores que voluntariamente incluyen creatividad en sus clases son entusiastas; la mayoría de estudiantes poseen la voluntad de intentar algo nuevo y diferente; la selección de un buen problema puede ser un problema. El docente necesitará conocer los problemas que requieren creatividad, aunque no debe tener la solución. Si se obtiene éxito en el tiempo especificado el grupo resultará altamente motivado y la retroalimentación consiste en celebrar dicho éxito.

REFERENCIAS

1. Adams, J. L. (1978): Conceptual Blockbusting, Norton, York.
2. Bloom B.S et al. (1956): Taxonomy of Educational Objectives The Classification of Educational Objectives. Handbook Cognitive Domain. Mc Kay.
3. Florman, S.G. (1987): The Civilized Engineer. St Mar t Press. New York.
4. Flowers, W.C. (1987): On Engineering Students' creativity Academics. Proceedings ASEE. Annual Conference ASEE, Washington D.C.
5. Mayer, R. E. (1992): Thinking, Problem Solving Co nil WH. Freeman, New York.
6. Plants H.L. (1989): Teaching Models for Teaching Models for Teaching Problem Solving. Proceeding ASEE. Annual Conference AS] Washington DC.
7. Scarl, D (1990): How to Solve Problems for Success in Fresman Physics. Engineering, and Beyond. 2n Ed. Desoris Press Glen Cove, New York.
8. Hueter, J.M. (1990): Innovation and Creativity: A critical Linkage. Proceedings ASEE, Annual Conference AS Washington D.C.