

UNI-PLURI/VERSIDAD

Vol.10 No.2, 2010. Versión Digital.

Facultad de Educación- Universidad de Antioquia. Medellín Col.

Aprendizaje activo en cursos básicos de ingeniería: un ejemplo en la enseñanza de Dinámica

Carlos Andrés Trujillo Suárez*, Elvia María González Agudelo**

Universidad de Antioquia

Resumen

Tradicionalmente, la educación superior en ingeniería no posibilita la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje, pues éste es un actor pasivo en el proceso, limitado a seguir y tratar de entender lo que el docente desarrolla en el pizarrón y posteriormente a aplicar los resultados en problemas que se le asignan. Esta forma de educación tradicional también acostumbra al estudiante a ser dependiente del docente como fuente de conocimiento y poco estimula la autonomía intelectual. Por lo anterior, las estrategias didácticas con enfoque en el aprendizaje activo son las de mayor relevancia para la instrucción con participación, el desarrollo de competencias y la estimulación de la autonomía del estudiante. En el presente artículo se propone una estrategia didáctica de aprendizaje activo para ser utilizada en los cursos básicos de ingeniería, ejemplificando su aplicación en el curso de Dinámica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Se propone que dicha estrategia es una alternativa válida para utilizar en la impartición de cursos básicos de ingeniería, en donde el aprendizaje basado en problemas no es, usualmente, de pertinencia.

Palabras clave: *Didáctica, pedagogía, educación en ingeniería, aprendizaje activo.*

* Doctor en Ingeniería Mecánica. Profesor del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Antioquia. catruji@udea.edu.co

** Doctora en Ciencias Pedagógicas. Coordinadora del Grupo Didáctica de la Educación Superior (DIDES) de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Profesora de la Universidad de Antioquia. Correo electrónico: egonzal@ayura.udea.edu.co

Summary

Active learning in basic engineering courses: an example in the teaching of Dynamics. Carlos Andrés Trujillo Suárez, Elvia María González Agudelo. **Traditionally**, engineering higher education does not allow the active participation of students in their learning process, because they are passive actors in the process, limited to following and trying to understand what the teacher do on the board, to later apply the results in problems that are assigned. This form of traditional education also gets the students used to dependent on the teacher as a source of knowledge, which does not stimulate intellectual autonomy. Therefore, teaching strategies focus on active learning are the most relevant concerning participative instruction, competence development and stimulation of student autonomy. In this paper, an active learning teaching strategy is proposed to be used in basic engineering courses, exemplifying its application in the Dynamics course for the Department of Mechanical Engineering at the University of Antioquia. It is proposed that such strategy is a valid alternative for the teaching of basic engineering courses, where problem based learning is usually not of pertinence.

Key words: Teaching, education, engineering education, active learning.

1. Introducción

La ingeniería, siendo aquella profesión cuyo objetivo es el desarrollo de productos útiles para la humanidad fundamentado en el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales (Wright, 2004), se enfoca primordialmente en la actividad de diseño (Valencia, 2005) a través de un método propio (Koen, 2000). Dicho método consiste en la escogencia del mejor heurismo, o alternativa de solución a un problema, no necesariamente justificada en forma analítica, de acuerdo al criterio o estado del arte personal, procurando que este último represente la mejor práctica de ingeniería disponible en el momento del diseño. Es decir, el buen desempeño profesional de un ingeniero requiere que éste domine los heurismos aceptados por su correspondiente área ingenieril con el fin de causar el mejor cambio posible bajo restricciones de recursos e incertidumbre en el conocimiento de la situación enfrentada.

Unos de estos posibles heurismos son los modelos matemáticos que describen el funcionamiento de un sistema de ingeniería; es por esto que se espera que el ingeniero sea competente en la deducción de modelos matemáticos utilizando las herramientas analíticas que hacen parte de su formación. Esta habilidad de generar modelos matemáticos se considera una expresión de creatividad al ser un proceso de creación de algo nuevo, en este caso, de un objeto analítico que permite aproximarse al comportamiento de un sistema ingenieril. A este tipo de creatividad se le reconoce como aplicada ya que se toman experiencias y objetos existentes y se transforman en conocimiento teórico o en un nuevo diseño (Wright, 2004).

Tradicionalmente, la educación superior en ingeniería no motiva esta competencia deductiva, entre otras competencias deseables en un ingeniero, pues el estudiante es un actor pasivo en el proceso de aprendizaje, quien se limita a seguir y tratar de entender lo que el docente desarrolla en el pizarrón y posteriormente a aplicar los resultados en problemas que se le proponen. Esta forma de educación tradicional también acostumbra al estudiante a ser dependiente del docente como fuente de conocimiento y poco estimula la autonomía intelectual. Por lo anterior, las estrategias didácticas con enfoque en el aprendizaje activo son las de mayor pertinencia para desarrollar la autonomía del estudiante y las competencias esperadas en un futuro ingeniero.

El término aprendizaje activo, introducido por Bonwell y Eison (1991), se refiere a los modelos de instrucción que enfocan la responsabilidad del aprendizaje en los aprendices. Sin embargo, como lo demuestra Mayer (2004), debe procurarse la cognición activa en lugar del comportamiento activo para hacer el proceso de aprendizaje y transferencia del conocimiento más efectivo; esto respalda el enfoque constructivista del aprendizaje. Siguiendo a Coll (Barriga y Hernández, 2001), la concepción constructivista se fundamenta en que el alumno es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje así como en que la función del docente consiste en encausar deliberadamente los procesos de construcción del alumno, buscando finalmente que la intervención pedagógica desarrolle en el alumno la capacidad de realizar aprendizajes significativos por sí mismo. Esto implica, también, un cambio de actitud del docente, quien debe pasar de ser profesor a ser un administrador del aprendizaje, como ya lo ha declarado el Accreditation Board for Engineering and Technology identificando las adaptaciones en los modelos de aprendizaje que se deben implementar para el presente milenio (ABET, 2008).

Tal vez, la alternativa de mayor impacto para cambiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, con el propósito de incrementar la participación del estudiante y el desarrollo de diversas habilidades, ha sido el aprendizaje basado en problemas. Numerosos reportes (Heywood, 2005) favorecen esta metodología en la educación superior en ingeniería destacando los beneficios que la motivación de los estudiantes, al trabajar en un proyecto de su interés, conlleva en su proceso de aprendizaje. Esta metodología es muy adecuada para cursos cuyo propósito es la capacitación y el desarrollo de habilidades para el diseño de sistemas de ingeniería; sin embargo, para cursos fundamentales, conocidos como básicos de ingeniería, donde el estudiante está justo aprendiendo los conceptos básicos que posteriormente serán utilizados en el análisis y diseño de sistemas ingenieriles, la metodología de aprendizaje basado en problemas no es de directa aplicación en la mayoría de los casos. Por lo anterior, se presenta un vacío en cuanto a las estrategias basadas en el aprendizaje activo que puedan ser implementadas en los cursos fundamentales de ingeniería.

En el presente artículo se propone una estrategia didáctica de aprendizaje activo que puede ser utilizada en los cursos básicos de ingeniería. Los criterios para el diseño y la descripción general de la estrategia se presentan en la sección 2. En la sección 3 se ejemplifica la aplicación de la estrategia en el curso de Dinámica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia. Los resultados obtenidos en el caso del curso de Dinámica y una discusión sobre los mismos se dan en la sección 4. Finalmente, la sección 5 contiene las conclusiones del presente trabajo.

2. Diseño y descripción de la estrategia didáctica

Se pretende diseñar una estrategia didáctica para la enseñanza de cursos básicos de ingeniería basada en la construcción del conocimiento e identificación autónoma de la utilización de este conocimiento por parte del estudiante. Se busca ofrecer una alternativa a la enseñanza tradicional en ingeniería centrada en la instrucción magistral por parte del profesor que, aunque puede permitir la asimilación de los conocimientos impartidos a los estudiantes, no motiva la autonomía intelectual del estudiante ni la capacidad de realizar aprendizajes significativos por sí mismo, es decir, la construcción de su conocimiento. Proponemos que se pueden diseñar procesos de aprendizaje basados en la construcción del conocimiento que garantizan la asimilación del mismo y que promueven la autonomía intelectual del estudiante. Pero ¿cómo deben ser los procesos de enseñanza basados en la construcción del conocimiento?

Para responder al anterior interrogante, observamos que aunque tradicionalmente los estudiantes de ingeniería presentan una actitud pasiva en el proceso de aprendizaje, recibiendo la información directamente del instructor y no participando en el proceso de construcción de su propio conocimiento, algunos tienen la capacidad de deducir por sí mismos los conceptos que se desea que aprendan cuando

se orienta el proceso deductivo de estos conceptos. Lo anterior permitió entrever que los estudiantes poseen los conocimientos previos y habilidades para construir su propio conocimiento pero no han tenido la oportunidad de desarrollar dichas habilidades y aún menos de construir su propio conocimiento. Este hecho se atribuye primordialmente a que los instructores no saben cómo orientar al estudiante en la construcción de su conocimiento, desencadenando que los alumnos no desarrollen autonomía intelectual y no se sientan seguros de utilizar sus conocimientos previos en la construcción de su conocimiento.

Por lo anterior, conjeturamos que el estudiante tiene el potencial de ser constructor de su conocimiento a través de unas actividades adecuadas de orientación en donde se aprovechen sus conocimientos previos en la construcción del nuevo conocimiento. Un proceso de enseñanza-aprendizaje basado en la construcción del conocimiento no solo permitiría la asimilación del conocimiento sino aún más, su interiorización, ya que el alumno llevaría a cabo el proceso de elaboración del nuevo conocimiento. Es decir, el alumno desarrollaría la génesis de su conocimiento y por ende evidenciaría de primera mano la construcción del conocimiento que está adquiriendo. Como subproducto de este esfuerzo intelectual por parte del estudiante se posibilita su autonomía intelectual.

Para diseñar la estrategia seguimos los eslabones del proceso docente educativo (Álvarez y González, 2003), así:

1. Orientación del nuevo contenido: en este eslabón se busca fundamentalmente motivar al alumno para predisponerlo a enfrentarse con el nuevo contenido u objeto de estudio. En principio, se le presenta al estudiante este objeto de manera que por sí mismo determine la insuficiencia de los contenidos adquiridos, hasta ese momento, para resolver algún tipo de problema y así interesarlo en aprender el nuevo objeto de estudio. De esta manera se le demuestra al estudiante la significación que el objeto tiene para su vida posterior. Esta etapa inicial del eslabón permite, además, hacer una valoración de los prejuicios que los estudiantes poseen sobre el objeto de estudio. En este punto se introduce el nuevo contenido; inicialmente el docente presenta o deriva los conceptos que requieren una elaboración compleja, aunque preferiblemente se debe guiar al estudiante para que obtenga estos conceptos, esto es, para que construya su propio conocimiento. Dicha orientación, aunque es premeditada, no debe ser condicionada; es decir, no se le debe proponer al alumno un procedimiento secuencial de acciones precisas; en su lugar, se le deben suministrar inquietudes concatenadas que el alumno responda o plantee en términos de sus conocimientos previos y de sus prejuicios, y que al solucionarlas le permiten construir el nuevo contenido. El nuevo contenido consiste de las invariantes de conocimientos y de habilidades que le permitirán al alumno abordar diferentes problemas y situaciones en los cuales es aplicable.
2. Asimilación del contenido: se le ofrecen al alumno nuevos problemas o nuevas situaciones del objeto de estudio para posibilitarle la aplicación de la invariante de conocimientos y habilidades que se le ofrecieron en el eslabón anterior. Es fundamental que los problemas seleccionados se adecuen a este propósito; obviamente, los nuevos problemas pueden contener particularidades o singularidades, las cuales pueden ser clarificadas con la ayuda del profesor, pero estos no deben ser elementos esenciales del objeto de estudio. Se busca que el estudiante se apropie del conocimiento esencial sobre el objeto de estudio y del modo de actuar ante el objeto de estudio, esto es, del conocimiento y las habilidades invariantes que debe utilizar en cada problema o caso particular relacionado con el objeto de estudio.
3. Dominio del contenido: la reiteración en el uso de las invariantes, de las esencias, en diferentes problemas sobre el objeto de estudio es lo que garantiza el aprendizaje de los conocimientos y habilidades esenciales. En este eslabón el estudiante desarrolla su autonomía al trabajar por sí solo con el objeto resolviendo problemas inherentes al objeto de estudio. Mediante este trabajo

individual el estudiante domina las características del objeto de estudio y la habilidad para interactuar con éste.

4. Sistematización del nuevo contenido: antes de adquirir el nuevo contenido, el estudiante posea una estructura de conocimientos que representaba su dominio sobre una rama del saber humano o ciencia. El nuevo objeto de estudio se debe incorporar a esta estructura cognitiva del alumno, para lo cual debe mostrarse cómo se relaciona con los conocimientos que ya posee. Es tarea del maestro resaltar las relaciones entre el nuevo objeto y la estructura que el alumno ya posee, para que como resultado el nuevo objeto sea integrado a la estructura cognitiva del escolar y no se perciba como un conocimiento aislado sin conexión con los demás conocimientos del área o ciencia estudiada.
5. Evaluación del aprendizaje: se comprueba si el estudiante domina el conocimiento y habilidades que se desea que adquiera. Existen diversos tipos de evaluación apropiados para los cursos fundamentales de ingeniería (Heywood, 2005), pero básicamente se evalúa el logro del objetivo mediante la asignación de un problema que exija al estudiante la aplicación de los conocimientos y habilidades sobre el objeto de estudio correspondiente. Proponemos como característica de esta evaluación que no haya objeción en que el estudiante haga uso de los materiales que ha utilizado durante la construcción del tema pues no se pretende evaluar la capacidad memorística del alumno, sino, la competencia del estudiante para resolver problemas acerca del objeto de estudio aplicando los invariantes de conocimientos y habilidades.
6. Autoevaluación: el estudiante se debe cuestionar sobre su saber aprendido. Debe definir si asimiló los conceptos fundamentales y si ha desarrollado las habilidades para manejar estos conceptos, con el fin de analizar y entender el objeto de estudio. Así, podrá identificar dónde debe retomar el aprendizaje para lograr los objetivos de entendimiento y dominio del objeto de estudio que se esperan.

Al diseñar la actividad en la cual se concrete la estrategia, el docente, aparte del contenido que desea comunicar al alumno, debe involucrar las competencias que el estudiante ejercitará en el desarrollo de la actividad y distribuirlas, posiblemente, en los diferentes eslabones. Esto con el fin de que la estrategia permita tanto la adquisición del contenido como de las habilidades necesarias para enfrentar el objeto de estudio, esto es, de los invariantes.

Cabe anotar que los eslabones de asimilación, dominio y sistematización no necesariamente están aislados sino que pueden desarrollarse en un proceso continuo en el que no hay demarcaciones absolutas entre ellos.

El formato específico de la realización de la estrategia puede materializarse de diferentes maneras; pero la estrategia debe incorporar los eslabones anteriormente descritos con el fin de lograr el objetivo de la enseñanza que consiste en: preparar al egresado para resolver los problemas en su área de desenvolvimiento utilizando un sistema de conocimientos y habilidades así como desarrollar su autonomía intelectual.

3. Aplicación en la enseñanza de dinámica

La estrategia anteriormente descrita se implementó en el curso de Dinámica del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, para la instrucción en el subtema sobre las componentes de la velocidad y la aceleración en coordenadas radial y transversal; es decir, éste será el objeto de estudio en este ejemplo. Igualmente, se pretende ejercitar el método deductivo de la ciencia (Føllesdal, 1979) pues esta es una habilidad fundamental en la derivación de modelos matemáticos de sistemas de ingeniería. El objetivo del curso de Dinámica es capacitar al

alumno en el análisis de las fuerzas involucradas en la condición de movimiento de una partícula o cuerpo rígido, enfocándose en sistemas mecánicos. La mayoría de los estudiantes que cursan esta asignatura son del nivel V del programa de Ingeniería Mecánica y todos ya han tomado los cursos referentes al cálculo diferencial, el cálculo vectorial y la estática. La tabla 1 presenta la información sobre el curso y del tema en el que se utilizó la estrategia.

Tabla 1 Curso de Dinámica en Ingeniería Mecánica

Area: Básicos de ingeniería	Código: IMC 324	Horas clase/semana: 4
Línea: Diseño de maquinaria	Créditos: 3	Horas teóricas/semestre: 60
Número de estudiantes: 34 (1 mujer, 33 hombres)		Semestre: 2009-2
2. Cinemática en el plano de partículas		Horas clase
2.1. Movimiento rectilíneo		3
2.2. Movimiento restringido		3
2.3. Movimiento curvilíneo		
2.3.1. Transformación de vectores unitarios		1
2.3.2. Derivada con respecto al tiempo de vectores unitarios		1
2.4. Componentes rectangulares de la velocidad y de la aceleración		2
2.5. Componentes radial y transversal de la velocidad y de la aceleración		2
2.6. Componentes tangencial y normal de la velocidad y de la aceleración		2
2.7. Movimiento relativo a ejes de referencia en traslación		2

En el subtema de movimiento curvilíneo se expusieron los conceptos de vector posición, vector velocidad como derivada de la posición con respecto al tiempo, y de vector aceleración como derivada del vector velocidad con respecto al tiempo. Igualmente, el profesor mostró la transformación de vectores unitarios ortogonales, n_a - n_b e i - j , entre dos sistemas de coordenadas genéricos A-B, el cual es móvil, y x - y , el cual es fijo, con base en la figura 1.

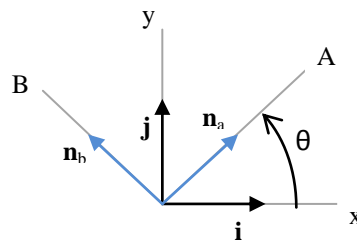


Figura 1 Sistemas de coordenadas ortogonales y sus vectores unitarios. A-B, móvil, rotado un ángulo θ con respecto a x - y , fijo.

De donde

$$n_a = \cos\theta i + \text{sen}\theta j \quad (1)$$

y

$$n_b = -\text{sen}\theta i + \cos\theta j \quad (2)$$

Para conocer la variación de los vectores unitarios móviles, \dot{n}_a y \dot{n}_b , se derivan las ecuaciones 1 y 2 con respecto al tiempo, percatándose que i y j no varían. Entonces

$$\dot{\mathbf{n}}_a = -\dot{\theta} \sin\theta \mathbf{i} + \dot{\theta} \cos\theta \mathbf{j} \quad (3)$$

y

$$\dot{\mathbf{n}}_b = -\dot{\theta} \cos\theta \mathbf{i} - \dot{\theta} \sin\theta \mathbf{j} \quad (4)$$

o,

$$\dot{\mathbf{n}}_a = \dot{\theta} \mathbf{n}_b \quad (5)$$

y

$$\dot{\mathbf{n}}_b = -\dot{\theta} \mathbf{n}_a \quad (6)$$

Se les enfatiza a los alumnos que las ecuaciones 5 y 6 son genéricas, es decir, se pueden utilizar para conocer la variación de cualesquiera dos vectores unitarios que pertenezcan a un sistema de coordenadas móvil, en donde $\dot{\theta}$ es la variación del ángulo con el tiempo, esto es, la velocidad angular a la cual gira el sistema móvil.

La actividad utilizando la estrategia didáctica se realizó en una clase de dos horas planeándola de acuerdo a los eslabones descritos en la sección anterior para la instrucción del subtema: Componentes radial y transversal de la velocidad y la aceleración. Se describe en la tabla 2.

Se suministró a cada estudiante la encuesta de prejuicios que se muestra en la tabla 3. De esta forma se motiva a los estudiantes a interesarse por el objeto de estudio, interrogándoles acerca de sus conocimientos previos e identificando la insuficiencia de los mismos para acercarse al objeto de estudio.

Tabla 2 Planeación de la clase

Eslabones	Forma		Medios	Producto	Evaluación por competencias
	Tiempo	Espacio			
Orientación	60 min	Aula	Encuesta de prejuicios Taller Presentación	Encuesta respondida Taller resuelto Discusión	Responsabilidad Deducir Preguntar Comprender
Asimilación Dominio Sistematización	30 min Trabajo independiente	Aula Trabajo independiente	Problemas	Problema resuelto en clase Problemas resueltos independientemente	Relacionar
Autoevaluación	30 min	Aula	Autoevaluación	Autoevaluación completada	Analizar

Tabla 3 Encuesta de prejuicios

	Si	No
1. ¿Sé cómo es el sistema de coordenadas polares?		
2. ¿Sé cómo representar un vector en coordenadas polares?		
3. ¿Sé cómo hacer un cambio de componentes entre dos sistemas de coordenadas?		
4. ¿Sé cómo evaluar la derivada de un vector con respecto al tiempo?		
5. ¿Conozco el método deductivo de la ciencia?		
6. ¿He aplicado el método deductivo en mis estudios de ingeniería?		
7. De 1 a 5, ¿cómo considero mis capacidades deductivas; siendo 1 nulas, 5 excelentes? 1____ 2____ 3____ 4____ 5____		

Posteriormente, se propuso a los estudiantes resolver el taller mostrado en la tabla 4, con el fin de que los alumnos ejecutaran el proceso de deducción de los vectores de velocidad y aceleración en componentes radial y transversal. Se aspira a que los estudiantes utilicen sus conocimientos previos, adquiridos en los cursos Cálculo Diferencial y Álgebra Lineal, para que planteen los vectores unitarios en coordenadas polares (preguntas 1 y 2). Utilizando las definiciones expuestas sobre los vectores posición, velocidad y aceleración en el subtema de movimiento curvilíneo y los resultados genéricos de las ecuaciones 5 y 6, los alumnos pueden obtener las expresiones para la velocidad y la aceleración en componentes radial y transversal. Finalmente, se invita a los estudiantes a que aporten sus opiniones sobre la pregunta 6. El profesor hace un acompañamiento durante todo el tiempo de duración del taller para aclarar inquietudes en el desarrollo de éste, aunque se espera que los alumnos, haciendo uso de sus conocimientos y los conceptos recién introducidos en la materia, puedan obtener por sí mismos los resultados esperados. El profesor retoma la locución en la aclaración a la pregunta 6, complementando o corrigiendo las respuestas aportadas por los estudiantes.

Tabla 4 -Taller para la deducción de los vectores de velocidad y aceleración en componentes radial y transversal

<p>Dibuje un esquema del sistema de coordenadas polares</p> <p>¿Cómo deberían ser los vectores unitarios en este sistema de coordenadas? Dibújelos en el esquema anterior.</p> <p>¿Cómo se escribiría el vector posición de una partícula en coordenadas polares?</p> <p>¿Cómo se escribiría el vector velocidad de una partícula en términos de coordenadas polares?</p> <p>¿Cómo se escribiría el vector aceleración de una partícula en términos de coordenadas polares?</p> <p>¿Qué significa cada uno de los términos que aparecen en la expresión de los vectores de velocidad y aceleración en coordenadas polares?</p>
--

Enseguida se suministra un problema típico de aplicación del objeto de estudio en el análisis de sistemas mecánicos, como el ilustrado en la tabla 5 (Meriam y Kraige, 1997), enfocado a que el alumno utilice plenamente todos los conceptos aprendidos en el desarrollo del taller y para que reconozca la utilidad del objeto de estudio. También, se asignan problemas adicionales para ser resueltos independientemente por los alumnos con el fin de afianzar el manejo y comprensión del objeto de estudio.

Finalmente, el estudiante se pregunta acerca del saber que ha aprendido mediante la autoevaluación, presentada en la tabla 6. De esta manera podrá identificar por sí mismo carencias en los conocimientos o habilidades para enfrentar y utilizar el objeto de estudio.

Tabla 5 Problema (Meriam y Kraige, 1997)

Un robot es programado para pintar la superficie curva A. La longitud del brazo telescópico es controlada de acuerdo a $b = 0.3 \text{ sen}(\pi t/2)$ donde b está en metros y t en segundos. La rotación del brazo es programada de acuerdo a $\theta = \pi/4 + (\pi/8) \text{ sen}(\pi t/2)$ radianes. Calcular la magnitud de la velocidad y la magnitud de la aceleración de la boquilla de aspersion N para $t = 1\text{s}$ y para $t = 2\text{s}$.

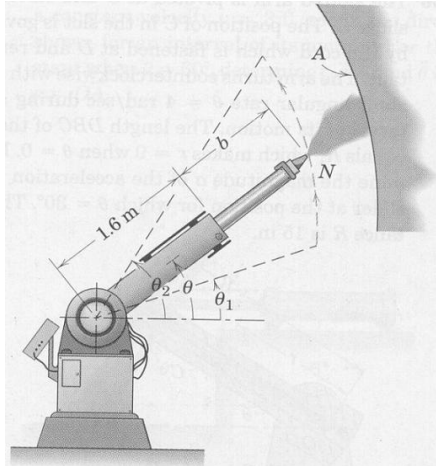


Tabla 6 Autoevaluación

La actividad propuesta en el curso de Dinámica me permitió adquirir los siguientes niveles de aprendizaje	A. Nada B. Poco C. Mucho			A	B	C
	1. Utilizar conocimientos aprendidos en cursos previos					
2. Utilizar el método deductivo para construir mi propio conocimiento						
3. Adquirir una mayor apropiación del conocimiento						
4. Entender los términos que aparecen en las expresiones para los vectores de velocidad y aceleración en componentes radial y transversal						
5. Aplicar el conocimiento deducido en el análisis de sistemas mecánicos						

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de estudiantes del curso, sólo veintiuno participaron en la actividad. Los resultados de la encuesta de prejuicios se presentan en la tabla 7 y corresponden al porcentaje de estudiantes que respondieron las diferentes alternativas de cada una de las preguntas.

Tabla 7 Resultados de la encuesta de prejuicios

	Si	No
1. ¿Sé cómo es el sistema de coordenadas polares?	100%	0%
2. ¿Sé cómo representar un vector en coordenadas polares?	81%	19%
3. ¿Sé cómo hacer un cambio de componentes entre dos sistemas de coordenadas?	81%	19%
4. ¿Sé cómo evaluar la derivada de un vector con respecto al tiempo?	81%	19%
5. ¿Conozco el método deductivo de la ciencia?	28.6%	71.4%
6. ¿He aplicado el método deductivo en mis estudios de ingeniería?	33.3%	66.7%
7. De 1 a 5, ¿cómo considero mis capacidades deductivas; siendo 1 nulas, 5 excelentes? 1 ____ 2 ____ 3 <u>61.9%</u> 4 <u>38.1%</u> 5 ____		

De la encuesta de prejuicios se puede comprobar que la mayoría de los alumnos poseen los conocimientos previos necesarios para enfrentar el objeto de estudio en cuestión y aunque la mayoría no están familiarizados con el formalismo del método deductivo de la ciencia ni lo han utilizado comúnmente durante sus estudios, sí reconocen que poseen capacidades deductivas.

En la tabla 8 se presentan los porcentajes de estudiantes que respondieron satisfactoria e insatisfactoriamente cada una de las inquietudes planteadas en el taller.

Tabla 8 Resultados del taller para la deducción de los vectores de velocidad y aceleración en componentes radial y transversal

	Satisfactorio	Insatisfactorio
1. Dibuje un esquema del sistema de coordenadas polares	100%	0%
2. ¿Cómo deberían ser los vectores unitarios en este sistema de coordenadas? Dibújelos en el esquema anterior.	85.7%	14.3%
3. ¿Cómo se escribiría el vector posición de una partícula en coordenadas polares?	85.7%	14.3%
4. ¿Cómo se escribiría el vector velocidad de una partícula en términos de coordenadas polares?	85.7%	14.3%
5. ¿Cómo se escribiría el vector aceleración de una partícula en términos de coordenadas polares?	66.7%	33.3%
6. ¿Qué significa cada uno de los términos que aparecen en la expresión de los vectores de velocidad y aceleración en coordenadas polares?	0%	100%

Todos los alumnos conocen el sistema de coordenadas polares, como es esperado de sus conocimientos previos, pero algunos de ellos solicitaron ayuda en el establecimiento de los vectores unitarios en este sistema. Se observa que la mayoría de los alumnos fueron capaces de obtener las expresiones para los vectores de velocidad y aceleración y, hasta la inquietud referente al vector velocidad, el porcentaje de estudiantes que obtuvieron satisfactoriamente la expresión esperada (85.7%) es congruente con el porcentaje de estudiantes que poseen los conocimientos requeridos para lograrlo (81%). Sin embargo, esto no sucede en la inquietud referente al vector aceleración, ya que 66.7% de los estudiantes obtuvieron la expresión esperada. Se observó que quienes no obtuvieron la expresión del vector aceleración cometieron errores de agrupación de términos algebraicos y de omisión de términos en la derivada del vector velocidad, pero aplicaron la definición correcta del vector aceleración como derivada del vector velocidad. Aunque en la inquietud 6, los alumnos identificaron los términos

individuales que aparecen en las expresiones para la velocidad y la aceleración, tales como \dot{r} , $\dot{\theta}$, \ddot{r} y $\ddot{\theta}$, el profesor debió explicar el significado de los términos compuestos que aparecen en las componentes radial y transversal de los vectores. Igualmente se observa que aunque los estudiantes no están conscientes del formalismo del método deductivo de la ciencia, sí pueden seguir un proceso deductivo y construir su conocimiento con base en sus conocimientos previos.

El 95.2% de los alumnos resolvió correctamente el problema propuesto en clase, lo cual es un indicador alto del nivel de relacionamiento que los estudiantes hicieron entre el objeto de estudio y su aplicación en el análisis de un sistema mecánico.

La tabla 9 muestra el porcentaje de estudiantes que respondió a las opciones de los interrogantes planteados en la autoevaluación.

Tabla 9 Resultados de la autoevaluación

La actividad propuesta en el curso de Dinámica me permitió adquirir los siguientes niveles de aprendizaje Mucho	A	B	C
	A. Nada	B. Poco	C.
1. Utilizar conocimientos aprendidos en cursos previos		14.3%	85.7%
2. Utilizar el método deductivo para construir mi propio conocimiento		47.6%	52.4%
3. Adquirir una mayor apropiación del conocimiento		28.6%	71.4%
4. Entender los términos que aparecen en las expresiones para los vectores de velocidad y aceleración en componentes radial y transversal		14.3%	85.7%
5. Aplicar el conocimiento deducido en el análisis de sistemas mecánicos		19%	81%

Se puede afirmar que la mayoría de los estudiantes reportan un alto nivel de aprendizaje en cuanto a la utilización de conocimientos previos, así como en cuanto a la apropiación, entendimiento y aplicación del nuevo conocimiento. Sin embargo, hay paridad en cuanto a la utilización del método deductivo. Esto se atribuye a que los alumnos, aunque construyeron su conocimiento utilizando el método deductivo, no se les ha introducido de manera formal dicho método; por lo cual no tienen conciencia de que realmente han interactuado con este método durante sus estudios, principalmente como espectadores de las deducciones que realizan los maestros en el tablero. Es más, no están al tanto de que aunque desconocen el método deductivo, o no se sienten seguros de su formalismo, sí están en capacidad de utilizarlo con el fin de construir su conocimiento.

5- CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha propuesto una estrategia pedagógica fundamentada en el aprendizaje activo y siguiendo los eslabones del proceso docente educativo. El objetivo de la estrategia es aprovechar los conocimientos previos que poseen los alumnos con el fin de que ellos mismos sean los creadores de su propio conocimiento. La estrategia permite tanto la instrucción acerca de un objeto de estudio como el ejercicio y desarrollo de habilidades para enfrentar el objeto de estudio; es decir, posibilita la adquisición de los invariantes que se desea que el futuro profesional posea. La estrategia pedagógica aquí presentada es una alternativa válida para utilizar en la impartición de cursos básicos de ingeniería, en donde el aprendizaje basado en problemas no es, usualmente, de pertinencia. En el ejemplo del curso de Dinámica en el que se implementó la estrategia, se describe una materialización específica de la misma y se observó que los resultados son de significación pedagógica, ya que los estudiantes participaron activamente en la construcción de su conocimiento utilizando sus conocimientos previos. Además, ejercitaron competencias y habilidades que son deseables en los futuros ingenieros mecánicos.

Planteamos que las estrategias didácticas de aprendizaje activo, como la aquí propuesta, permiten lograr el aprendizaje de los invariantes requeridos para enfrentar y utilizar un objeto de estudio; haciendo del estudiante un partícipe activo de su proceso de aprendizaje y posibilitando la transformación del profesor en un administrador del aprendizaje.

Referencias

Abet 2008. *Annual report. ABET, Inc.* Estados Unidos. 2009.

Álvarez, C. y González, E. (2003). *Lecciones de didáctica general.* Medellín: Editorial Magisterio.

Barriga, F. y Hernández, G. (2001). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. Bogotá, D.C: McGraw-Hill.

Bonwell, C. y Eison, J. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom AEHE-ERIC Higher Education Report No.1*. Washington, D.C: Jossey-Bass.

Føllesdal, D. (1979). Hermeneutics and the Hypothetico-Deductive Method. *Dialéctica*, 33, (3-4), 319-336.

Heywood, J. (2005). *Engineering education. Research and development in curriculum and instruction*. Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Koen, B. (2000). *El método de ingeniería*. Bogotá, D.C: Universidad del Valle-ACOFI..

Mayer, R. (s.f). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction. *American Psychologist*. 59, (1), 14-19.

Meriam, J. y Kraige, L. (1997). *Engineering Mechanics. Dynamics*. (4ª ed). Estados Unidos: John Wiley & Sons, Inc.

Valencia, A. (2005). *Una aproximación a la ingeniería*. Medellín: UdeA.

Wright, P. (2004). *Introducción a la ingeniería*. (3ª ed.). México: Limusa Wiley.

Artículo recibido: 14-06-2010. Aprobado: 30-07-2010

