

Construcción de conocimiento significativo en ingeniería mecánica*¹

[Construction of significant knowledge in mechanical engineering]

ALEJANDRO ARTURO PÉREZ-VILLEGAS², ADRIANA MARÍA SÁNCHEZ NAVARRETE³

RECIBO: 20.08.2011 - AJUSTE: 18.09.2011 - AJUSTE: 05.12.2011 - APROBACIÓN: 17.12.2011

Resumen

En este trabajo de investigación se expone el desarrollo de un prototipo para realizar pruebas de tensión, que fue construido por un grupo de alumnos de ingeniería mecánica. El proyecto surgió a partir de las observaciones en semestres anteriores, del bajo rendimiento en las asignaturas relacionadas con Resistencia de Materiales. La propuesta consistió en desarrollar un curso innovador, que permitiera la construcción del pensamiento complejo, en la búsqueda de solución de problemas en esta rama de la ingeniería. Para abordar la condición citada, se escoge la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en la búsqueda de la formación del aprendizaje, mediante la resolución de un problema relevante y de interés para el estudiante.

Palabras Clave: Enseñanza en Ingeniería Mecánica, Aprendizaje Basado en Problemas, Métodos innovadores de enseñanza.

* Modelo para citación de este reporte de caso:

PÉREZ VILLEGAS, Alejandro Arturo y SÁNCHEZ NAVARRETE, Adriana María (2011). Construcción de Conocimiento Significativo en Ingeniería Mecánica. En: Ventana Informática. No. 25 (jul. – dic., 2011). Manizales (Colombia): Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales. p. 217-230. ISSN: 0123-9678

1 Artículo proveniente de un ejercicio de clase realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.

2 M.C. en Ingeniería Mecánica.

Secretario Académico de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis de Potosí (México). Correo electrónico: aaperez@uaslp.mx.

3 Estudiante de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis de Potosí (México). Correo electrónico: asnavarrete@alumnos.uaslp.edu.mx.

Abstract

This research project traces the development of a prototype machine for mechanical testing by a group of engineering students. The starting point of the project was the previous observations of students' low performance in subjects related to the Strength of Materials. Developing an innovative course was the method to solve the students' low performance through Problem Based Learning (PBL) strategy, which stands for the learning process to take place through application of significant knowledge that leads to resolution of problems.

Keywords: Mechanical Engineering Teaching, Problem Based Learning, Innovative teaching methods.

Introducción

En observaciones de semestres anteriores, los alumnos mostraban cierta incapacidad para relacionar el conocimiento visto en clase con la práctica profesional; el aprendizaje se limitaba a la reproducción memorística, con niveles bajos de retención, situación que se ponía en evidencia en cursos posteriores.

La tendencia a la atomización en los planes de estudio promueve la disgregación del conocimiento, que le complica al recién egresado aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas y se necesita una estrategia eficaz que promueva de modo relevante la pertinencia social de los significados dispersos.

Como resultado de esas observaciones, se aplica una propuesta innovadora, empleando la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), con un enfoque constructivista hacia el aprendizaje significativo. El problema a resolver por los estudiantes, fue la construcción a escala de una máquina para realizar ensayos de tensión. Este proyecto contempla los temas relacionados con la Resistencia de Materiales y para su construcción deben reunirse ciertas habilidades y conocimientos básicos de otras asignaturas ya cursadas.

1. Fundamento teórico

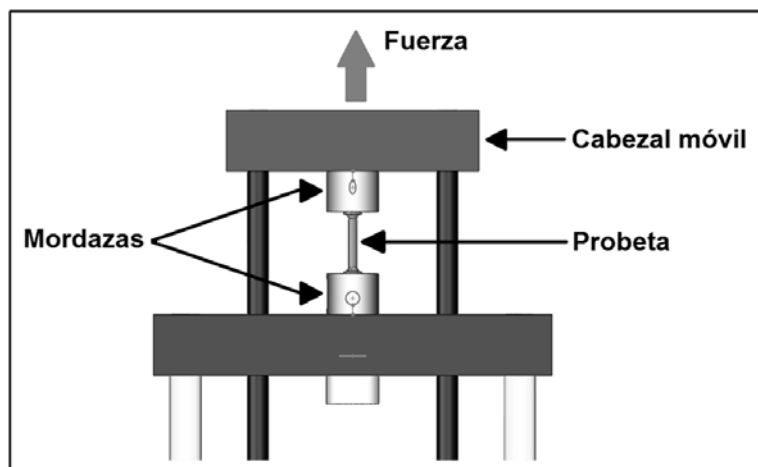
1.1 Aspecto mecánico

La composición y la microestructura de un material son determinantes en cuanto a sus propiedades. Las propiedades mecánicas brindan información sobre cómo responden los materiales cuando se encuen-

tran sometidos a fuerzas aplicadas, y a través de dichas propiedades es posible diferenciarlos. Como cada material responde de manera diferente al mismo tipo de esfuerzo es necesario analizar su comportamiento mediante ensayos o pruebas mecánicas. Por medio de prácticas estandarizadas, los ensayos permiten determinar las propiedades de un material según el tipo de carga al que se encuentra sometido.

El ensayo de tensión constituye una prueba destructiva y mide la resistencia de un material a una fuerza de lenta aplicación. El equipo utilizado para este tipo de pruebas consiste en máquinas capaces de aplicar carga axial controlada sobre una probeta que tiende a alargarse.

En la Figura 1, adaptada de Mott (2009), se muestra un esquema general del mecanismo por el cual la probeta se somete a una prueba de tensión. Durante la prueba, pueden observarse el incremento de su longitud y la disminución del área transversal, prosiguiendo la prueba hasta llegar a la fractura de la probeta.



*Figura 1. Máquina para ensayos de tensión
(Adaptada de Mott, 2009, p.56-57)*

La información obtenida durante la prueba, se traza en una gráfica esfuerzo–deformación, cuyo ejemplo se muestra en la Figura 2, donde se pueden diferenciar dos zonas, una elástica y otra plástica, establecidas de acuerdo a puntos específicos en la curva, como el límite de proporcionalidad, donde la deformación del material deja de tener un comportamiento lineal, el límite de fluencia, a partir del cual se observa una deformación plástica, el esfuerzo último o máximo, y el esfuerzo de fractura.

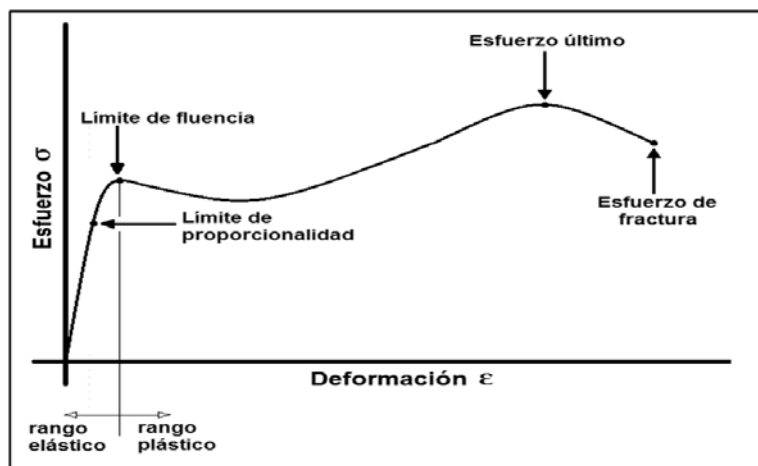


Figura 2. Gráfica esfuerzo-deformación (Adaptada de Mott, 2009, p.56-57)

La gráfica esfuerzo-deformación representa un instrumento fundamental en la caracterización de materiales de acuerdo a sus propiedades mecánicas, conocerla y aprender a interpretarla constituye una habilidad necesaria del ingeniero en el campo de los materiales y el diseño mecánico.

1.2 Planteamiento pedagógico

El aprendizaje involucra los complejos procesos mentales del individuo para adquirir conocimiento, y no sólo la acumulación de información. Se trata de un proceso individual que amalgama experiencias subjetivas y conocimientos previos adaptándolos a conceptos nuevos y objetivos. El constructivismo sitúa al alumno como el creador de su propio conocimiento, para ello es necesario que el estudiante tome un papel activo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin embargo, el alumno no puede interiorizar el conocimiento o las experiencias expuestas por el profesor, porque los percibe como ajenos, convirtiéndose sólo en espectador. Además, los estudiantes se ven rebasados a causa de las carencias en métodos de estudio, los conocimientos mal adquiridos y a la falta de habilidad para trabajar en equipo, lo cual constituye un reto y requiere el uso de estrategias pedagógicas pertinentes.

Complementando las ideas anteriores con la propuesta del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el profesor se perfila como un facilitador del conocimiento, cuyo trabajo es crear un ambiente que estimule al estudiante a aprender por sí mismo. El profesor, a través

de la aplicación de herramientas pedagógicas, favorece también el intercambio de información y experiencias entre pares y permite la retroalimentación. El objetivo es romper la frontera entre el alumno y el conocimiento que se pretende impartir, muchas veces mencionada por Rogers (s.f) en sus trabajos sobre la enseñanza centrada en el estudiante.

Según el planteamiento de Díaz Barriga (2010), la estrategia para promover una enseñanza situada para la promoción de aprendizaje significativo, el ABP, tiene tres características centrales:

- Organiza la propuesta de enseñanza y aprendizaje alrededor de problemas holísticos y relevantes.
- Implica que los alumnos sean protagonistas de las situaciones problemáticas planteadas.
- Constituye un entorno pedagógico en el que los estudiantes realizan una fuerte cantidad de actividad cognitiva desarrollando habilidades complejas de solución de problemas y toma de decisiones.

A través del ABP se plantea una situación problemática que involucra los tópicos que se desean que los estudiantes aprendan. Los personajes principales de la situación problema a resolver son los alumnos, por lo que el papel del profesor se limita a fungir como asesor y promotor del aprendizaje mediante métodos inductivos.

2. Metodología

Para la realización del proyecto se formaron dos equipos de tres integrantes cada uno, con el objetivo de construir una máquina universal a pequeña escala. Se utilizaron materiales de recuperación y las máquinas herramienta de los laboratorios de Procesos de Manufactura. Como parte de la investigación, los alumnos involucrados realizaron visitas al Centro de Capacitación en Ingeniería de Materiales (CCIM) y al Instituto de Metalurgia, adscritos a UASLP. Gracias a estas actividades tuvieron acercamientos con otros dispositivos a gran escala, para realizar pruebas mecánicas, lo que les permitió familiarizarse con los procedimientos reales y las normas correspondientes.

La construcción de la máquina, como mecanismo complejo, obligó a los alumnos a recordar las bases teóricas y efectuar cálculo matemático simple. El diseño del prototipo involucró conocimientos tales como Resistencia e Ingeniería de Materiales, Procesos de Fabricación, y por supuesto, Diseño de Máquinas como una nueva experiencia; de este modo, los estudiantes pudieron constatar la utilidad de los conocimientos anteriormente vistos.

Asimismo, los estudiantes se vieron en la necesidad de realizar el maquinado de cada elemento componente del prototipo, mediante la colaboración de los instructores del Laboratorio de Procesos de Manufactura I. Al inicio se observó reserva de los estudiantes a operar las máquinas herramienta, sin embargo, conforme pasó el tiempo adquirieron mayor confianza y se mantuvieron involucrados en los procesos de maquinado. En la Figura 3 se puede observar el barrenado realizado por los estudiantes, de la placa fija de la máquina.



Figura 3. Barrenado de la placa fija

Se utilizó acero AISI 1045 para las columnas por sus características mecánicas, se calcularon las dimensiones de cada elemento de la máquina considerando que debía presentar una resistencia considerable como para no deformarse al ejecutar el ensayo. En el mismo laboratorio se maquinaron las probetas que serían sometidas a ensayos y se realizaron las pruebas finales de la máquina. Para realizar las pruebas con materiales de diferente resistencia, los alumnos emplearon acero AISI 1018, latón y aluminio. La *American Society for Testing Materials* (ASTM, 2004), especifica, en su norma E8, las dimensiones de probetas estándar y señala las proporciones a considerar para realizar otras de menor tamaño, las cuales se utilizaron para cubrir el objetivo de realizar un prototipo a pequeña escala de las máquinas universales utilizadas comúnmente. En la Figura 4 puede observarse el maquinado de una de las probetas realizadas con latón.

El diseño de las mordazas para sujetar las probetas también se realizó de acuerdo a la norma ya citada de la ASTM, para lo cual se optó por utilizar un sistema de roscas y además un sistema de tornillos opresores,

lo que asegura una correcta sujeción de la probeta e impide errores al realizar los ensayos.



Figura 4. Maquinado de probeta de latón.

Se empleó un cilindro hidráulico de cuatro toneladas de capacidad como fuente de aplicación de la fuerza. Se definieron los métodos para captación manual de datos y realizar la caracterización de la prueba, es decir, la carga aplicada a la probeta y sus cambios de dimensiones.

Se realizó una investigación sobre los dispositivos existentes en el mercado para realizar las mediciones, como sensores de presión, celdas de carga, dinamómetros, extensómetros y micrómetros. Por cuestión económica se utilizó un pie de rey digital para medir la elongación de la probeta y se instaló un manómetro al cilindro por lo que se realizó el cálculo de la fuerza mediante la sección transversal del actuador.

Se incorporaron también herramientas tecnológicas que hicieron más completa la elaboración del proyecto; se trabajó con un paquete de software CAD como auxiliar en el diseño y en el desarrollo de simulaciones. El uso de este tipo de software resulta ventajoso, ya que permite crear un puente entre el desarrollo teórico y el trabajo práctico. El alumno puede poner a prueba sus cálculos y predicciones en situaciones que simulan condiciones reales. En la Figura 5 se muestra un estudio realizado por uno de los estudiantes, en paquete de CAD, acerca de la concentración de esfuerzos en una probeta de latón sometida a tensión.

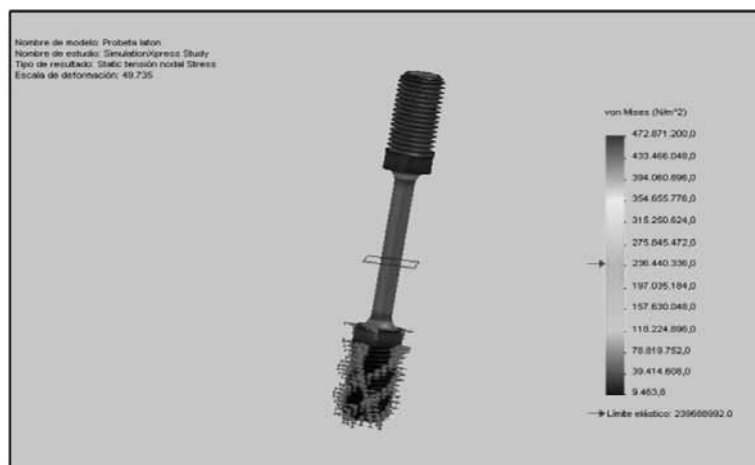


Figura 5. Simulación del comportamiento de una probeta sometida a tracción

Una vez terminada la construcción del prototipo, se verificó el ensamble de la máquina y se rectificó que las mordazas se encontraran alineadas, se probó el ajuste de la probeta utilizando el sistema de roscas y de tornillos, así como también se verificó el funcionamiento del vernier y el manómetro y su utilidad al momento de recabar los datos de carga y desplazamiento, por lo que fue posible comprobar el correcto funcionamiento del prototipo terminado. El procedimiento seguido se adaptó de la norma de verificación ya citada. El prototipo terminado puede apreciarse en la Figura 6. En la tabla 1 se enlistan los componentes que conforman la máquina

Tabla 1. Elementos que componen el prototipo

Pieza	Cantidad	Pieza	Cantidad
Placa 1	1	Placa base principal	1
Placa 2	1	Placa base del gato	1
Placa 3	1	Buje	2
Varilla 1	2	Balero lineal	2
Varilla 2	2	Tornillo agarraderas	2
Mordaza superior	1	Manija	2
Mordaza inferior	1	Gato hidráulico	1
Tornillo inferior	1	Vernier digital	1
		Manómetro	1



Figura 6. Prototipo terminado, visto de frente.

2.1 Papel del docente

El profesor se mantuvo involucrado a lo largo del proyecto en el papel de asesor, encaminando la intervención de los alumnos por medio de preguntas y observaciones, con la intención de que articularan los criterios que se desprendían de sus experiencias. El trabajo sobre la comunicación de los alumnos fue fundamental, ya que al principio los argumentos que expresaba cada uno eran deficientes y muchas veces la participación de los estudiantes se limitaba a asentir y pronunciar monosílabos. Fue necesario que los estudiantes adquirieran no sólo conocimientos, sino la confianza necesaria que les ayudará a expresar de forma asertiva sus comentarios.

Se favoreció el trabajo en equipo, orientando a los estudiantes a compartir con sus compañeros conocimientos y habilidades adquiridos por ellos previamente. El trabajo y la retroalimentación entre pares fueron fundamentales en la consecución del proyecto.

Se motivó a los alumnos a documentar su trabajo y sus experiencias, por lo que se les solicitaron reportes semanales que incluyeran los

avances, dudas o contratiempos del proyecto. Los reportes, además de la interacción con los alumnos en el salón de clases, fueron instrumentos valiosos para que el profesor detectara el progreso del proyecto así como posibles necesidades y huecos en la organización del trabajo en equipo.

3. Resultados y evaluación

En la profesión de ingeniería se requiere tratar con la incertidumbre y la resolución de problemas en la práctica profesional, en ocasiones con insuficiente información. Además, los ingenieros necesitan ser capaces de convertirse en miembros eficientes, en los grupos de trabajo colaborativo y multidisciplinario, desarrollando la comunicación y las habilidades en la resolución de problemas. Sin embargo, los recién graduados carecen de estas habilidades y muestran dificultades al aplicar los conocimientos fundamentales para la solución de problemas en la práctica, como aseguran Yadav, et al (2011). Llama la atención que ante un ejercicio numérico lo primero que muestra el alumno de Ingeniería Mecánica es su calculadora, antes de hacer un análisis del problema.

Para valorar las habilidades antes mencionadas, se realizó una evaluación diagnóstica previa al proyecto, los indicadores revelaron el grado de retención en los conocimientos fundamentales que tenían los estudiantes del 8° semestre de ingeniería mecánica, quienes mostraron una respuesta medianamente satisfactoria en las preguntas de concepto elaboradas y en la solución de problemas planteados de manera específica.

La evaluación formadora consiste en ayudar a que el alumno aprenda desde la evaluación formativa que propicia el mismo docente, y que sirve de base para que el alumno aprenda a apropiarse de los criterios que motivan el auto aprendizaje. La evaluación mutua incluye la autoevaluación y la coevaluación por parte de los miembros del grupo, de acuerdo con lo expuesto por Díaz Barriga (2010). En este caso se realizó la evaluación del proyecto por parte del profesor y a su vez se promovió la autoevaluación y la coevaluación.

La evaluación del docente de los resultados de diseño y construcción de la máquina universal, se realizó mediante la rúbrica mostrada en la Tabla 2, pues permite apreciar niveles progresivos de competencia o pericia mediante el rango de desempeños posibles y cómo los alumnos transitan de un nivel al otro. Puede decirse que la rúbrica, como guía de puntaje, describe a través de un conjunto amplio de indicadores el grado en el cual un estudiante está ejecutando un proceso o un

producto. Por motivos prácticos se muestran en forma abreviada los niveles de clasificación y los criterios de ejecución en tres categorías como estudiante novato, aprendiz y practicante, prescindiendo de la categoría de experto.

Tabla 2. Rúbrica para evaluar la construcción del prototipo

	Novato	Aprendiz	Practicante
Autenticidad	Proyecto inverosímil	Escasamente vinculado y poco creíble	Vinculado a la vida real
Calidad de la Narración	Falta de claridad	Poco interesante, apenas sugiere el problema	Planteamiento medianamente suficiente
Apertura para la discusión	Sesgado. Una sola respuesta	Algunos visos de discusión	Discusión seria
Complejidad de la propuesta	Escasos conocimientos de bajo nivel	Escasos conocimientos y habilidades	Habilidades cognitivas en niveles superiores
Vinculación curricular	Escasa vinculación con los contenidos	Media vinculación curricular	Alta incorporación curricular
Calidad crítica	Preguntas cerradas y generales	Preguntas abiertas invitando a la reflexión	Análisis y reflexión de las ideas centrales

Además de la aplicación de la rúbrica, se llevó a cabo la autoevaluación y la coevaluación de los participantes, lo que motivó una interesante discusión de análisis de los resultados. A continuación se presentan algunos comentarios de estudiantes que participaron en el proyecto:

- *«Durante la primera etapa del proyecto me di cuenta que debía hacer uso de conceptos que alguna vez vi en clase pero que ya estaban olvidados, o que tenía bien memorizados pero no comprendía del todo su aplicación. Al enfrentarme con problemas que nadie más iba a resolver por mí y donde además era responsable de dar resultados, me vi obligada a retomar apuntes de clase y además a investigar en otras fuentes».*
- *«Al principio tuve una resistencia a repasar cosas que se supone que ya sabía, pero al empezar a obtener resultados, empecé a interesarme cada vez más en investigar y profundizar en mis conocimientos».*
- *«Con respecto al uso de máquinas herramienta y de paquetería, una vez que vencí el recelo inicial de cometer un error, comencé a adquirir la sensibilidad para manejar este tipo de herramientas. No es que los conocimientos teóricos validaran su manejo, y tampoco la habilidad con las herramientas validó el conocimiento teórico, más*

- bien ambos se unieron y dieron paso a un conocimiento nuevo y más completo».*
- *«Casi sin darme cuenta, empecé a manejar conceptos que antes para mí eran confusos y que por lo tanto no tomaba en cuenta. Al trabajar en equipo, no todos avanzamos al mismo ritmo ni dominamos los mismos temas, por lo que es necesario aprender a expresar en palabras los conceptos que se van dominando»*
 - *«Al comenzar a exponer a mis compañeros mis puntos de vista y mis teorías con respecto al proyecto, me di cuenta que sin el estrés de hacer exámenes largos y rigurosos, obtuve el dominio de los conceptos relacionados al proyecto».*
 - *«El proceso de aprendizaje desarrollado por medio del problema/proyecto, se fue dando de forma natural».*

Aunque el indicador indiscutible del éxito del proyecto fue haber terminado el prototipo, las observaciones del profesor y la autoevaluación, realizada de forma honesta, son referencias valiosas para evaluar el trabajo desarrollado, y como base en los comentarios finales, los propios alumnos percibieron un cambio positivo en su nivel de conocimientos, destrezas y actitudes.

4. Conclusiones

Conviene cuestionar la educación tradicional, tan arraigada en los medios universitarios, y reflexionar en el desarrollo de métodos innovadores en la enseñanza de la Ingeniería Mecánica. El Aprendizaje Basado en Problemas es uno de esos métodos innovadores y constituye una alternativa valiosa para el proceso enseñanza aprendizaje, pues brinda mejores expectativas al novel egresado ante las exigencias del mercado laboral, con la intención de lograr mejor inserción al medio laboral mediante la pertinencia social de la especialidad de ingeniería.

Una de las competencias que debe desarrollar el docente, es la conducción del proceso enseñanza-aprendizaje desde la perspectiva sociocultural, mencionado por Mercer (1996) citado por Díaz Barriga (2010), que se refiere a la interacción discursiva entre profesor y alumno dentro del aula. Según el Manual para la Formulación de Propuestas Curriculares de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (2007), todo egresado de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí es portador de los conocimientos, aptitudes y destrezas en las disciplinas y campos de aplicación propios de la profesión, que referidos al campo profesional pueden considerarse como una competencia. Por lo anterior, se deduce que el trabajo en el aula incide en el ámbito profesional.



Figura 7. Alumnos con el prototipo terminado

Lo anterior comienza a cobrar sentido cuando el alumno transita de la regulación externa a una autorregulación, donde se ha internalizado la motivación, fruto de la interacción con los demás y debido también a la acción tutorial (Díaz Barriga, 2010). Cuando el alumno ha logrado dar este salto, se perfila como un individuo autónomo y responsable de su propio conocimiento y de su desarrollo como profesional y como integrante de la sociedad.

De los estudiantes involucrados en el proyecto voluntario, se resintió el abandono de un integrante que dejó de asistir a clases. Los estudiantes que permanecieron laborando en el proyecto lograron encontrar su propia motivación para superar dificultades y obtener como resultado el funcionamiento de la máquina universal.

En cuanto al prototipo, se considera sujeto a mejoras, las que podría desarrollar un nuevo equipo de estudiantes en futuros proyectos. Además, considerando las características de la máquina, se recomienda el uso del prototipo en el aula como material didáctico en materias como Mecánica de Materiales, Diseño de Maquinas, entre otras, ya que facilitaría a los estudiantes la comprensión de los principios que intervienen en la máquina, permitiendo relacionar la teoría con la práctica. Se propone además, el seguimiento de los estudiantes involucrados en el proyecto, quienes pudieran participar realizando demostraciones del trabajo de la máquina para los grupos de alumnos que apenas comienzan su formación como ingenieros.

Bibliografía

- ASKELAND, D.R. y PHULÉ, P.P. (2004). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. 4 ed. México: Thomson. 790 p. ISBN 970-686-361-3.
- ASTM (2004). *E8 Standard Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. In: *Annual Book of ASTM Standards*. West Conshohocken (PA, USA): American Society for Testing and Materials. 27 p.
- BEER, Ferdinand Pierre. (2010). *Mecánica de Materiales*. 5 ed. México: McGraw-Hill. 788 p. ISBN 978-607-15-0263-6.
- CARRETERO, Mario (2009). *Constructivismo y Educación*. Buenos Aires (Argentina): Paidós. 222 p. ISBN 978-950-12-1518-2.
- CHEVALIER, A. (1994). *Dibujo Industrial*. México: Limusa. 319 p. ISBN 968-18-3948-X.
- COLL, César (1988). *Conocimiento psicológico y práctica educativa: introducción a las relaciones entre psicología y educación*. Barcelona (España): Barcanova.
- DÍAZ BARRIGA ARCEO, Frida. (2010). *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo: una interpretación constructivista*. 2 ed. México: MacGraw Hill. 465 p. ISBN 970-10-3526-7.
- ESPÍNDOLA CASTRO, José Luis. (2000) *Reingeniería Educativa*. México: PAX. 310 p. ISBN 96-860-423-2.
- MARKS, Lionell S. y AVALLONE, Eugene A. (2007) *Marks Manual del Ingeniero Mecánico*, 9 ed. México: McGraw-Hill. 1123 p. ISBN: 970-10-0662-3
- GERE, James M. (2009) *Mecánica de Materiales*. 7 ed. México: Thomson Learning. 1025 p. ISBN 970-830-040-3.
- HIBBELER, Russell Charles. (2004) *Mecánica Vectorial para Ingenieros*. 10 ed. México: Pearson. 687 p. ISBN 970-26-0500-8.
- KALPAKJIAN, Seropé. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. 5 ed. México: Pearson. 1296 p. ISBN 970-26-1026-5.
- MOTA ENCISO, Flavio (s.f.). *La teoría educativa de Carl R. Rogers: alcances y limitaciones [en línea]*. En: *Temas de Educación*, Universidad Autónoma de Guadalajara. Zapopan (Jalisco, México): Universidad Autónoma de Guadalajara, UAG. <<http://kepler.uag.mx/temasedu/CarlR.htm>> [consulta: 17/08/2011]
- MOTT, Robert L. (2009) *Resistencia de Materiales*. 5 ed. México: Pearson Educación. 776 p. ISBN 978-607-442-047-0.
- NORTON, Robert L. (2005) *Diseño de Maquinaria*. 3 ed. México: McGraw-Hill. 749 p. ISBN 970-10-4656-0.
- PÉREZ MORENO, Romy. (2006). *Análisis de Mecanismos y Problemas Resueltos*. 2 ed. México: Alfaomega. 299 p. ISBN 970-15-1226-X.
- ROGERS, C.R. (s.f.). *Una Educación Centrada en el Alumno*. [En línea] <<http://boards5.melodysoft.com/Anarquismo2008/-cr-rogers-una-educacion-centrada-51.html>> [consulta: 17/08/11].
- ROTHBART, Harold A. and BROWN, Thomas H. (2006). *Mechanical design handbook: measurement, analysis, and control of dynamic systems*. 2 ed. Columbus (OH, USA): McGraw Hill, 900 p. ISBN: 0071466363
- SÁENZ BLANCO, Fabiola. (2007). *El Trabajo en Equipo: Teoría y Casos de Aplicación*. Bogotá (Colombia): Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 314 p. ISBN: 9789588247946.
- THIMOSHENKO, Stephen P. (1979). *Mecánica de Materiales*. México: UTEHA. 608 p. ISBN 968-438-684-2.
- UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ (2007) *Manual para la Formulación de Propuestas Curriculares*. [En línea]. San Luis Potosí (México): UASLP. <http://www.uaslp.mx/Spanish/Administracion/academica/DIE/innovacion_curricular/Documents/UASLP-ManualCurrDoctoV1.1F.pdf> [consulta: 17/09/2011].
- YADAV, Aman; SUBEDI, Dipendra; LUNDEBERG, Mary A. and BUNTING, Charles F. (2011). *Problem-based Learning: Influence on Students' Learning in an Electrical Engineering*. [on line]. In: *Journal of Engineering Education*, Vol. 100, No. 2 (abr.). Washington, D.C.: American Society for Engineering Education, ASEE, p. 253-280. ISSN. 1069-4730.<<http://www.jee.org/2011/April/05.pdf>> [consult: 18/08/2011].