

# UNA ALTERNATIVA METODOLÓGICA INNOVADORA PARA FORMAR Y EVALUAR COMPETENCIAS A TRAVÉS DE PROYECTOS DE CURSO EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

**Luis Marcos Castellanos González**

Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias (Colombia)

**Arcelio Hernández Ferreira**

Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos (Cuba)

## Resumen

Se presenta una experiencia metodológica innovadora, aplicada y enriquecida sistemáticamente, que muestra una alternativa de cómo estructurar y evaluar un curso bajo el enfoque de competencias. Se diseña el curso aplicando el aprendizaje basado en problemas, sustentado en el desarrollo de proyectos cursos, en función de la solución de problemas reales descubiertos por los alumnos en visitas dirigidas al entorno empresarial en las dos primeras semanas de clases. Los problemas seleccionados son convertidos en problemas docentes y son estructurados por los profesores para su desarrollo en el semestre por grupos de tres estudiantes. Los resultados se defienden en un fórum de grupo con la presencia de un colectivo multidisciplinario de profesores y de ingenieros invitados representantes de las empresas interesadas.

Se muestran los logros en la transformación en las actitudes, competencias y valores de los estudiantes, así como el avance en el trabajo interdisciplinario y el vínculo universidad – empresa.

**Palabras clave:** Formación por competencias, evaluación, aprendizaje basado en problemas, educación en ingeniería

## Abstract

This is an applied innovative method that is enriched consistently. It shows an alternative way about how structuring and evaluating a course based on skills. The course is designed by problem based teaching, using real industry problems identified by the students during visits held on the first two weeks of classes. These industry problems are converted into educational problems and are structured by teachers in order to be developed during the rest of the semester through groups of three students. Results are screened in

a group forum attended by professors of different disciplines, and engineers of the companies involved.

The success of this method is shown by the improvement of attitudes, skills and values of students, as well as progress in interdisciplinary work and by strengthen the relationship between university and industry.

**Keywords:** Skills training, evaluation, problem based teaching, engineering education

## Introducción

La transformación de la enseñanza en la educación superior, en función de la formación integral del profesional del siglo XXI presupone que:

- Las carreras de ingeniería son de perfil amplio para formar profesionales con una sólida formación básica y competente, para la solución de los problemas más generales y frecuentes de su profesión.
- Lograr un mayor nivel de esencialidad en las disciplinas, centrando su atención en los contenidos que realmente son fundamentales para cada carrera.
- La estimulación de la actividad investigativa-laboral, logrando una mayor integración entre las clases, el trabajo científico y la práctica laboral.
- El fortalecimiento en la formación de un segundo idioma, el inglés u otros.
- La virtualización de la enseñanza como consecuencia de la generalización del empleo de la computación y las TIC.

En el Proyecto Educativo Institucional (PEI) de la Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB, 2009),

*“se entiende a la educación como un proceso que dista de la simple presentación de grandes cantidades de información o datos, para modelar las cualidades o potencialidades de los estudiantes, de acuerdo con criterios unilaterales. Se trata de mediar en el desarrollo de sus capacidades, para desarrollar procesos de aprendizaje y de innovación, que sean coherentes con los*

*intereses del estudiante. Es procurar una educación para la vida, pensada desde el presente, pero que perdura en el futuro, porque le proporciona y ofrece estrategias para el desarrollo de habilidades para un aprendizaje autónomo, que posibilite la capacidad de aprender a aprender”.*

Este modelo presupone cierto cambio del roles, tanto en los profesores como en los estudiantes en el proceso de formación integral, puesto que

*“sitúa al estudiante en contacto con su entorno, para intervenir social y profesionalmente en él, a través de actividades como trabajar en proyectos, estudio de casos, tanto de carácter académico, como los surgidos en su vínculo con las empresas productivas y proponer solución a los problemas detectados”.*

Por otro lado, los resultados del estudio (Sánchez, 2006) patrocinado por el Consejo Profesional de Ingenierías Eléctrica, Mecánica y Profesiones Afines, titulado “Caracterización profesional de ocho especialidades de la ingeniería - competencias y funciones de los profesionales recién egresados” y otros foros desarrollados por las instituciones de educación superior, han servido de base y de guía para la reflexión y búsqueda de alternativas metodológicas hacia el enfoque de formación integral basado en competencias. Sobre esta base la Facultad de Ingeniería de la UTB ha desarrollado un trabajo metodológico que ha involucrado a toda la planta docente.

Para el profesor implica un enfoque metodológico diferente y complejo (Cázares, 2009) en la impartición de sus disciplinas, dirigido ahora

más a la formación de competencias que a la trasmisión de volúmenes de conocimientos. Pero lo más difícil para el profesor es concebir una alternativa innovadora del sistema de evaluación para obtener evidencias y con justicia determinar la evolución del estudiante en su formación por competencias y de cómo cuantificarlas sobre determinados criterios de medida para asignar una nota.

Los autores de este trabajo han desarrollado durante más de 10 años alternativas para el acercamiento al modelo propuesto (Castellanos; Figueredo, 2001), mediante la aplicación de los métodos activos de enseñanza, esencialmente con el desarrollo del aprendizaje basado en problemas y el desarrollo de proyectos integradores con el diseño de evaluaciones integradoras e innovadoras. Estos resultados ya han sido incorporados al currículo de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Cienfuegos, Cuba, desde el año 2004. Durante los años 2009 (Castellanos, 2009) y 2010 se ofrecieron importantes avances en el desarrollo de esta alternativa en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia.

Con este trabajo se ofrece una alternativa de cómo, transitar de la formación y evaluación tradicional a la formación y evaluación por competencias en las disciplinas de ingeniería, destacándose el papel que desempeña el proyecto de curso (Steiner, *et al.*, 2008) y los resultados obtenidos en el perfeccionamiento de esta metodología por los autores. Se presenta, a título de ejemplo para su comprensión, cómo se estructura un curso de materiales de ingeniería, bajo este nuevo enfoque y los logros obtenidos con su aplicación en la formación integral de los alumnos. El esquema que se ofrece es aplicable en muchas disciplinas de ingeniería, flexible en dependencia sus especificidades y de las iniciativas creadoras, voluntad y de la dedicación del educador que la desarrolla.

## Desarrollo

### **El curso de materiales de ingeniería bajo el enfoque de formación y evaluación por competencias. El rol del proyecto de curso**

La formación basada en competencias sustentada en el aprendizaje basado en problemas es una buena alternativa para el logro de este desempeño, con un salto cualitativo en la formación integral del estudiante.

El plan de curso y el *syllabus* quedan estructurados en función de competencias a desarrollar y no de objetivos a alcanzar, se ofrecen las intenciones educativas, los contenidos, la metodología a desarrollar y el sistema de evaluación innovador (Carvajal; Ramírez, 2008). El curso queda estructurado metodológicamente a través de un sistema de 5 formas de enseñanza, siendo el proyecto de curso, el eje central en la actividad de la formación integral y la evaluación por competencias de los alumnos, empleando el aprendizaje basado en problemas. La otra actividad que se desarrolla con una componente innovadora es la asignación de un tema de exposición, en función esencialmente de la formación de competencias básicas y genéricas estructuradas y evaluadas de un modo diferente a lo tradicional donde el alumno realiza copias (corta, pega y lee o entrega un documento extenso escrito que ni el profesor tiene tiempo de revisar).

El laboratorio desempeña un papel importante en el trabajo independiente de los grupos de estudiantes en función de resolver las tareas del proyecto, la formación de habilidades y de las competencias declaradas.

### **¿Cómo se concibe el proyecto de curso?**

Su esencia radica en la aplicación de los métodos activos de enseñanza con el aprendizaje basado

en problemas, pero problemas reales, en su mayoría encontrados o descubiertos por los estudiantes dentro de las empresas, los cuales son convertidos en problemas docentes, asignados a pequeños grupos de alumnos para ser abordados a través de un grupo de tareas (una guía), que es entregada y adecuada por el profesor, de acuerdo con cada caso.

### **Etapas en la aplicación de los métodos problémicos en el proyecto**

De definen cuatro etapas, algunas de las cuales se superponen. No constituye un esquema rígido y depende de las particularidades de cada disciplina.

- **Primera etapa:** la sensibilización y motivación de los estudiantes y búsqueda de los problemas reales por ellos, durante aproximadamente los primeros quince días de clases.
- **Segunda etapa:** selección, aprobación de los problemas reales y su conversión en problemas docentes estructurado en tareas en función de las competencias que se pretenden desarrollar.
- **Tercera etapa:** Desarrollo del trabajo experimental por tareas en el laboratorio, en el aula y fuera de ella, usando el aprendizaje basado en problemas en las diferentes formas de enseñanza. Esta etapa abarca casi todo el semestre.
- **Cuarta etapa:** Confección de los informes, reportes, ponencias y sus presentaciones con la defensa pública. Todos los resultados son revisados por los profesores quienes hacen recomendaciones antes de la discusión final. En esta etapa los docentes recogen y consolidan las evidencias del desarrollo de las competencias para cuantificar el resultado en una nota.

### **Argumentación del nuevo enfoque por etapas**

En la primera etapa, se sensibilizan y motivan a los alumnos, mostrando los resultados de trabajos desarrollados por los alumnos de años anteriores,

destacando los logros y algunas dificultades a resolver. Se plantean las exigencias o requisitos del problema a buscar por cada alumno en el entorno para que pueda ser convertido en un problema docente de la disciplina (en este caso son piezas metálicas que han fallado, o se quieren caracterizar, o que responden a una necesidad constructiva). El profesor siempre tiene un banco de problemas reales de reserva.

La segunda etapa abarca una semana aproximadamente, preferiblemente en la tercera semana de clases, donde se hace la conversión de los problemas reales elegidos en problemas docentes. Se asigna un problema a cada subgrupo (no más de 4 alumnos). A partir de este momento el estudiante comienza a sentir *su problema* y el profesor logra la situación problémica. Comienza el desarrollo del trabajo en el proyecto para lo cual:

Se establece y adecua una guía de trabajo con las tareas por etapas, habilidades y competencias a formar, se orienta la bibliografía a consultar y la estructura del informe final.

- Se establecen los detalles del sistema de evaluación por competencias relacionado con el trabajo experimental y las competencias a evaluar. (se exigen tres reportes del proyecto).
- Se muestran y analizan con detalle los informes finales y los resultados concretos del trabajo experimental de los estudiantes del curso anterior.
- Se desarrolla una introducción al laboratorio en función de todos los ensayos que van a desarrollar y el sistema de normas ASTM (en Inglés) que utilizarán.
- Se presenta al personal de apoyo (auxiliares técnicos, monitores y semilleros de investigación) y profesores que desde otras disciplinas apoyarán al proyecto.

En la tercera etapa, mediante el trabajo en grupo, los alumnos hacen búsquedas de información,

usando las TIC, (estado del arte, normas, catálogos, trabajos precedentes, etc.), hacen el planteamiento del problema y luego realizar nuevas visitas a las empresas de origen del problema. Posteriormente, desarrollan el trabajo experimental, aplicando en los diferentes momentos del curso, los métodos problémicos de enseñanza: La exposición problémica, el método científico, la conversación heurística y la búsqueda parcial, en función de la formación y evaluación de las competencias declaradas y compartidas con los alumnos.

Para el éxito de esta etapa esencial, que es la de mayor dedicación, se requiere:

- Un fuerte trabajo del docente para lograr la interrelación de lo general con lo particular de cada problema y en cada actividad docente para que cada estudiante (subgrupo) vea reflejado su problema docente-investigativo en las conferencias, los seminarios y los laboratorios.
- Interdisciplinaria, es decir, la integración con otras disciplinas que se requieran como apoyo en la solución de los problemas. Por ejemplo: Resistencia de Materiales, Metodología de Investigación, Diseño Mecánico, Procesos de Manufactura, entre otras.
- Un sistema de evaluación bien estructurado en función de los métodos aplicados, con gran peso en la evaluación de las habilidades y competencias de los estudiantes.
- Aprovechamiento sistemático de las potencialidades de los alumnos de alto rendimiento docente dentro de aula, de los monitores y de los semilleros de investigación a cargo del profesor.

La cuarta etapa y final, de consolidación de los resultados de proyecto por el grupo, escritura de informes, elaboración de artículos si el profesor lo cree pertinente, y de preparación para la presentación pública en el aula. Ésta concluye con un fórum del aula para la presentación de los resultados por parte de los alumnos, con

la presencia de profesores y algunos invitados del sector empresarial. Además se hacen los entregables exigidos por cada grupo. En este momento se destacan los logros de los estudiantes y se estimulan a la continuidad para que formen nuevos grupos de investigación científica (semilleros de investigación), se propone que algunos resultados se lleven a otros eventos como las Jornadas Científicas de Facultad u otros, en el nivel regional o nacional. Adicionalmente, se identifican los trabajos que requerirán de continuidad y que deben ser incorporados a temas de trabajos de grado.

En esta etapa, antes y durante el acto de exposición, a los alumnos se les indican cuáles son las competencias y aspectos que deben superar (expresión oral y escrita, nivel de participación dentro del grupo, dominio de otro idioma, calidad de los resultados presentados, entre otras), lo que constituye una retroalimentación. Durante esta etapa el profesor reúne muchas evidencias para calificar al estudiante y cuantificar el resultado final.

### **¿Cómo se transita de la evaluación tradicional a la evaluación innovadora de formación de competencias?**

La tradición educativa de medir el aprendizaje es incoherente y discordante con el nuevo enfoque del proceso educativo basado en la formación por competencias (Duque, 2006). Diseñar y aplicar una alternativa innovadora en el sistema de evaluación con éxito es el mayor reto de los profesores que se suman a este proceso de cambio.

Se requiere de un cambio en los objetivos de la evaluación, en la intención, los procedimientos y los instrumentos para recuperar las evidencias del avance del alumno tanto en el aula como fuera de ella. Luego, algo que se hace difícil es lograr la ponderación y cuantificación de dichas evidencias para evaluar con justicia al alumno.

A pesar de ser una directriz institucional, este nuevo enfoque exige vencer barreras, entre las que están: los viejos esquemas vigentes de evaluación establecidos en las universidades, los problemas históricos, ideológicos, metodológicos y personales de alumnos y profesores que se resisten al cambio (Cázares, 2009).

Cada profesor tiene que avanzar con su sistema de evaluación innovador y por competencias, sujeto al esquema Institucional establecido en la plataforma automatizada de cada universidad, sin violar lo reglamentado, en este caso en tres cortes evaluativos. Por tal razón, se diseña el sistema de evaluación y los reportes del proyecto en tres momentos, pero bajo un nuevo enfoque, no sólo a través de quizzes y parciales; sin renunciar a ellos, el profesor crea sus propios instrumentos de medición compartidos y socializados con sus alumnos. Al comienzo de cada período el profesor coloca un documento escrito en la plataforma interactiva (SAVIO), declarando qué competencias se van a evaluar y cómo se llevará a cabo en cada actividad evaluativa.

Dada la importancia y la necesidad de que los alumnos estén convencidos y conscientes del cambio y del rol que les corresponde desempeñar en esta alternativa innovadora de evaluación, desde el primer día de clases el profesor tiene que ser capaz de convencer y “enamorar” a los estudiantes para sumarse al cambio. Se comparte con los estudiantes este nuevo enfoque y se demuestra a los alumnos el significado que tiene para ellos como profesionales y para la vida, el logro de las competencias básicas, genéricas y específicas que se están declarando. Adicionalmente, se les hace entrega de dos documentos escritos, publicados en la red, titulados: “El sistema de evaluación sustentado en un nuevo enfoque, evaluación por competencias” y “Guía para el desarrollo del proyecto de curso en Materiales de Ingeniería”.

En el diseño del sistema de evaluación se parte de las competencias comprometidas en el

curso y se define el cómo y el cuándo se van a evaluar (Tabón, 2010). y cuál es el criterio de medida para ponderarlas y ofrecer una nota en cada corte y final. Por ejemplo, una reflexión sobre la competencia declarada en este curso, considerada como genérica; la competencia 9: Saber interpretar y resumir documentación e información en idioma inglés. Independientemente que el proceso esté diseñado para una formación sistemática del alumno en esta competencia, aquí se ha definido un alcance “saber resumir e interpretar”, no es “saber comunicarse”; pues es ese nivel el que el profesor debe evaluar. ¿Cómo hacerlo? Eso depende mucho de la habilidad que tenga el profesor. Una manera utilizada por los autores del trabajo es la siguiente.

Por ejemplo, cuando los alumnos llegan al laboratorio para hacer un ensayo de dureza Rockwell, el profesor les entrega a cada uno la norma ASTM A 370 (en inglés) y les ofrece 10 minutos para que resuman la esencia del ensayo (un párrafo) en la norma. Cada alumno de forma verbal en español debe decirle al profesor o a su colaborador qué entendió y cuál es su resumen. El alumno está siendo diagnosticado y ofreciendo evidencias de su estado en esta competencia (que son registradas). El profesor le ha demostrado al alumno que tiene la necesidad de al menos traducir, interpretar y resumir la información de las normas en inglés para poder hacer el ensayo, Se ha creado una necesidad de superación y estudio del idioma inglés para aquellos que no han logrado el nivel exigido en este curso. El profesor orienta y precisa a cada estudiante en función de sus individualidades para que evolucione en esta competencia. En otros momentos del curso, en otras clases de laboratorio, en el resumen de búsquedas o de un tema en inglés, el profesor registra de igual forma (puede ser en una evaluación escrita) las evidencias del avance de cada alumno y así puede emitir juicios (evaluar) sobre el desarrollo del estudiante en esa competencia. Al final del curso, el profesor evaluará no sólo el nivel, sino

que hará énfasis en el avance que tuvo cada estudiante en la competencia evaluada emitiendo un juicio justo en cada caso.

De igual manera el profesor, haciendo uso de su maestría pedagógica, puede evaluar las demás competencias declaradas a través de las diferentes formas de enseñanza y actividades del curso.

### **El aprendizaje basado en problemas y la evaluación de las competencias en las diferentes formas de enseñanza utilizadas**

#### **¿Cómo desarrollar y evaluar las competencias en las conferencias y cómo se vincula la actividad del proyecto a las mismas?**

En las conferencias de esta asignatura, el profesor hace uso sistemático de la exposición problémica, pero no sólo el profesor es el actor principal. Las dos formas más frecuentes empleadas en la exposición problémica son:

**Primera:** En la clase se presenta un problema real de fallas, recuperación o fabricación de piezas, como los que se encuentran los ingenieros en la industria. Este problema sirve de base para la motivación y desarrollo de una clase. El profesor se encarga de retomar algunos de los problemas abordados por los alumnos con debates breves sobre el proyecto que ellos desarrollan para incentivar, motivar al auditorio y crear la necesidad de búsqueda de información.

**Segunda:** Los subgrupos de estudiantes en proyecto, cuyos problemas se relacionan con el tema de la clase que corresponde, preparan exposiciones cortas de tópicos orientados previamente por el profesor, presentando así resultados parciales, información actualizada y comentan las tareas aún no resueltas. El profesor evalúa el desarrollo de las competencias básicas y genéricas que se ponen de manifiesto, como son: la

capacidad de trabajar en grupo, la de expresarse correctamente, la del uso de las TIC. También puede evaluar competencias específicas, por ejemplo, la competencia 14: Ser capaz de identificar las principales tipos de fallas y roturas que ocurren en los materiales, relacionándolas con sus causas y proponiendo medidas para evitarlas. La exposición problémica con la participación de los alumnos ofrece la oportunidad al profesor para evaluar y retroalimentar el proceso.

#### **El proyecto de curso desde el enfoque de formación y evaluación de las competencias**

La riqueza de un proyecto de curso sustentado en la solución de problemas para formar las competencias planteadas y evaluarlas es inmensa. A continuación se presenta una reflexión al respecto.

En la tercera semana del curso, los alumnos con sus problemas reales convertidos en problemas docentes, ya empiezan a asumir su rol, se motivan, se consideran en su grupo responsables de la caracterización y solución de un problema real del entorno empresarial, se sienten en el rol de un ingeniero comprometido con una importante tarea. A partir de este momento empieza el papel protagónico del alumno.

En la gráfica 1 se muestra una de las piezas deteriorada y encontrada por los alumnos en la primera etapa, un punzón para el recalcado en caliente. En la gráfica 2 se muestra un grupo de piezas que han sido seleccionadas como problemas que cumplen los requisitos para ser convertidas en problemas docentes y asignados a los estudiantes. En las gráficas 3, 4, 5 y 6 los estudiantes que estudian el punzón de la empresa Tubocaribe, desarrollan el trabajo experimental para caracterizar dicha pieza. Las imágenes presentadas corresponden a las tres primeras etapas del proyecto que se desarrolla en el curso de materiales de ingeniería del semestre B del año 2010.

Es importante destacar que en las tres primeras semanas del curso, el profesor y su personal de apoyo desarrollan prácticas frontales instructivas de ensayos mecánicos, preparación de probetas y análisis microestructural, todo bajo los estándares internacionales. A partir de la cuarta semana, los estudiantes en subgrupos,

desarrollan los ensayos en función las necesidades planteadas en cada proyecto. A partir de este momento el profesor orienta, controla y evalúa a los estudiantes. Se ofrecen tiempos extras de laboratorio para los alumnos que deseen trabajar fuera del su horario, denominadas: sesiones de laboratorio abierto.

Gráfica 1. Punzón deteriorado, encontrado en la empresa Tenaris-Tubocaribe



Gráfica 2. Piezas seleccionadas para el desarrollo del proyecto en grupos



Gráfica 3. Determinación de la dureza del punzón



Gráfica 4. Tronzado de una muestra del punzón para el estudio metalográfico



Gráfica 5. Preparación de probetas para el análisis metalográfico



Gráfica 6. Análisis microestructural en el microscopio óptico





## ¿Cómo se forman las competencias y cómo evaluarlas a través del desarrollo del proyecto?

A continuación se hace un simple análisis de la incidencia del proyecto en cada una de las competencias planteadas en el curso de materiales de ingeniería:

### Competencias básicas:

- Saber comunicarse correctamente de forma oral y escrita. Son muchos los momentos que ofrece el proyecto para desarrollar esta competencia y para evaluarla: durante el trabajo en grupo, en la presentación de informes, en las exposiciones (en fórum del aula), en las conversaciones heurísticas con profesor, técnicos y otros.
- Saber desarrollar trabajos en grupos asumiendo el rol y la responsabilidad que se le asigne. El proyecto es desarrollado por un grupo pequeño y cuenta con un líder.
- Desarrollar capacidad de análisis y crítica. Se desarrolla el método científico en la solución de las tareas del problema y el método de búsqueda parcial.
- Saber estudiar y aprender eficazmente utilizando todas las fuentes de información posibles. El alumno estudia por la necesidad planteada con un alto grado de motivación. Aprende a aprender de forma autónoma. Comprende qué necesita saber para poder hacer sus tareas profesionales.

### Competencias genéricas:

- Aplicar los elementos básicos de las matemáticas en la ingeniería y en la vida. El estudiante realiza cálculos y aplica la teoría de errores y la estadística básica para ofrecer los resultados de los ensayos de dureza y otros.
- Saber utilizar las herramientas informáticas y software afines al ingeniero mecánico. El estudiante utiliza dos software en el desarrollo de

los laboratorios el de la máquina Universal de ensayos y el ANALISYS de procesamiento de imágenes en metalografía y otros relacionados con el trabajo.

- Saber manejar, interpretar y aplicar las normas técnicas (normas ASTM, ISO y otras), así como las normas de seguridad e higiene del trabajo y de protección del medio ambiente. Todos los ensayos se hacen sustentados en normas internacionales y colombianas, las ASTM en inglés. Se dan las normas de higiene y protección del trabajo en el laboratorio.
- Utilizar las TIC y la plataforma interactiva de “SAVIO”, se convierte en una necesidad.
- Saber interpretar y resumir documentación e información en Idioma Inglés. Como se mencionó antes se convierte en una necesidad.
- Utilizar correctamente los instrumentos de medición y equipos en el campo de la ingeniería. Para los diferentes ensayos se usan los instrumentos de medición.

### Competencias específicas:

- Determinar e Identificar las microestructuras metalográficas que caracterizan cada grupo de materiales empleados en la ingeniería, correlacionando composición química, estructura y propiedades. Constituye la esencia y el fin de las tareas de ensayos estructuradas en cada proyecto, que al final permiten a los alumnos correlacionar los resultados, expresados en el informe final.
- Saber determinar propiedades mecánicas mediante los ensayos estandarizados de dureza, tensión e impacto Son tareas del proyecto, que los alumnos realizan con sus propias manos bajo los estándares internacionales.
- Seleccionar el material y los mecanismos de fortalecimiento según las condiciones de explotación y los requerimientos tecnológicos dados, teniendo en cuenta la calidad, la economía y el impacto medio ambiental. Dentro de las tareas orientadas se pide a los alumnos hacer una valoración de alternativas

de selección de otros materiales que puedan ser empleados para fabricar el elemento estudiado y los mecanismos que proponen para fortalecerlos.

- Ser capaz de identificar las principales tipos de fallas y roturas que ocurren en los materiales, relacionándolas con sus causas y proponiendo medidas para evitarlas. Si el problema es una pieza que presentó fallas, los estudiantes deben hacer un análisis de las posibles causas y proponer alternativas para evitarlas o mitigarlas.

En resumen, el proyecto está diseñado en función del desarrollo de todas las competencias previstas en el plan de curso, teniendo su mayor incidencia en la formación de competencias específicas. El sistema de evaluación permite recoger las evidencias para la calificación y retroalimentación del proceso de formación de los estudiantes.

### **El examen escrito para evaluar competencias y el examen escrito a “libro abierto”**

En este nuevo enfoque no se renuncia a la evaluación escrita, pero están dirigidas esencialmente a la evaluación de las competencias específicas, como por ejemplo la principal competencia del ingeniero, a la que tributa esta asignatura es la número 13, enunciada como: Saber seleccionar el material y los mecanismos de fortalecimiento según las condiciones de explotación y los requerimientos tecnológicos dados, teniendo en cuenta la calidad, la economía y el impacto medio ambiental.

### **¿Cómo se evalúa esta competencia en un examen escrito?**

Por ejemplo, en la tercera etapa y final del curso los alumnos ya están entrenados y deben mostrar el dominio de la competencia antes expuesta. En tal caso, generalmente se aplican exámenes donde el profesor presenta necesidades reales de

selección de materiales (casos reales típicos) como los que enfrenta un ingeniero en la producción. Se da la información sobre las propiedades requeridas del producto a fabricar y un listado de posibles materiales que oferta el mercado. Los alumnos con toda la información necesaria obtenida mediante libros, atlas, handbooks, entre otros, o conectados en Internet, de la misma manera que lo hace un ingeniero en la industria, deben hacer su propuesta de alternativas de selección de materiales y sus tratamientos para cada caso, que permitan satisfacer las necesidades planteadas tomando en cuenta los aspectos técnicos, económicos y medio ambiental. Cada alumno debe justificar sus respuestas. Esta una evidencia escrita del grado de desarrollo de cada alumno en la competencia específica principal de la asignatura.

## **Conclusiones**

Esta experiencia ha mostrado una alternativa innovadora para el desarrollo de la formación y evaluación basado en el enfoque por competencias de los estudiantes de ingeniería sustentado sustentado en el aprendizaje basado en problemas y en el desarrollo de proyectos de formación en el curso, con la conversión de problemas reales en problemas docentes desarrollados por los alumnos bajo la dirección efectiva y sistemática de los profesores.

Dentro de los principales logros de esta alternativa metodológica están:

- Una formación más sólida de los estudiantes con una alta motivación por el estudio y búsqueda de información. El estudiante estudia por necesidad y no por obligación del profesor o de su familia.
- La unidad entre los componentes: laboral e investigativo y docente, en la formación de los alumnos.
- Los estudiantes se sienten útiles y protagonistas en la solución de los problemas de

ingeniería trabajando en grupos y asumiendo diferentes roles.

- Una alta motivación por el trabajo de investigación científica con una gran incorporación a los semilleros de investigación.
- Un salto cualitativo en la expresión oral y escrita de los estudiantes, incluyendo un segundo idioma.
- La evaluación deja de ser un elemento añadido e importado y se convierte en algo consustan-

cial al desarrollo del proceso, reduciendo la tendencia al fraude, transitando a la evaluación por competencias.

- Un salto cualitativo en la responsabilidad del alumno y la calidad de su formación integral.
- Una adecuada interdisciplinariedad en la solución de las tareas vinculadas a los problemas, requiriendo el concurso de otros docentes.

## Referencias

---

- Algudín, Y. (2001). Educación basada en Competencias. Universidad Latinoamericana. Barnett Puebla.
- Carvajal, A., Ramírez, C. (2008). Diseño de un Modelo de Evaluación para un Ambiente de Aprendizaje Activo en Ingeniería. Revista Educación en Ingeniería, 6. Consultado en <http://site430.mysite4now.net/acofivirtual/revista/revista6>.
- Castellanos, L.M. (2009). Una experiencia en la transformación de la enseñanza del el ingeniero del Siglo XXI, Memorias del de la III Jornada Científica del programa de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la UTB, Cartagena, Colombia.
- Castellanos, L.M., Hernández A. (2010). Una experiencia metodológica innovadora del cómo formar y evaluar por competencias en las disciplinas de las carreras de ingeniería. Memorias del CIEBC 2010. Cartagena de indias, Colombia
- Castellanos, L.M., Figueredo, M. (2001). Los métodos de enseñanza basados en problemas en la transformación de la enseñanza de asignaturas técnicas en la Educación Superior. Memorias del evento internacional "GRAFIAR 2001". La Habana, Cuba.
- Cázares, L. (2009). Planeación y evaluación basadas en competencias, Editorial Trillas, Colombia, pp.149
- Duque, M. (2006). Competencias, Aprendizaje Activo e Indagación: Un caso práctico en Ingeniería. Revista Educación en Ingeniería, N° 2 de junio de 2006, ACOFI, Bogotá, pp. 7-18, 2.
- Morín, E. (1999). Los siete saberes necesarios para la educación del futuro. UNESCO. París.
- Sánchez. G. (2006). Estudio de competencias, instrumento para facultades de Ingeniería. "Caracterización Profesional de Ocho Especialidades de la Ingeniería - Competencias y Funciones de los Profesionales Recién Egresados". Consultado en mayo del 2008. <http://www.aciem.org/bancoconocimiento/C/CaracterizacionProfesional/>.
- Steiner, M., Ramírez, M.C., Hernández, J.T., Plazas, J. (2008). Aprendizaje en Ingeniería basado en Proyectos, algunos casos. Ciencia e Ingeniería en la Formación de Ingenieros para el siglo XXI, Sección 2, pp. 129-147, ACOFI, Bogotá, Colombia.
- Tabón, S. (2010). Formación integral y competencias, pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación, tercera edición, Bogotá, Tercera edición, Ecoe, pp.328
- UTB, (2009). Universidad Tecnológica de Bolívar. Proyecto Educativo Institucional (PEI) del año 2009, Cartagena de Indias, Colombia.

## Sobre los autores

---

### Luis Marcos Castellanos González

Licenciado en Educación, especialidad Física, en el Instituto Superior Pedagógico "Félix Varela" de Villa Clara. Cuba. Con Doctorado en Ciencias Técnicas en la temática de "Transformaciones de Fase y Sol-

dabilidad de Aceros Ligeramente Aleados". Cursos Posdoctorales en la Universidad Tecnológica de Tampere en Finlandia y en Universidad de Oviedo en España. Profesor de Física, Materiales de Ingeniería y Procesos de Manufactura con 30 años de experien-

cia como profesor en una universidad cubana y dos universidades colombianas. Director de un Centro de Investigaciones en Cuba durante 12 años. Desde el 2008 profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Bolívar, desarrollando, entre otras tareas, trabajo docente – metodológico en función de la transformación de la enseñanza tradicional a la formación por competencias.

lcastell@unitecnologica.edu.co

**Arcelio Aramis Hernández Ferreira**

Licenciado en Física de la Universidad de la Habana Cuba. Con Doctorado en Ciencias Técnicas en la Cátedra de Física de los Metales en el Instituto Politécnico de Kiev Ucrania en 1984 en el Tema de Ciencia de los Materiales. Con entrenamiento y posdoctorado en la Universidad Tecnológica de Tampere

en Finlandia. Profesor de Física de la Universidad de Cienfuegos Cuba Profesor invitado en Universidades colombianas por 10 semestres. Ha ocupado las responsabilidades de Jefe del Departamento de Física y Química de la Universidad de Cienfuegos por 9 años y Vicerrector de Investigaciones. Tiene 60 publicaciones en revistas Científicas y memorias de Congresos tanto en Cuba como en el extranjero. Miembro de la Comisión Nacional de Física para los planes de estudio de las carreras de Ingeniería en Cuba. Miembro de los Consejos Científicos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. Fue Miembro de la Comisión Central Asesora para el Trabajo Científico del Ministerio de Educación Superior de Cuba.  
archdez@ucf.edu.cu

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.