

FORMACIÓN DE INGENIEROS INTERDISCIPLINARIOS A TRAVÉS DE UNA METODOLOGÍA ACTIVA CON TEMÁTICAS INTEGRADORAS*

TRAINING OF INTERDISCIPLINARY ENGINEERS THROUGH AN ACTIVE METHODOLOGY WITH INTEGRATING SUBJECTS

María Aidé Angarita Velandía¹
Flavio Humberto Fernández Morales²
Julio Enrique Duarte³

RESUMEN

La formación de ingenieros en temáticas multidisciplinarias es una tarea compleja, en la medida que requiere desarrollar competencias propias de varias disciplinas bien cimentadas; este es el caso de las ingenierías electromecánica, mecatrónica y biomédica, en las cuales, para alcanzar los objetivos de formación, es necesario trabajar temáticas integradoras. En el presente documento se reporta una metodología de enseñanza activa universitaria sobre un tema específico de carácter integrador. Como temática integradora se propone la automatización de un grupo electrógeno. Se plantea una metodología de cinco fases, cada una con sus actividades, competencias y evaluación, para su puesta en el aula durante un periodo académico. El problema se abordó con estudiantes de ingeniería electromecánica, adoptando un enfoque de diseño modular para la solución del problema. La solución modular permite organizar los grupos de trabajo, adecuando su conformación a la cantidad e intereses de los estudiantes; igualmente permite el aprendizaje colaborativo, incentiva la responsabilidad en la ejecución de las tareas y potencia las competencias comunicativas, pues el éxito en el resultado final dependerá del grado de cumplimiento y compromiso de cada grupo en la labor asignada. La experiencia indica que el control de grupos electrógenos es una temática integradora que permite, a los futuros ingenieros, poner en práctica los conocimientos que han sido recibidos de forma aislada en las áreas de electricidad, electrónica y mecánica. Adicionalmente, la metodología propuesta potencia el desarrollo de competencias tales como: búsqueda, selección y manejo de la información, trabajo en grupo, tolerancia, comunicación y habilidad para resolver problemas.

PALABRAS CLAVE

Formación de ingenieros, aprendizaje orientado por proyectos, multidisciplinariedad, grupos electrógenos.

ABSTRACT

The training of engineers in multidisciplinary subjects is a complex task, insofar as it requires developing competences of several well-established disciplines. This is the case of electromechanical, mechatronics and biomedical engineering, in which in order to achieve the training objectives, it is necessary to work on integrative subjects. The present document reports a methodology of active university teaching on a specific subject of integrative character. As an integrative subject, the automation of a generator set is proposed. It

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2016.

Fecha de evaluación: 29 de junio de 2016.

Fecha de aceptación: 2 de agosto de 2016.

*Artículo derivado de la investigación “Desarrollo de un banco de pruebas para el estudio de fenómenos oscilatorios y ondulatorios en tecnología”, realizada entre 2015-201 y financiada por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia con código SGI 1731.

1 Licenciada en educación industrial-electricidad, Magíster en educación, docente Liceo La Presentación, Sogamoso. Correo electrónico: maria_aide1@hotmail.com.

2 PhD. Electrónica, docente titular, Escuela de Educación Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: flaviofm1@gmail.com

3 PhD. en Física, docente titular, Escuela de Educación Industrial, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: julioenriqued1@gmail.com

also applies a methodology of five phases, each with its activities, competences and evaluation to be placed in the classroom during an academic period. The problem was addressed with students of electromechanical engineering, adopting a modular design approach to solving the problem. The modular solution allows organizing work groups, adapting their conformation to the amount and interests of students. It also allows collaborative learning, encourages responsibility in the execution of tasks and enhances communicative skills because the success in the final result will depend on the degree of compliance and commitment of each group in the assigned work.

KEYWORDS

Taining of engineers, project-oriented learning, multidisciplinary, generators

INTRODUCCIÓN

Los procesos de globalización demandan en la actualidad profesionales con capacidad para resolver problemas, que tomen buenas decisiones, creadores de soluciones novedosas y adecuadas al contexto (Avila-Guerrero, 2011; Bustamante-Zapata, Porto-Pérez & Hernández-Taboada, 2013; Valdelamar-Zapata, Ramírez-Cruz, Rodríguez-Rivera & Morales-Rubiano, 2015). La solución de problemas se aprende: confrontando eventos, definiendo los problemas, experimentando con ellos, analizando las variables que intervienen y buscando posibilidades que brinden alternativas de solución (Dar-Chin, Shao-Tsu & yi-Ping, 2004; Parra-León, Duarte & Fernández-Morales, 2014). En éste sentido, la ingeniería es una de las profesiones que mayores exigencias presenta a nivel formativo, generando la necesidad de aplicar estrategias pedagógicas que permitan el desarrollo de las competencias requeridas por la industria en la sociedad del conocimiento (Granado, Marín & Pérez, 2010).

Entre las competencias genéricas, esperadas hoy en día, se cuentan: aprendizaje activo, pensamiento crítico, habilidad para la identificación y solución de problemas, capacidad de innovación, todo ello enmarcado en la capacidad de aprender a lo largo de la vida, de modo que los profesionales se adapten a entornos que cambian cada vez con mayor velocidad. Igualmente importantes son las competencias específicas, es decir aquellas propias de cada profesión, que implican el saber hacer en contexto.

Diversos autores han propuesto estrategias pedagógicas activas, como alternativa a la ense-

ñanza tradicional, en las cuales el estudiante se convierte en el eje del proceso formativo. Algunas de esas estrategias son: el aprendizaje basado en problemas, ABP; el aprendizaje orientado por proyectos, AOP; y el aprendizaje basado en competencias, ABC (Vega, Portillo, Cano & Navarrete, 2014; Regalado, Peralta & Báez, 2011).

La formación de ingenieros en temáticas multidisciplinarias es una tarea compleja, en la medida que requiere desarrollar competencias propias de varias disciplinas bien cimentadas (León-Medina & Torres-Barahona, 2015; Bonilla-González & Prieto-Ortiz, 2016). Este es el caso de las ingenierías electromecánica, mecatrónica y biomédica, en las cuales, para alcanzar los objetivos de formación, es necesario trabajar temáticas integradoras que permitan la aplicación de conceptos de electricidad, electrónica, mecánica y biología, entre otras (Velázco-Cáceres & Pinto-Salamanca, 2012; Cerón-Correa, Salazar-Jiménez & Prieto-Ortiz, 2013).

Los sistemas mecánicos actuales incluyen actuadores eléctricos o hidráulicos controlados por unidades de alimentación eléctrica de alta potencia y unidades electrónicas de baja potencia (Altintas & Croft, 2002; Castro-Galeano, Pinto-Salamanca & Amaya-Quitíán, 2014). El trabajo con éste tipo de sistemas requiere una aproximación multidisciplinaria integrada a nivel de conjunto, para el diseño de un dispositivo físico o la sistematización de un proceso (Torres-Barahona, León-Medina & Torres-Díaz, 2012; Mora-Mendoza, Sarmiento-Santos & Casallas-Cacedo, 2014), a diferencia de la aplicación secuencial de las técnicas de diseño en electricidad, mecánica y computadores. Por

ello, las destrezas del ingeniero deben potenciarse a través de cursos orientados al diseño, con contenidos teóricos y aplicaciones prácticas.

Para que los estudiantes adquieran experiencias reales, se sugiere el trabajo con proyectos que incluyan temas como la frecuencia de muestreo, tiempos de retardo, selección de sensores, resolución de las señales y la interfaz de los dispositivos (Micheau & Masson, 2000; Jenkins & Nagurka, 2004; Carreño-Bodensiek, 2010; Fernández-Morales & Duarte, 2012). Los programas de ingeniería han optado por ofrecer cursos de mecatrónica orientados a brindar a ingenieros: eléctricos, electrónicos, mecánicos y bioingenieros, la visión multidisciplinar que requiere el desarrollo de los dispositivos mecatrónicos (Carvajal, 2013).

Para el desarrollo de las competencias mecatrónicas, se han propuesto objetos de estudio como el motor de combustión interna, debido a la gran cantidad de sensores, actuadores y dispositivos para la adaptación, transmisión y procesamiento de información que emplean en la actualidad (Romero, Acosta & Carranza, 2013). El diseño de circuitos impresos también ha sido propuesto como temática integradora; esto debido a que son componentes esenciales de cualquier aparato electrónico, forman parte del ensamble mecánico, brindan conexión con otros dispositivos y afectan el comportamiento térmico del aparato del cual forman parte (Dankovic, Vracar, Prijic & Prijic, 2013; Cárdenas & Prieto-Ortíz, 2015).

La energía eléctrica también se constituye en una temática de vital importancia para la ingeniería, especialmente en aspectos como su generación, transporte, distribución y uso racional (Vásquez et al., 2011; Pereira-Blanco, 2015; López-Guayasamin, Castrillón & Cano, 2016). En los últimos años se ha recurrido a la Generación Distribuida, GD, la cual se considera como una generación de energía eléctrica en pequeña escala que se conecta a la red de distribución cerca de los sitios de consumo y que generalmente no se incluye en el despacho central del sistema (Piumetto, Gómez & Vaschetti, 2014). Las plantas generadoras, también llamadas gru-

pos electrógenos, constituidas por un motor de combustión interna que acciona un generador eléctrico, son máquinas importantes en los esquemas de GD (Filgueiras & Castro, 2012).

En el presente documento se reporta una metodología de enseñanza activa para la formación de ingenieros electromecánicos, empleando un tema específico de carácter integrador. Como temática integradora se propone la automatización de un grupo electrógeno. Se plantea una metodología de cinco fases, cada una con sus actividades, competencias y evaluación, para su puesta en el aula durante un periodo académico. La metodología se abordó con estudiantes de ingeniería electromecánica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC, y como resultado del ejercicio se logró implementar un sistema modular basado en microcontroladores, el cual brinda información al usuario sobre el funcionamiento del grupo electrógeno, realiza las rutinas de control y permite la programación del automatismo.

A continuación se indica el diseño didáctico relacionado con la automatización del grupo electrógeno. En la sección de resultados se presenta la metodología propuesta para el trabajo en el aula. Finalmente se brindan las conclusiones, donde se destaca que el control de grupos electrógenos es una temática motivadora para los futuros ingenieros, ya que les permite poner en práctica los conocimientos que han sido recibidos de forma aislada en las áreas de electricidad, electrónica y mecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estrategias pedagógicas

La pedagogía tradicional, basada en la solución de problemas precisos y bien definidos, junto con la exposición de definiciones formales por parte del docente (Angarita-Velandia, Fernández-Morales & Duarte, 2011), ha sido el método usualmente empleado para la formación de ingenieros (Chinowsky, Brown, Szjanman & Realph, 2006). Sin embargo, la gran cantidad de información disponible, el alto grado de especialización y profundización del conocimiento ingenieril, así como la exigencia de profesiona-

les con capacidad de aplicar sus conocimientos al contexto, han promovido la incorporación de estrategias pedagógicas que promueven al estudiante como un sujeto activo, responsable de su propio aprendizaje (Fernández & Duarte, 2013; Rodríguez-Cepeda, 2016).

Entre las metodologías más populares están el aprendizaje basado en problemas, ABP, y el aprendizaje orientado por proyectos, AOP, los cuales comparten características que pueden llevar a confusión.

El ABP es una metodología de enseñanza-aprendizaje que busca, a través del trabajo en equipo de un grupo pequeño de estudiantes, orientados por un profesor-tutor, abordar un problema relacionado con su futuro desempeño profesional, recogido de la realidad, para luego de un proceso de investigación proponer soluciones; la finalidad es que durante ese proceso cada uno de los estudiantes participantes puedan construir un aprendizaje altamente significativo, pertinente, actualizado y contextualizado (Painean, Aliaga & Torres, 2012). En el ABP se pretende alcanzar una meta de aprendizaje concreta, donde más importante que la solución del problema es el proceso que implica desarrollar todas las habilidades estipuladas.

En el AOP los estudiantes buscan solución a problemas complejos, usualmente a lo largo de un periodo académico, aplicando los conceptos y principios fundamentales aprendidos con anterioridad. Debido a que la profundidad con que se tratan los proyectos hace que no se pueda abarcar una visión amplia de los conocimientos, es necesario que los estudiantes sean capaces de cubrir sus posibles lagunas de contenido (Domínguez, Carod & Velilla, 2008). La aplicación del trabajo por proyectos es recomendable cuando se trabaja en las asignaturas finales del plan de estudios, en cursos donde se integran contenidos de diferentes áreas del conocimiento y en cursos donde se puede hacer un trabajo interdisciplinario; dadas sus características, el AOP fue la estrategia pedagógica seleccionada en este trabajo.

El diseño didáctico, entendido como la planificación de las actividades en el aula, parte de

identificar los requerimientos formativos, la población objetivo y sus conocimientos previos; implica la propuesta de actividades de aprendizaje, para lo cual se tendrán en cuenta la infraestructura, los materiales y el tiempo disponibles (Angarita-Velandia, Fernández-Morales & Duarte, 2014). Entre las competencias a desarrollar en este trabajo, se tienen:

Proponer la solución de problemas del entorno a través de proyectos de ingeniería, que integren conocimientos de electricidad, electrónica y mecánica.

Conocer los métodos y estrategias más adecuadas para la recolección, manejo e interpretación de la información y el desarrollo de proyectos en ingeniería.

Elaborar informes, parciales y finales, y socializar los resultados generados a partir de la gestión de proyectos de ingeniería.

Con base en estos requerimientos, se propuso una metodología activa para ser utilizada con estudiantes de ingeniería electromecánica, tomando una temática que permite integrar los conocimientos de electricidad, electrónica y mecánica.

Metodología

De acuerdo con lo anterior, se optó por trabajar con el AOP en la asignatura de Seminario de Investigación, que tiene una intensidad semanal de 4 horas durante 16 semanas, correspondientes a un periodo académico. Se trabajó en la resolución de un problema de ingeniería, objetivo general del curso, por parte de un grupo de estudiantes de una asignatura de octavo semestre del programa de ingeniería Electromecánica, compuesto por 24 estudiantes.

El siguiente es el problema integrador que se propuso al grupo de estudiantes:

Los grupos electrógenos, GE, en ocasiones incorporan automatismos de complejidad creciente, dependiendo de su potencia de operación. En equipos con potencias de entre 10 y 50 KVA se integran automatismos básicos, compuestos por

relés, temporizadores y contactores, los cuales permiten el arranque y apagado del motor, junto con la conexión y desconexión del grupo eléctrico y de la red a la carga. La función del automatismo es la de encender el GE en ausencia de energía en la red y apagarlo cuando se normaliza el suministro desde la misma, pero no se consideran las condiciones de operación del motor de combustión y la instrumentación es escasa. Estos automatismos no advierten fallas mecánicas ni eléctricas que, al no ser detectadas oportunamente, pueden reducir la vida útil de la máquina. Además, en los sistemas que cuentan con elementos de medida, se tiene el inconveniente de que estos se encuentran distribuidos en diferentes sitios del GE, dificultando el trabajo de supervisión por parte del operario.

La solución a este problema se constituye en el objetivo global del curso. El problema se ha desglosado en una serie de sub-problemas de

menor envergadura a ser resueltos por cada uno de los subgrupos de trabajo en los que se dividió el grupo principal, conformados por cuatro estudiantes. En este caso, los sub-problemas se corresponden con los procesos a ser controlados por el automatismo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Metodología Implementada

En la tabla 1 se presentan las fases para implementar en el aula el diseño didáctico propuesto. En la primera columna se describen las fases en que se dividió el trabajo de aula; la segunda columna presenta las actividades con las cuales se pretende dar solución al problema planteado, potenciando las competencias específicas descritas en la tercera columna; finalmente aparece la evaluación sugerida para cada fase.

Tabla 1. Fases para la aplicación de la metodología en el aula.

FASES	ACTIVIDADES	COMPETENCIAS	EVALUACIÓN
Inducción	Descripción de la metodología, motivación y compromisos. Planteamiento del problema. Discusión de estrategias de solución	Identificación, formulación y delimitación del problema.	Consenso general y aceptación de la propuesta.
Modularización	Formación de subgrupos. Asignación subproblemas.	Habilidad para resolver problemas. Trabajo en grupo.	Presentación del anteproyecto
Desarrollo	Establecer requerimientos y alternativas de solución. Propuesta de diseño Generar solución.	Búsqueda, selección y manejo de información propia de la ingeniería Aplicación de conocimientos interdisciplinarios a la solución.	Autoevaluación por subgrupos y heteroevaluación del docente.
Socialización	Presentación escrita y oral Prueba del módulo	Comunicativas. Trabajo en grupo. Tolerancia y respeto por el trabajo de los demás.	Heteroevaluación destacando cumplimiento de objetivos por subgrupo. Coevaluación por subgrupos.
Integración	Integración y verificación de módulos. Acople y puesta a punto del sistema global.	Trabajo en grupo. Habilidad para manipular instrumentos de medida. Destreza para interpretar planos y diagramas.	Cumplimiento del objetivo general. Autoevaluación grupal.

Fuente: los autores

La fase de inducción hace referencia a la motivación que el docente debe realizar en el aula para involucrar a los estudiantes en una metodología activa, en la cual el estudiante es el protagonista de su propio aprendizaje. En este momento deben quedar claras las responsabilidades y compromisos de los actores del proceso. El docente debe presentar el problema integrador que se describió en la sección anterior, a la vez que orienta la discusión de las posibles soluciones. En la segunda fase se identifican los módulos que permiten resolver el problema propuesto. Los grupos se conforman de acuerdo a la cantidad de módulos identificados y se establecen las alternativas de solución.

En la fase de desarrollo los subgrupos generan la solución a su módulo, utilizando para ello los conocimientos previos relacionados con el diseño, cálculo y construcción de soluciones propias de la ingeniería. Adicionalmente, los estudiantes generan los documentos que dan cuenta de las características técnicas del prototipo implementado.

En la fase de socialización cada subgrupo presenta el módulo desarrollado a los demás compañeros, verificando su funcionalidad, a la vez que justifican las decisiones de diseño y desarrollo implícitas en la ejecución de todo proyecto ingenieril. En la fase final se realiza el acople de los módulos y la puesta a punto del prototipo completo. En este punto se ponen a prueba las destrezas para la manipulación de instrumentos de medida y la interpretación de documentación técnica.

En cuanto a la evaluación propuesta en esta metodología, esta se basa en la valoración de los desempeños que permiten evidenciar las competencias descritas en el diseño didáctico para cada una de las fases. Se hace énfasis en la integración de los diferentes actores del proceso enseñanza-aprendizaje, a través de la autoevaluación individual y en los subgrupos, en la coevaluación por parte de cada grupo a los demás y la heteroevaluación por parte del docente.

Experiencia Integradora

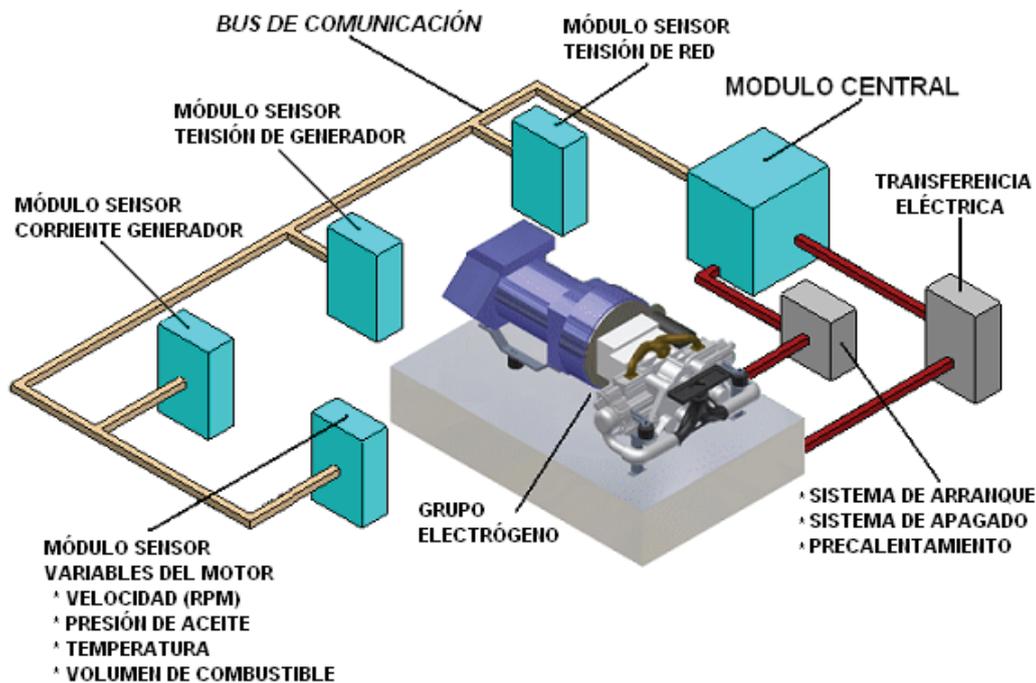
El proyecto a desarrollar a lo largo de un periodo académico, teniendo en cuenta los requerimientos de diseño del problema planteado, es un sistema automático para el monitoreo de variables y el control sobre un GE con arranque eléctrico. Las variables a monitorear para el motor de combustión son: temperatura, presión de aceite y su velocidad de rotación; igualmente se deben monitorear la tensión de generación y de la red, la corriente suministrada por el generador, la frecuencia de generación y de red, así como la identificación de la secuencia de fase del generador y de la red. Los procesos a controlar son: el encendido y apagado del GE; la conexión y desconexión del GE y de la red a la carga, también llamado transferencia eléctrica y el control del sistema de precalentamiento. Estos procesos corresponden a los sub-problemas mencionados en el diseño didáctico.

Al iniciar el proyecto, los estudiantes se enfrentaron a varias alternativas para llevar a cabo la automatización: el uso de controladores lógicos programables, empleo de tarjetas de adquisición de datos adaptadas a computadores personales y buses de campo, junto con la utilización de microcontroladores. Como resultado de la primera fase de la tabla 1, se optó por una solución modular basada en microcontroladores PIC, debido a la flexibilidad que brindan estos dispositivos para el desarrollo de soluciones de automatización.

El sistema propuesto consta de un módulo central y cuatro módulos sensores, a saber: módulo sensor de tensión de red, módulo sensor de tensión del generador, módulo sensor de corriente del generador y módulo sensor de las variables del motor, como se muestra en la figura 1; el sexto módulo lo constituye el bus de comunicaciones. En la segunda fase del trabajo en el aula, se asignó a cada subgrupo el desarrollo de uno de los módulos identificados para el sistema propuesto.

Al desarrollar una aplicación desde el inicio, los estudiantes deben tener en cuenta todos los factores involucrados en: la captación, la adaptación, el procesamiento, la señalización y la

Figura 1. Representación esquemática del sistema propuesto. Fuente: los autores



Fuente: Elaboración propia de los autor

interfaz con el usuario de la información requerida en el sistema; esto implica desarrollar una visión integral del problema, su correcta delimitación y la integración de conocimientos para resolverlo.

La creatividad de los estudiantes permitió una solución interesante desde el punto de vista técnico, relacionada con la comunicación de las tarjetas electrónicas desarrolladas; esto se logró utilizando la interface I²C, propia de los microcontroladores, modificada de modo que puede funcionar a distancias de varios metros.

Desde el punto de vista pedagógico, la aproximación modular permite organizar los grupos de trabajo, adecuando su conformación al tamaño del curso y a los intereses de los estudiantes; igualmente permite el aprendizaje colaborativo, incentiva la responsabilidad en la ejecución de las tareas y potencia las competencias comunicativas, pues el éxito en el resultado final dependerá del grado de cumplimiento y compromiso de cada grupo en la labor asignada. Es recomendable, para aplicar con efectividad el método de trabajo por proyectos, definir cla-

ramente las habilidades, actitudes y valores que se estimularán en el proyecto, así como también dar asesoría y seguimiento personalizado a los estudiantes a lo largo del periodo académico en que se implementa la metodología.

Adoptar la metodología de proyectos para el aula no es otra cosa que organizar las actividades de enseñanza en torno a una acción central, considerando intereses y necesidades de alumnos y docentes, en función de una meta común (Hernández, 2010). A través de dichas actividades se desarrollan competencias, nuevos intereses y se obtienen productos visibles, concretos y evaluables. Desde esta perspectiva, el proyecto se convierte en una estrategia de enseñanza y aprendizaje destinada a desarrollar competencias, aprendizajes significativos y capacidades para la colaboración.

CONCLUSIONES

La formación de ingenieros en temáticas multidisciplinarias es una tarea compleja en la medida que requiere desarrollar competencias

propias de varias disciplinas bien cimentadas. Como temática integradora se propuso el desarrollo de un control para un grupo electrógeno, que contempla las funciones de detección de fallas en la red, activación del generador, sincronización con la red y transferencia de carga, así como el monitoreo de los parámetros relacionados con el motor que impulsa la planta.

Para alcanzar los objetivos del proyecto, los estudiantes integran conceptos de electricidad, electrónica y mecánica, base fundamental de la formación interdisciplinar en ingeniería electromecánica.

La estrategia pedagógica utilizada fue el aprendizaje orientado por proyectos, la cual fue insumo importante en la metodología activa aquí reportada. En este sentido, los estudiantes adquieren un papel protagónico, asumiendo la responsabilidad de su proceso formativo.

La configuración modular del sistema presenta ventajas tanto técnicas como pedagógicas; en-

tre las primeras se cuentan la precisión con que se pueden identificar las variables del proceso, así como los requerimientos de diseño; entre las segundas se tiene que el número de módulos y, por ende la complejidad del proyecto, se pueden ajustar en función de los requerimientos formativos, de la cantidad de estudiantes y de los recursos disponibles para ejecutar las tareas.

La experiencia permitió concluir que el control de grupos electrógenos es una temática integradora adecuada para los futuros ingenieros, ya que les permite poner en práctica los conocimientos que han sido recibidos de forma aislada en las áreas de electricidad, electrónica y mecánica.

Finalmente, la metodología propuesta puede ser adaptada a diversas disciplinas de la ingeniería e incluso a otras profesiones, en las cuales la solución de problemas se pueda dar mediante la identificación de sub-problemas, donde su solución permita la aplicación de los conocimientos previos en forma integrada.

REFERENCIAS

- Altintas, Y., & Croft, E. A. (2002). Electro-mechanical design engineering: a progress report and future directions for mechatronics education. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 30 (4), 325-339. doi: 10.7227/IJ-MEE.30.4.5
- Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H. & Duarte, J. E. (2011). Utilización de material didáctico para la enseñanza de los conceptos de ciencia y tecnología en niños. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 2 (1), 35-43. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_uitama/article/view/1307
- Angarita-Velandia, M. A., Fernández-Morales, F. H. & Duarte, J. E. (2014). La didáctica y su relación con el diseño de ambientes de aprendizaje: una mirada desde la enseñanza de la evolución de la tecnología. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 46-55. <https://doi.org/10.19053/20278306.3138>
- Avila-Guerrero, F. M. (2011). Enseñanza de la administración: una mirada desde las teorías organizacionales y la pedagogía. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 1 (2), 53-62. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_uitama/article/view/1302/1297
- Bonilla-González, J. P. & Prieto-Ortiz, F. A. (2016). Determinación del estado de maduración de frutos de feijoa mediante un sistema de visión por computador utilizando información de color. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7 (1), 111-126. <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.5603>
- Bustamante-Zapata, L.F., Porto-Pérez, I.A. & Hernández-Taboada, F. (2013). Gestión estratégica de las áreas funcionales de la empresa: una perspectiva competitiva internacional. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4 (1), 56-68. doi: 10.19053/20278306.2607

Cárdenas, J. A., & Prieto-Ortiz, F. A. (2015). Diseño de un algoritmo de corrección automática de posición para el proceso de perforado PCB, empleando técnicas de visión artificial. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 5 (2), 107-118. doi: 10.19053/20278306.3720

Carreño-Bodensiek, C.G. (2010). Sistema de control y monitoreo automatizado para gases en minas de carbón. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 1 (1), 61-69. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_duitama/article/view/1294

Carvajal, J. H. (2013). Revisión y análisis de diseño mecatrónico para diseño curricular transdisciplinario de programas de ingeniería multidisciplinares. *Scientia et Technica*, 18 (1), 86-94. Recuperado de: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8253>

Castro-Galeano, J.C., Pinto-Salamanca, M. L., & Amaya-Quitián, M. F. (2014). Diseño y construcción de una Bobina Tesla de 1680 W, para la enseñanza de conceptos básicos en sistemas eléctricos de potencia. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 66-74. <https://doi.org/10.19053/20278306.3142>

Cerón-Correa, A., Salazar-Jiménez, A. E. & Prieto-Ortiz, F. A. (2013). Reconocimiento de rostros y gestos faciales mediante un análisis de relevancia con imágenes 3D. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 4 (1), 7-20. doi:10.19053/20278306.2563

Chinowsky, P. S., Brown H., Szjanman A., & Realph A. (2006). Developing knowledge landscapes through problem-based learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 132 (2), 118-124. doi: 10.1061/(ASCE)1052-3928(2006)132:2(118)

Dankovic, D., Vracar, L., Prijic, A., & Prijic, Z. (2013). An Electromechanical approach to a printed circuit board design course. *IEEE Transactions on Education*, 56 (4), 470-477. doi: 10.1109/TE.2013.2257784

Dar-Chin, R., Shao-Tsu, C., & Yi-Ping, L. (Octubre de 2004). Strategies for constructing problem-based learning curriculum in engineering education. En *International Conference on Engineering Education*, llevado a cabo en Gainesville, Estados Unidos.

Domínguez, J., Carod, E. & Velilla, M. (2008). Comparativa entre el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas. En *II Jornadas de Innovación Docente, Tecnologías de la Información y de la Comunicación e Investigación Educativa en la Universidad de Zaragoza*, llevado a cabo en Zaragoza, España. Recuperado de: <http://cmappublic2.ihmc.us/rid=1J9HKH72N9B9GQGT9F/Informaci%C3%B3n%20adjunta%203.pdf>

Fernández-Morales, F.H., & Duarte, J.E. (2012). Desarrollo de un caudalímetro digital para la medición de caudal de ríos. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3 (1), 44-51. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_duitama/article/view/2130

Fernández, F. H. & Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 6 (5), 29-38. doi: 10.4067/S0718-50062013000500005

Filgueiras, M. L. & Castro, M. (2012). La capacidad de absorción para la innovación: estudio de caso en la Generación Distribuida Cubana. *Ingeniería Energética*, 33 (3), 217-228. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012012000300005&lng=es&nrm=iso

Granado, E., Marín, W. & Pérez, O. (2010). Desarrollo de un laboratorio de sistemas y comunicaciones industriales para la mejora del proceso enseñanza/aprendizaje. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 25 (1), 33-42. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0798-40652010000100004lng=esnrm=iso

Hernández, C. A. (2010). Utilización del trabajo por proyectos para incentivar la innovación tecnológica en los estudiantes universitarios. *HEKADEMUS- Revista Científica de la Fundación Iberoamericana para la Excelencia Educativa*, 3 (8), 42-54.

Jenkins, H. E. & Nagurka, M. L. (Julio de 2004). Teaching a Senior-Level Mechatronics Course in Mechanical Engineering. En *Japan-USA Symposium on Flexible Automation*, simposio llevado a cabo en Dever, Estados Unidos.

León-Medina, J. X., & Torres-Barahona, E. A. (2015). Herramienta para el diseño de sistemas de posicionamiento tridimensional usados en fabricación digital. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 6(2), 155–167. <http://doi.org/10.19053/20278306.4603>

López-Guayasamin, M. R., Castrillón, O. D. & Cano, E. (2016). Análisis de eventos sobre transformadores de distribución en una empresa del sector eléctrico en Colombia. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(27), 112-117.

Micheau, P., & Masson, P. (2000). Laboratory experiments and projects for teaching mechatronics to mechanical engineers. En *IFAC Conference on Mechatronics Systems*, llevado a cabo en Damstadt, Alemania.

Mora-Mendoza, E. Y. , Sarmiento-Santos, A., & Casallas-Caicedo, F. M. (2014). Implementación de un sistema de tratamiento con plasma para gases utilizando una celda de descarga de barrera dieléctrica. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 5(1), 56–65. <https://doi.org/10.19053/20278306.3141>

Painean, Ó., Aliaga, V., & Torres, T. (2012). Aprendizaje basado en problemas: evaluación de una propuesta curricular para la formación inicial docente. *Estudios Pedagógicos*, 38(1), 161-180. doi: 10.4067/S0718-07052012000100010

Parra-León, L. F., Duarte, J. E. & Fernández-Morales, F. H. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de circuitos eléctricos básicos. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN*, 4(2), 138–147. <http://doi.org/10.19053/20278306.2891>

Pereira-Blanco, M. J. (2015). Relación entre energía, medio ambiente y desarrollo económico a partir del análisis jurídico de las energías renovables en Colombia. *Saber, Ciencia y Libertad*, 10(1), 35-60.

Piumetto, M., Gómez, J. , & Vaschetti, J. (2014). Reducción de los Factores de Desbalance en un sistema de distribución de media tensión debido a la inserción de generación distribuida. *Información tecnológica*, 25 (4), 91-102. doi: 10.4067/S0718-07642014000400012

Regalado, A., Peralta, E., & Báez, J. (2011). Aprendizaje basado en competencias aplicado a una asignatura de transferencia de calor. *Formación Universitaria*, 4(1), 13-18. doi: 10.4067/S0718-50062011000100003

Romero, C.A., Acosta, R., & Carranza, Y. A. (2013). The combustion engine as a mechatronic object in mechanical technology undergraduate curriculum. *Scientia Et Technica*, 18 (1). Recuperado de: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/8717/5291>

Rodríguez-Cepeda, R. (2016). Aprendizaje de conceptos químicos: una visión desde los trabajos prácticos y los estilos de aprendizaje. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7 (1), 63-76. <http://dx.doi.org/10.19053/20278306.v7.n1.2016.4403>

Torres-Barahona, E. A., León-Medina, J. X. & Torres-Díaz, E. (2012). Sistema de posicionamiento aplicado a la técnica de impresión 3D modelado por deposición fundida. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3 (1), 25-32. Recuperado de http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_duitama/article/view/2135/2091

Valdelamar-Zapata, J. A., Ramírez-Cruz, Y. L., Rodríguez-Rivera, P. D., & Morales-Rubiano, M. E. (2015). Capacidad innovadora: cómo fomentarla, según docentes de Ciencias Económicas e Ingeniería de la UMNG. *Revista de Investigación,*

Desarrollo e Innovación, 6(1), 7–14. <http://doi.org/10.19053/20278306.3454>

Vásquez, C., Osal W., Sudria, A., Pérez, D., Yopez, W., Parra, E., Sánchez, I., Ramírez, R., Doyharzabal, I., & Llosas, Y. (2011). 2^{do} Taller eficiencia energética para la seguridad y la sostenibilidad de Iberoamérica (EFESOS). *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15 (58), 11-18. Recuperado de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212011000100003&lng=es&nrm=iso

Vega, F., Portillo, E., Cano, M., & Navarrete, B. (2014). Experiencias de aprendizaje en ingeniería química: diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala laboratorio mediante el aprendizaje basado en problemas. *Formación universitaria*, 7(1), 13-22. doi: 10.4067/S0718-50062014000100003

Velazco-Cáceres, D.F., & Pinto-Salamanca, M.L. (2012). Caracterización del huevo de gallina para el diseño de un sistema automático de clasificación. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 3 (1), 33-43. Recuperado de: http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/investigacion_duitama/article/view/2136

