



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

LABORATORIO NACIONAL DE REDES INTELIGENTES (LAB+i) COMO HERRAMIENTA EDUCATIVA PARA LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

Sandra Milena Téllez Gutiérrez, Óscar Germán Duarte Velasco

Universidad Nacional de Colombia
Bogotá, Colombia

Resumen

Este artículo expone estrategias y metodologías para el aprendizaje significativo de la ingeniería, basadas en las funcionalidades del Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes (LAB+i). Se plantea el uso del laboratorio como una herramienta fundamental en la formación de estudiantes y profesionales orientados hacia las aplicaciones de nuevas tecnologías y se resaltan los beneficios del uso de una plataforma tecnológica innovadora dentro de un plan de estudios de ingeniería.

Para afrontar los retos actuales del sector energético, la cadena de la energía eléctrica incluye elementos de nuevas tecnologías que transforman las estructuras tradicionales en Redes Inteligentes, capaces de hacer los sistemas más eficientes, seguros y confiables mediante el flujo bidireccional de potencia y el uso de sistemas de comunicaciones. También agregan nuevas funciones de análisis, gestión, seguimiento en tiempo real, monitoreo, medida y control de variables.

En la Universidad Nacional de Colombia—sede Bogotá, actualmente se implementa el Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes: LAB+i. Este integra mediante una plataforma de redes inteligentes los sistemas de energía eléctrica, agua y gas, aprovechando las etapas comunes de estos procesos (generación, transmisión, distribución y uso final de los recursos). También adiciona un sistema de gestión en tiempo real para la operación de los componentes. La información ingresa desde sensores y medidores inteligentes, que interactúan con la red mediante protocolos de comunicación, tecnologías de información y comunicación, sistemas de gestión información, supervisión y control. Finalmente se pueden integrar modelos y desarrollar aplicaciones específicas para análisis y gestión del sistema.

LAB+i también es una plataforma de Redes Inteligentes que propende por la generación y difusión de nuevo conocimiento. Puede utilizarse como una herramienta de formación de estudiantes de pregrado, maestría y doctorado, aportando a las capacidades académicas permanentes en el área. Así mismo, contempla Planes de Formación dirigidos a profesionales interesados en aprehender conceptos asociados a tecnologías modernas. En este sentido, LAB+i brinda a los estudiantes los espacios para realizar actividades interactivas en las que apliquen los conceptos asociados a redes inteligentes; también es una herramienta pedagógica para desarrollar habilidades y fortalecer capacidades que deben estar presentes en los nuevos profesionales que requiere el sector energético.

La plataforma innovadora LAB+i, constituida por elementos de nuevas tecnologías, cuenta con metodologías que incluyen ejercicios de vigilancia tecnológica, prospectiva, diseños de mapas de ruta, diseño conceptual de prototipos, planteamiento y ejecución de pruebas certificadas. Por su amplia cobertura, LAB+i se constituye en una herramienta educativa creando nuevos espacios pedagógicos, que a su vez permiten desarrollar nuevas metodologías y estrategias diferenciadas para la formación de ingenieros, apoyando los procesos particulares asociados a los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes en cada una de las etapas de su formación. LAB+i fomenta el aprendizaje significativo, la exposición activa de los

estudiantes a la metodología científica, el desarrollo de aprendizaje por problemas, y permite la apropiación de conocimientos. Las capacidades formativas del LAB+i trascienden a las expectativas actuales de perfiles de los egresados de Ingeniería.

Palabras clave: laboratorio; educación; redes inteligentes

Abstract

This article exposes strategies and methodologies for a meaningful learning of engineering, based on the functionalities of the National Laboratory of Smart Grids (LAB+i). It is established the usage of the laboratory as a fundamental tool during the formation of students and professionals orientated towards the applications of new technologies. There are highlighted the benefits of the use of a technological innovative platform inside an engineering study program.

In order to deal with the current challenges of the energy sector, the electric power chain includes new technologies elements that transform the traditional structures into Smart Networks, capable to do more efficient, safety and reliable systems by the bidirectional flow of power and a communications system usage. Also they add new functions such as analysis, management, real time follow-up, monitoring, measure and control of variables.

In the National University of Colombia – Bogota Campus, nowadays the National Laboratory of Smart Grids: LAB+i is under implementation. LAB+i integrates, by a Smart Grids platform, the electric power, water and gas systems, taking in advantage of the common stages of these processes (generation, transmission, distribution and final use of the resources). Also it is included a real time management system for the operation of the components.

The information is gathered from sensors and intelligent meters, which interact with the network by communication protocols, information and communication technologies, information management, supervision and control systems. Finally, models can be integrated in order to develop specific applications for analysis and management of the system.

LAB+i is also a Smart Grid platform that tends for the generation and diffusion of new knowledge. It can be in learning tool for undergraduate, graduate and doctorate, contributing to the academic capacities in the area. Likewise, it contemplates Formation Plans directed to professionals interested in learning concepts associated with modern technologies. In this regard, LAB + i gives students the space to carry out interactive activities in which they can apply the concepts related to smart grids; it is also a teaching tool to develop skills and strengthen capabilities that must be present in the new professionals required by the energy sector.

The LAB+i innovative platform, constituted by elements of new technologies, has methodologies that include different kind of exercises such as technological surveillance, prospective designs, route maps, conceptual prototype design, planning and execution of certified tests. For his wide coverage, LAB+i is constituted as an educational tool creating new pedagogic spaces, which in turn allow to develop new methodologies and differentiated strategies for engineering education, supporting special processes associated with the different learning styles of the students during each of their formation stages. LAB+i promotes meaningful learning, the active student exposure to the scientific methodology, the development of learning through problems, and allows knowledge appropriation. The formative capacities of the LAB+i transcend the current expectations of the Engineering graduates profile.

Keywords: laboratory; education; smart grids

1. Introducción

En los últimos años, las infraestructuras asociadas a la generación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica se han transformado por el uso de nuevas tecnologías permitiendo aumentar la eficiencia y la confiabilidad de los sistemas e involucrando nuevas fuentes de generación (Alizadeh, *et al.*, 2012). Factores como la creciente demanda de energía eléctrica, la inclusión de generación con recursos renovables, los nuevos

tipos de usuarios finales de la energía, el desarrollo de tecnologías de electrónica de potencia y las nuevas tendencias en eficiencia energética plantean nuevos retos y escenarios de operación para la cadena de energía eléctrica. Adicionalmente, las infraestructuras han aumentado en tamaño y complejidad por lo que ha sido necesario desarrollar e implementar nuevos recursos de computación y comunicaciones para gestionarlas adecuadamente. Las redes tradicionales están evolucionando hacia infraestructuras que mediante la inclusión de elementos de redes inteligentes permiten responder a los nuevos retos del mercado.

Estos nuevos sistemas requieren ingenieros de diferentes áreas capacitados en las nuevas temáticas y con habilidades para el uso y apropiación de nuevas tecnologías. También con competencias relacionadas con el diseño y gestión de sistemas integrados y habilidades como el trabajo en equipo y la resolución de problemas. Por estas razones se hacen necesarios espacios académicos y laboratorios que permitan que los estudiantes de ingeniería puedan aplicar conocimientos, aprender acerca de los desempeños y adquirir experticia sobre las Redes Inteligentes (Barkley, 2009). Estos espacios también son válidos para la actualización de ingenieros ya egresados.

2. Estructura general LAB+i

En la Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá actualmente se implementa el Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes, LAB+i [1]. Es una plataforma que integra mediante elementos de redes inteligentes los sistemas de energía eléctrica, sistemas de agua y de gas, aprovechando las cuatro etapas que tienen en común: Generación, transmisión, distribución y uso final de los recursos. Esto permite que puedan ser integrados en un único sistema de gestión a través de una red inteligente (Fang *et al.*, 2012), como se muestra en la Figura 1a.

[1] Los autores agradecen al director del LAB+i, Javier Rosero García, PhD por compartir la información necesaria para la elaboración de este artículo

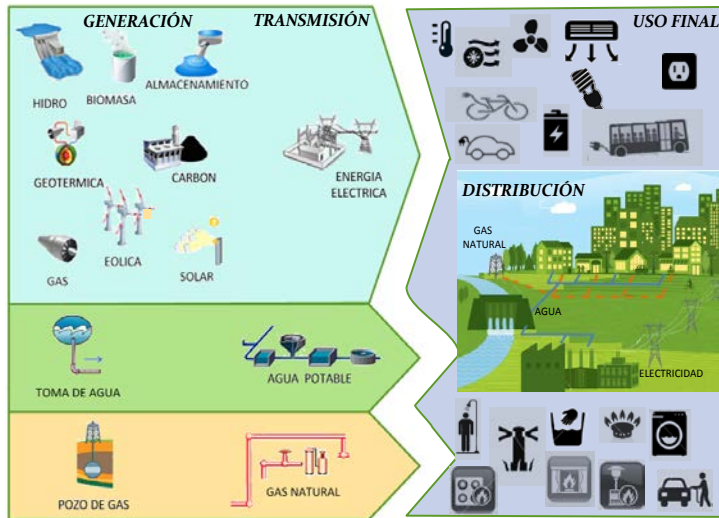


Figura 1a: Estructura general plataforma

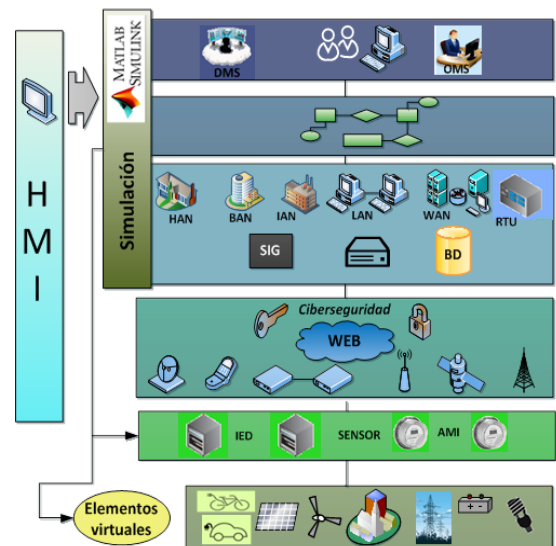


Figura 1b. Esquema por capas Laboratorio LAB+i

La integración se logra a través de un sistema de gestión que articula las fuentes de recursos distribuidos, redes de distribución de energía eléctrica, de agua y de gas, y los diferentes consumidores. El flujo de información dentro del sistema de red inteligente, que opera en tiempo real, se realiza de acuerdo al modelo de referencia (Céspedes, 2012); con base en un esquema por capas se interrelacionan todos los componentes del sistema. La información ingresa a la plataforma desde sensores y medidores de tecnologías de redes inteligentes que permiten el manejo bidireccional de la información, y que pueden estar ubicados dentro o fuera del campus universitario. Los datos se transmiten hacia los servidores principales usando diferentes protocolos de comunicación y en general en tecnologías de información y comunicación (TICs). Los servidores cuentan con un sistema operativo de eventos y de administración de datos en tiempo real para permitir la interoperabilidad entre los diferentes elementos y sistemas del

proyecto. En este punto se pueden integrar modelos y desarrollar aplicaciones para análisis y gestión avanzada del sistema. Este esquema general por capas se muestra en la Figura 1b.

3. Metodología para la generación de nuevo conocimiento y formación de LAB+i

Los objetivos de LAB+i se extienden hasta el área académica y están relacionados con el desarrollo y aplicación de tecnología de redes inteligentes. La Figura 2 muestra la metodología general del Laboratorio. Como se aprecia, hay dos líneas de ejecución principales: *Vigilancia Tecnológica* e *Investigación de Tecnología en Smart Grids*; el desarrollo de éstas permite alcanzar los resultados asociados a *Generación de Conocimiento*, *Pruebas certificadas y acreditación* y *Formación y capacitación*, que se muestran como recuadros en la parte inferior del diagrama.

3.1 Vigilancia tecnológica

Teniendo en cuenta que la plataforma de red inteligente incluye el uso de nuevos elementos es necesario conocer las últimas tecnologías en las que se está trabajando, así como los últimos desarrollos y productos que están en el mercado. La vigilancia tecnológica (VT), es definida por la norma (UNE 166006:2011) como el “proceso organizado, selectivo y permanente de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios”. El estudio de VT permitirá conocer las tecnologías en las que se está investigando, publicando y patentando, las soluciones tecnológicas disponibles y las tecnologías emergentes.

3.2 Investigación en Tecnología de Smart Grids

LAB+i permite realizar investigación integrada en diferentes áreas que se articulan entre si y cuyo desarrollo tecnológico impacta mutuamente. Aquí se desarrollan dos actividades principales: La primera es *Integración a sistemas* que se centra en la realización de las pruebas pilotos. La segunda es *Diseño de LAB+i* en la que se especifican cada uno de los componentes y sistemas que conformarán el laboratorio: Capas de flujo de información, flujo de energía agua y gas, integración de elementos de Smart grids a aplicaciones de uso final.

3.3 Resultados y Desarrollo tecnológico

Después de la ejecución de la metodología resumida anteriormente, se obtienen tres resultados principales asociados a los ámbitos académicos: *Generación de conocimiento* que puede reflejarse en el desarrollo de tesis de pregrado y posgrado, la realización de *Pruebas Certificadas y Acreditación* para las tecnologías asociadas a Smart Grids y la *Formación y Capacitación* para difundir los nuevos conocimientos, crear capacidades académicas permanentes y capacitar a profesionales y personal operativo del sector y empresas interesadas. Estos resultados se asocian a procesos de formación de ingenieros desde diferentes perspectivas, diferentes a los procesos de aprendizaje ligados a las clases magistrales y que impactan más allá de una práctica de laboratorio tradicional.

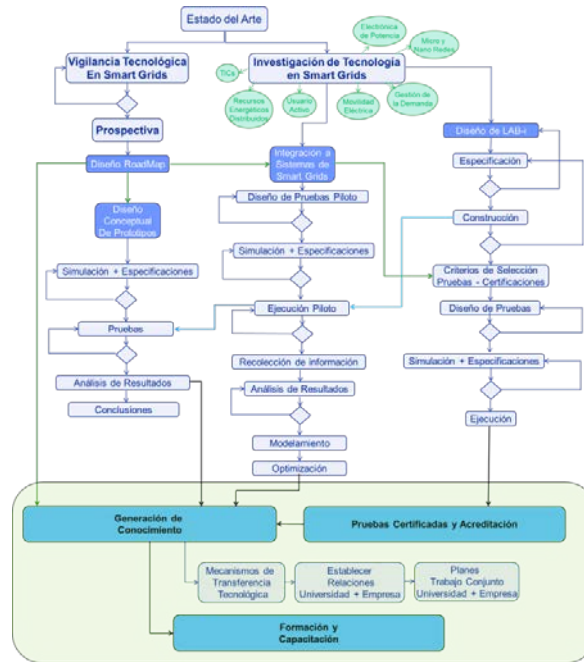


Figura 2. Metodología de desarrollo del LAB+i

4. LAB+i como herramienta pedagógica

Las prácticas de laboratorio deben ser aprovechadas para enfrentar a los futuros profesionales a situaciones particulares en las que deban tomar decisiones, aprovechar los recursos disponibles, plantear soluciones mediante la interacción con un equipo de personas. También es necesario que los estudiantes tengan la oportunidad de estar en contacto con tecnologías actuales y sistemas reales como los que se utilizan en el sector productivo nacional. (Téllez, *et al.*, 2013). Ya que LAB+i es una plataforma innovadora, puede aprovecharse como una herramienta pedagógica de más amplia cobertura que un laboratorio tradicional en el que los objetivos formativos se limitan únicamente a la comprobación práctica de la teoría. El desarrollo y operación del laboratorio es coordinada por investigadores de amplia trayectoria y en ella participan estudiantes de pregrado, maestría y doctorado de Ingeniería. Para los participantes, las etapas y metodologías descritas en el numeral anterior se constituyen en oportunidades para desarrollar estrategias de aprendizaje específicas, especialmente en los procesos relacionados con:

- Vigilancia y prospectiva tecnológica
- Diseños de mapas de ruta
- Diseño conceptual, montaje, simulación y pruebas de prototipos
- Planteamiento y ejecución de pruebas certificadas

En cada una de estas actividades los estudiantes se exponen activamente a la metodología científica, que es desarrollada con diferentes niveles de profundidad y para alcances de diversa amplitud de acuerdo a su nivel de estudios. Así mismo, LAB+i permite la apropiación transversal de conocimientos asociados a Redes Inteligentes.

Por la amplia cobertura del Laboratorio, las posibilidades de aplicación de estrategias de aprendizaje y planes de acción pedagógica pueden considerarse ilimitadas. Se destacan principalmente:

4.1 Aprendizaje autónomo

Una característica fundamental de LAB+i como plataforma educativa es que brinda escenarios para fomentar el aprendizaje autónomo, al cumplir con las características (UNICAFAM, 2013):

- Motivación para el aprendizaje: El estudiante puede estar en contacto con elementos de tecnología de punta y de fácil interacción.

- Fomento de la iniciativa y la creatividad: Diversidad de aplicaciones y usos de la plataforma. Múltiples posibilidades de uso.
- Variedad de técnicas de aprendizaje: Espacios académicos diversos para la construcción del conocimiento centrado en el estudiante
- Construcción del conocimiento de forma significativa: Elaboración de nuevos conceptos a partir de conocimientos previos en un ambiente de aplicación real.
- Autorregulación del aprendizaje: Apoyo a procesos metacognitivos a través de experiencias diversas relacionadas con la misma área temática.

4.2 Aprendizaje basado en problemas (ABP)

LAB+i se constituye en una herramienta de aprendizaje activo liderado por el estudiante que se interrelaciona con los elementos del laboratorio, bajo la guía del docente. De esta forma se pueden transformar experiencias con elementos de Redes Inteligentes en fuente de nuevas ideas, vinculando así el conocimiento teórico y el práctico.

La estructura de LAB+i permite que el estudiante planee, implemente y evalúe proyectos que tienen aplicación que trasciende del laboratorio a las infraestructuras energéticas reales (Knowlton. et al.,2003). También facilita la realización de los eventos pedagógicos mostrados en la Figura 3.



Figura 3. Eventos pedagógicos del Aprendizaje Basado en Problemas

5. Conclusiones

El Laboratorio Nacional de Redes Inteligentes LAB+i se presenta como una oportunidad para el desarrollo y aplicación de estrategias pedagógicas innovadoras.

Dada la amplitud de LAB+i, se convierte en una herramienta para apoyar diferentes estilos de aprendizaje en todos los niveles de formación.

Complementar el proceso formativo de ingenieros con laboratorios innovadores permite cumplir con el perfil esperado de los egresados en las áreas relacionadas con Redes Inteligentes.

La disponibilidad de equipos con nuevas tecnologías permite tener una mayor interacción de los futuros profesionales con la industria para cumplir los retos actuales del sector energético.

6. Referencias

Artículos de revistas

- [1] Alizadeh, M., Li, X., Wang, Z., Scaglione, A. and Melton, R. (2012). Demand side management in the Smart grid. IEEE Signal Processing Magazine, September 2012, pp 55-67.
- [2] Fang, X., Misra, S., Xue, G. and Yang, D. Smart Grid; The New and Improved Power Grid: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2012, vol. 14, pp. 944-980.

Libros

- [3] Barkley, E. F. (2009). Student engagement techniques: A handbook for college faculty. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- [4] AENOR (2011). UNE 166006:2011 Gestión de la I+D+i: Sistema de Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva. pp 1-18.

- [5] UNICAFAM (2013). Diplomado estrategias de aprendizaje autónomo y significativo en la Ingeniería. Fundación Universitaria Cafam, Bogotá, pp 120.
- [6] Knowlton, D. S., & Sharp, D. C. (2003). Problem-based learning in the information age. *New Directions for Teaching and Learning*, No. 95. Jossey-Bass, San Francisco.

Memorias de Congresos

- [7] Céspedes, R (2012). A reference model for the electrical energy system based on Smart Grids. *Transmission and Distribution: Latin America Conference and Exposition (T&D-LA)*, pp. 1-6.
- [8] Téllez, S., Rosero, J. (2013). Implementación de Metodología CDIO en el laboratorio máquinas eléctricas. *World Engineering Education Forum WEEF 2013*, Cartagena. pp 1-8

Sobre los Autores

- **Sandra Milena Téllez Gutiérrez:** nació en Bogotá, Colombia en 1975. Recibió los grados de Ingeniera Electricista (1997), Especialista en Sistemas de Distribución (2003), Magister en Ingeniería Eléctrica (2011), actualmente es estudiante de Doctorado en Ingeniería Eléctrica. Todos los estudios adelantados en la Universidad Nacional de Colombia. Recibió el Premio Nacional ACOFI 2013. Desde el año 1997 y hasta el 2001 trabajó en diseño y operación de redes de distribución, líneas de transmisión e instalaciones eléctricas. A partir del 2002 trabaja como docente e investigadora en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Sus áreas de interés son: Máquinas eléctricas, gestión energética, Smart Grids y movilidad eléctrica. smtellezg@unal.edu.co
- **Oscar Germán Duarte Velasco:** Ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia (1991), Magister en Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia (1997) y Doctorado en Informática (2000) de la Universidad de Granada. Desde 1994 trabaja como docente e investigador en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica en la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. ogduartev@unal.edu.co

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)