

# Experiencias en contexto para generar competencias en carreras de ingeniería

**In-context experiences to generate skills in engineering degrees**

**Experiências no contexto para gerar competências nos cursos de engenharia**

DOI: rces.v25n37.a12

Recibido: 01/04/2015

Aceptado: 01/10/2015

## **Matías Waldino Orué**

Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Santa Fe, Dpto. de Ing. Mecánica  
- Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI), Santa Fe –  
Argentina - Ingeniero en Electrónica - morue@frsf.utn.edu.ar

## **Gloria Elena Alzugaray**

Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Santa Fe, Dpto. de Ing. Mecánica  
- Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI), Santa Fe –  
Argentina - Doctora en enseñanza de las ciencias galzugar@frsf.utn.edu.ar

## **Nicolás Alejandro Pirog**

Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Santa Fe, Dpto. de Ing. Mecánica  
- Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI), Santa Fe –  
Argentina - Ingeniero Mecánico npirog@frsf.utn.edu.ar

## **Martín Alejandro Bär**

Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Santa Fe, Dpto. de Ing. Mecánica  
- Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería (GIEDI), Santa Fe –  
Argentina - Técnico Electromecánico martin.bar88@gmail.com

## Experiencias en contexto para generar competencias en carreras de ingeniería

### Palabras clave

Guía, instrucciones, publicación académica.

Se realiza en este trabajo un análisis del desarrollo de competencias y capacidades en la formación de los futuros profesionales de la ingeniería en el área de la electrónica y el control, atendiendo a la necesidad de las carreras de ingeniería en su permanente actualización en un mundo de cambios tecnológicos profundos. Los desarrollos en electrónica y control se centran actualmente en la integración de los sistemas mecánicos, electrónicos e informáticos aplicados a la robótica y a los sistemas de producción integrados. Para ello se desarrollan materiales y módulos didácticos de entrenamiento. Las temáticas a desarrollar incluyen controladores industriales, robótica aplicada, redes de comunicación, *software* de supervisión y dispositivos integradores de tecnologías. Partiendo de situaciones prácticas organizadas desde lo que se denomina el Laboratorio de Tecnologías Aplicadas, se formularán cuestiones que favorezcan una amplia exposición de los conocimientos de los alumnos, para luego continuar con nuevas situaciones de complejidad creciente, compatibles con el nivel de los estudiantes para promover la evolución de los modelos iniciales. Se culminará con la elaboración de conclusiones, estructuración de conocimiento y actividades de aplicación.

En el trabajo se describen una serie de dispositivos (de materiales y metodológicos) para mejorar la formación en tecnologías aplicadas del área electrónica y control para alumnos de nivel universitario mediante la práctica de *experiencias en contexto*. Con ellos, se espera favorecer la comprensión de conceptos básicos de ciencia y tecnología en un marco educativo integrado.

## Resumen

**Clasificación JEL:** I20, I29, N36.

## In-context experiences to generate skills in engineering degrees

### Keywords

Guide, instructions, academic publishing.

## Abstract

In response to the need of engineering careers for permanent updates within this world of drastic technological changes, this study analyzes the development of competencies and skills during the education of future professionals in the fields of electronic and control engineering.

The developments in electronics and control are currently centered on the integration of mechanical, electronic, and computer information systems applied to robotics and to integrated production systems. Thus, teaching materials and educational training modules are developed. The topics to be developed include industrial controllers, applied robotics, communication networks, supervision software, and technology-integrating devices.

Based on practical situations organized from what is known as the "laboratory of applied technologies", questions will be formulated that favor a wide exposition of the knowledge of the students; then, new situations of growing complexity continue that are compatible with the level of the students to promote the evolution of the initial models; finally, conclusions, knowledge structures, and application activities are established.

The study describes a series of devices (materials and methods) to improve education in applied technologies in the field of electronic and control engineering for university students through in-context experiences. These experiences are expected to favor the comprehension of basic concepts of science and technology in an integrated educational framework.

## **Experiências no contexto para gerar competências nos cursos de engenharia**

## **Resumo**

Atendendo à necessidade dos cursos de Engenharia em sua permanente atualização dentro de um mundo de mudanças tecnológicas profundas, se realiza neste trabalho uma análise do desenvolvimento de competências e capacidades na formação dos futuros profissionais da Engenharia na área da Eletrônica e o Controle.

Os desenvolvimentos na eletrônica e controle se centram atualmente na integração dos sistemas mecânicos, eletrônicos e informáticos aplicados na robótica e aos sistemas de produção integrados. Para isto se desenvolvem materiais didáticos e módulos didáticos de treinamento. As temáticas a desenvolver incluem controladores industriais, robótica aplicada, redes de comunicação, software de supervisão, e dispositivos integradores de tecnologias.

Partindo de situações práticas organizadas desde o que se denomina o "Laboratório de Tecnologias Aplicadas" se formularão questões que favoreçam uma ampla exposição dos conhecimentos dos alunos; para logo continuar com novas situações de complexidade crescente, compatível com o nível dos estudantes para promover a evolução dos modelos iniciais. Terminando com a elaboração de conclusões, de estruturação de conhecimento e atividades de aplicação.

No trabalho se descrevem uma série de dispositivos (materiais e metodológicos) para melhorar a formação em tecnologias aplicadas da área eletrônica e controle para alunos de nível universitário mediante a prática de "experiências em contexto". Com isto, se espera favorecer a compreensão de conceitos básicos de ciência e tecnologia em um marco educativo integrado.

## **Palavras-chave**

Guia, instruções, publicação acadêmica.

## 1. Introducción

El desarrollo tecnológico actual y la rapidez con que se generan los cambios exigen que las universidades formen ingenieros que sean competitivos en el ámbito nacional e internacional para enfrentar los retos de la globalización. Por ello, es cada vez más necesario replantear el porqué de las prácticas, sus contenidos y la metodología de la enseñanza, de modo que los estudiantes tengan la capacidad para razonar y ser creativos e innovadores en la solución de problemas del área de desarrollo que les compete.

No es menor hoy en día hacer un gran esfuerzo por comprender que un profesional de la ingeniería no es un ser aislado con sus conocimientos específicos (mecánica, electromecánica, electricidad, electrónica, etc.), sino que estos saberes se requieren no como una especialidad en el tema, sino como un conocimiento general para poder abordar proyectos que necesitan de otras áreas técnicas, tanto para coordinarlos como para interactuar con otros profesionales.

En los currículos de carreras relacionadas con las ciencias y la tecnología, las actividades realizadas en laboratorios constituyen un campo de desarrollo e investigación cuyas implicancias en la enseñanza y aprendizaje son relevantes. Las experiencias y trabajos abordados componen un espacio para la integración de contenidos tanto disciplinares como multidisciplinarios y, de este modo, pasan a ser una herramienta insoslayable para la enseñanza y el aprendizaje.

En consonancia con las consideraciones anteriores, en el ámbito académico existe un amplio consenso sobre la conveniencia de establecer objetivos longitudinales de aprendizaje, que tengan relevancia potencial en el mundo laboral. Esos objetivos acumulativos se

expresan en forma de competencias. El conocimiento asociado a las ciencias de la ingeniería proporciona un amplio y sólido fundamento para el manejo de las tecnologías en que se apoya el desempeño profesional del ingeniero.

En gran medida, los desarrollos en electrónica, electrotecnia y control industrial se centran actualmente en la integración de los sistemas mecánicos, electromecánicos, electrónicos e informáticos aplicados a la robótica y a los sistemas de producción integrados. Es por esta razón que se realizarán materiales y módulos didácticos de entrenamiento cuya temática a desarrollar incluye controladores industriales, robótica aplicada, redes de comunicación, *software* de supervisión y desarrollos integradores. El trabajo pone en perspectiva la formación en tecnologías aplicadas en las áreas de electrónica, electrotecnia y control para alumnos de nivel universitario mediante la práctica de *experiencias en contexto*. Con ellos se espera favorecer la comprensión de conceptos y el desarrollo de competencias en dichas áreas, en un marco educativo integrado.

## 2. Experiencias en el contexto del laboratorio

En carreras de ingeniería, las actividades didácticas deben ser utilizadas por los docentes como instrumento de integración de contenidos tanto disciplinares como multidisciplinarios; estas son una herramienta insoslayable para la enseñanza y el aprendizaje. Por ello los diseños y desarrollos de las mismas constituyen un campo de estudio que genera cuestiones, elementos y materiales susceptibles de ser sometidos al análisis, evaluación, investigación y actualización permanente.

En este trabajo se presentan experiencias que integran los contenidos teóricos, los trabajos prácticos de laboratorio, la resolución de problemas, la simulación, el uso de *software* libre y la utilización de elementos de sensado y medición de variables. Además, confluyen los conocimientos impartidos en la asignatura Electrónica y Sistemas de Control del pregrado de Ingeniería Mecánica de la UTN Santa Fe, en las clases teórico-prácticas y en las clases de laboratorio.

En el contexto universitario de los pregrados de ingeniería, los trabajos prácticos son un tema siempre presente en la enseñanza, ya sea como metodología aplicada, como objetivo a conseguir o, simplemente, como actividad puntual de fijación de conceptos. Desde las relaciones que se generan en el aula, los trabajos prácticos implican interacción alumno-alumno y alumno-docente.

En consecuencia, su resolución conlleva una actividad problemática que requiere de diversos campos de conocimientos y competencias, los cuales el estudiante debe haber adquirido. Se entiende por *competencia* la definición dada por Perrenoud (2004, p. 36):

"Aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizando a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro-competencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento".

Por otra parte, en este trabajo se comparte la propuesta de "Competencias genéricas de egreso del ingeniero iberoamericano" elevada por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de Argentina (CONFEDI) que contempla diez competencias genéricas, complejas e integradas, relacionadas con saberes

(teórico, contextual y procedimental), vinculadas con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional), referidas al contexto profesional (la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer), que apuntan al desempeño profesional (la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido) y que incorporan la ética y los valores en el perfil del profesional que se busca formar. Las competencias tecnológicas definidas por CONFEDI (2010) son:

1. Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería
2. Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería
3. Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería
4. Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería
5. Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas

Para favorecer el desarrollo de competencias en la especialidad de Ingeniería Mecánica en el área de la electrónica y el control automático, se debe pensar la formación de grado del ingeniero desde el eje de la profesión, es decir, desde el desempeño, desde lo que el ingeniero efectivamente debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos de su actividad profesional.

Para ello se requiere tener en cuenta las necesidades actuales y potenciales del país, de la sociedad y del medio laboral. De manera que es necesario sumar a las lógicas de aprendizaje y trabajo académico, tanto las lógicas del mundo del trabajo como las del mundo económico, social y político.

Ante la vertiginosa oferta de innovaciones tecnológicas, las experiencias a desarrollar aparecen como

una herramienta para acompañar la formación de los ingenieros frente a los cambios científico-tecnológicos, con el fin de propiciar el conocimiento actualizado y la capacidad de selectividad ante diferentes problemas.

## 2. Metodología

En trabajos anteriores (Pirog, N., Faccioli B., Orué, Alzugaray, G., 2012) se presentó la relación entre competencias, consecuencias para el aprendizaje e instrumentos utilizados en la especialidad Ingeniería Mecánica en el área de la electrónica y el control automático como evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje implicados en la asignatura (tabla 1):

**Tabla 1:** Relación entre competencia, consecuencias para el aprendizaje e instrumentos aplicados

Competencia	Consecuencias para el aprendizaje y la evaluación	Instrumentos aplicados
Articular, formular y resolver problemas	Selección del caso explicitando la integración	Presentación del pre-proyecto Integración de conocimientos, habilidades y actitudes
Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería	Descripción de manera integral del funcionamiento de la instalación, máquina o mecanismo seleccionado Medición y recolección de todos los datos necesarios Observación de las condiciones relativas a la higiene y seguridad laboral y ambiental	Presentación de tablas de observación ( <i>check-list</i> , escalas, simulaciones, fotografías, diagramas, etc.)
Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería	Evaluación del conocimiento (cuándo y dónde aplicar los conocimientos disponibles)	Resolución de casos y aprendizaje por resolución de problemas
Utilizar técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería	Evaluación del desarrollo	Evaluaciones parciales
Contribuir a la generación de desarrollos y/o innovaciones tecnológicas	Presentación de los proyectos ante el grupo de alumnos para intercambio de experiencias	Presentación del proyecto final

Fuente: elaboración propia

Las competencias y la integración de conocimientos se pusieron en evidencia en las siguientes experiencias:

#### 1) *Control de temperatura de salida en tanques de almacenaje de agua mediante mezcla de fluidos*

En este proyecto se contempla que el usuario defina la temperatura a la que desea obtener el agua, ya sea para un proceso industrial específico o para usos domésticos. El sistema, tal como está planteado, realiza el mezclado de agua fría y caliente para obtener el valor definido sin importar las fuentes; es decir, es un sistema flexible y económico.

Ventajas:

- La fuente caliente puede provenir de cualquier proceso y es independiente del dispositivo.
- La facilidad de construcción y realización.
- El calentamiento depende del volumen caliente que ha ingresado y se realiza por convección rápidamente.

Desventajas:

- El sistema es difícil de estabilizar. Se debe trabajar con un rango de error bastante amplio.
- La fuente fría perturba la mezcla a temperatura cuando se llega a su nivel de reposición.
- Si el usuario prefiere una menor temperatura, hay que purgar el tanque de mezcla.

Según puede observarse en la figura 1, se han logrado integrar varios conceptos afines a otras asignaturas en la especialidad de ingeniería mecánica (mecánica de fluidos, sistemas de control, estabilidad y termodinámica).

Funcionamiento:

- 1) Se realiza el llenado de agua fría del tanque central (nivel prefijado), dominado por un sistema puramente mecánico de boya y varillas. Se plantea un análisis de equilibrio y fuerzas resultantes.

- 2) Se incorpora una masa de agua caliente y se sensa permanentemente la temperatura mediante una Pt100 solidaria al tanque principal. El sensor es quien determina el valor de la variable temperatura, medida que se utilizará en el sistema de control para dar la orden de acción a la válvula que permite el ingreso de agua caliente a una temperatura considerada invariable.
- 3) El usuario tiene la posibilidad de enfriar el agua calentada mediante un sistema automático de recirculación, el cual se encarga, por medio de una bomba centrífuga pequeña, de forzar el agua a través de un intercambiador de calor, que extrae el calor del agua.
- 4) Se incorpora además un sensor a la salida que se encarga de medir las sales disueltas mediante la medición de resistencia del fluido. Indica valores bajos de resistencia para altos valores de concentración y altos valores resistivos para un agua sin sales, de naturaleza poco conductora.

Ejecución y objetivos:

Para la realización concreta se plantea el desarrollo en etapas de un control íntegro del sistema mediante la plataforma de desarrollo Arduino y un *software* desarrollado por el equipo de trabajo para tal fin. Todo podrá controlarse y medirse en tiempo real. La información obtenida será procesada para su análisis.

Ver figura 1 siguiente página.

#### 2- *Control de motores paso a paso (PaP) en tiempo real con aplicación mecánica*

Este proyecto es una aplicación de la tecnología Arduino para el desarrollo de sistemas de control experimentales. En este caso, dicha tecnología y su

electrónica asociada viene a reemplazar el circuito necesario para que los motores paso a paso funcionen en servicio.

Se pensó en una aplicación que consiste en la elección de un sistema puramente mecánico, que en esta oportunidad será un gato tijera; de esta forma, se reemplaza el accionamiento manual por uno automático, quedando dominado por el motor PaP. Mediante el modelado matemático adecuado se controlará la altura de elevación por medio de la traducción de altura de mm a pasos que realizará este motor. Se le dio particular importancia a estos motores ya que son muy utilizados en la industria, particularmente en las máquinas de control numérico, ya sea para el mecanizado de materiales o bien en sistemas robóticos automáticos intervinientes en los procesos productivos.

Para el control en tiempo real se realizará la conexión entre la placa Arduino y un *software*, con el fin de integrar todas sus ventajas.

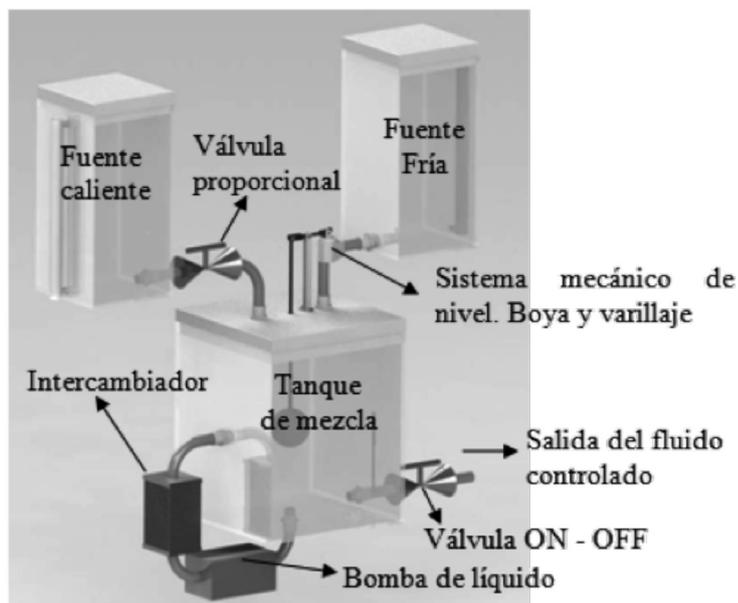
Ventajas:

- No tienen inercia propia de frenado.
- El arranque es instantáneo, ya que funciona por pulsos.
- Los movimientos de rotación son muy precisos, fácilmente traducibles a desplazamientos.
- La inversión de giro es muy sencilla de realizar.
- El control se hace en tiempo real y por computadora con todas las posibilidades de modelado matemático y estadístico.

Desventajas:

- Requiere de un sensado ante posibles errores en el desplazamiento.
- Requiere de un sistema auxiliar para su funcionamiento; no puede conectarse directamente a una red de corriente continua.
- La precisión se ve afectada por aproximaciones en el modelado.

**Figura 1.** Esquema del sistema de tanques



Funcionamiento y ejecución:

El principio de funcionamiento se basa en la interacción *software-Arduino* para que mediante la utilización de la circuitería adecuada comanden la elevación del gato gracias al motor paso a paso solidario al eje de giro (figura 2). Para ello, desarrollaremos la interfaz de usuario adecuada para realizar este control, con todas las variables requeridas para una precisión acorde a lo que se pretende.

El grupo de trabajo está desarrollando por etapas la concreción de la interfaz y concluirá finalmente en la medición de la altura con base a lo definido en el *software*, con el fin de aumentar la precisión. Además, se harán todas las mejoras pertinentes, tanto en los elementos utilizados como en la lógica de programación.

### 3. Resultados

En los trabajos presentados se identificó la situación problemática que se propone novedosa

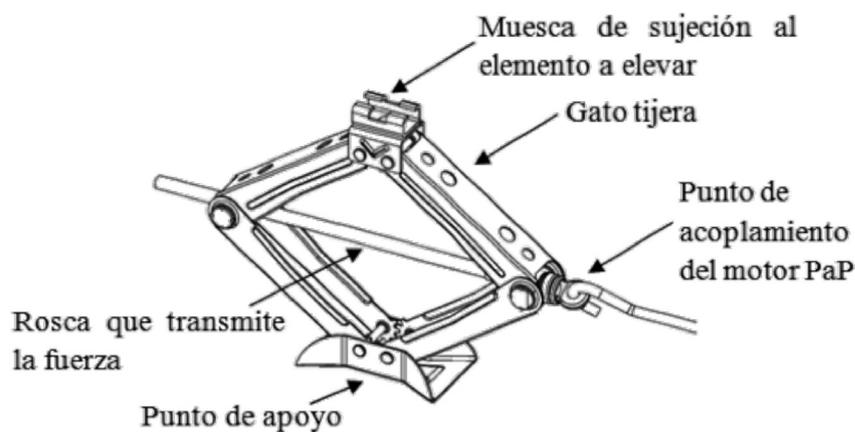
para adquirir las competencias y abordarla de inmediato; en consecuencia, los alumnos debieron construir modelos y esquemas. Se planteó entonces una secuencia de actividades que comenzó con la presentación de la situación, la formulación de preguntas relevantes consensuadas y el plan de acción.

Las experiencias presentadas a los estudiantes de la asignatura Electrónica y Sistemas de Control forman parte de los trabajos que realizan en clases.

Abordar una situación problemática en un trabajo práctico integrador para lograr aprendizajes requiere recoger evidencia de la ocurrencia de estos, por lo que en cada situación presentada, estas se ponen en relevancia a través de descripciones detalladas. Esto es factible a partir de los reportes finales de los estudiantes, mediante la comunicación oral y escrita (tabla 2).

En cuanto a la exposición sobre el dispositivo estudiado, se presentaron descripciones con un grado de

**Figura 2.** Esquema de la aplicación mecánica



detalle de básico a complejo. Se incorporaron dimensiones precisas de algunas partes y se denotó cierto conocimiento de las magnitudes fundamentales y sus correspondientes unidades y escalas.

Se recurrieron a conocimientos de otras asignaturas para comprender y explicar el funcionamiento de cada dispositivo y del conjunto. Fue importante la realimentación con los docentes de la cátedra, mostrando una base teórica-conceptual disponible amplia.

El análisis de la información registrada proporcionó indicación sobre la calidad de los aprendizajes y las competencias adquiridas por los alumnos (tabla 2).

## 4. Conclusiones

Las experiencias realizadas en la asignatura por los alumnos se han transformado en una herramienta pertinente para desarrollar competencias genéricas (Zabala y Arnau, 2007) que indiquen el saber hacer. Esto implica que el estudiante en su formación, además de conocimientos (Prieto, 2008), debe adquirir una serie de habilidades y destrezas. El ámbito de experiencias prácticas integradoras es una propuesta pedagógica que permite el desarrollo de las mismas. Se ha detectado a través de su implementación el incremento en la predisposición de los alumnos hacia el abordaje de temas relacionados con el área de control y automatización. Esto se ve al momento de la presentación de informes, la profundidad de tratamiento de los temas, la complejidad de las lógicas y esquemas de control diseñados, el nivel de las consultas de los alumnos sobre características de sensores, actuadores, autómatas y otros componentes.

**Tabla 2:** Relación entre competencias y consecuencias para el aprendizaje

Competencias	Consecuencias para el aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería</li> <li>-Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería</li> <li>-Gestionar, planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería</li> <li>-Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en ingeniería</li> <li>-Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Representaciones esquemáticas</li> <li>-Nivel o grado de explicitación de las representaciones</li> <li>-Descripción elemental del funcionamiento de la máquina o mecanismo seleccionado</li> <li>-Medición y relevamiento de los datos necesarios, y observación de las condiciones relativas a su uso y aplicación</li> <li>-Descripción con base al conocimiento científico-tecnológico del funcionamiento de la máquina o mecanismo seleccionado</li> <li>-Reconocimiento de los principios y leyes para el funcionamiento de los dispositivos</li> <li>-Adquisición de experiencia en la selección y uso de diversas fuentes de información</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

## Referencias

- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
- Pirog, N., Faccioli B., Orué, Alzugaray, G. (2012). Los trabajos prácticos como materiales didácticos para aplicaciones tecnológicas en carreras de ingeniería. *Foro Mundial en Educación en Ingeniería*, 1, pp.160-167.
- Zabala, Z. y Arnau, L. (2007). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.
- Prieto, L. (Coord.). (2008). *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje*. Barcelona: Octaedro/ICE UB.
- CONFEDI. (2010, octubre). La formación del ingeniero para el desarrollo sostenible. Aportes del CONFEDI Congreso Mundial Ingeniería 2010. Buenos Aires.