



# FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN EN ACCIÓN: ARTICULACIÓN MULTINIVEL DE ESPACIOS DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS DE INNOVACIÓN EN PREGRADO

Luisa Fernanda Payán, María Catalina Ramírez, José Tiberio Hernández

Universidad de los Andes  
Bogotá, Colombia

## Resumen

Las competencias del ingeniero actual y del futuro cercano, en cuanto a comunicación, trabajo en equipo, trabajo por proyectos y estimación del impacto de las soluciones de ingeniería, están en el frente de las preocupaciones de las escuelas de ingeniería, tanto en pregrado como en posgrado. Los espacios de aprendizaje activo basados en proyectos desde etapas tempranas de la formación, la colaboración con actores externos a la academia (empresarios, emprendedores y exalumnos) y la exposición de los proyectos de estudiantes en formación a la crítica externa, se han venido fortaleciendo en los currículos de pregrado y en algunos de posgrado.

En este artículo se presenta el diseño y ejecución de un espacio de integración de las actividades de formación para la innovación en ingeniería: *la Semana de la innovación con impacto*. Durante 30 horas a lo largo de la última semana del semestre académico, estudiantes, profesores y egresados se articulan para compartir aprendizajes de proyectos de innovación que se han adelantado durante el semestre. Tanto las actividades de formación como los espacios académicos están relacionados con tres de las once Habilidades y competencias ABET: Trabajo en equipos multidisciplinares (D), Comunicación efectiva (G), y entendimiento del impacto de las soluciones de ingeniería (H). Los espacios académicos que se articulan para medir las anteriores metas son: 1) LaMuestra: 125 proyectos de innovación de mitad de carrera, 2) El Encuentro entre empresarios y estudiantes innovadores, 3) ExpoAndes: 130 proyectos de innovación de primer semestre, 4) Proyectos de Innovación Social con Tecnología de egresados y estudiantes, 5) Tour de la Innovación por los laboratorios y semilleros de ingeniería, dirigido a empresarios y 6) Experiencia

Coworking (egresados y estudiantes): interacción entre estudiantes con proyectos destacados y emprendedores con experiencia.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en proyectos; formación para la innovación; ABET

### **Abstract**

*The skills of the contemporary and the near-future engineer regarding communication, teamwork, work by projects and estimating the impact of engineering solutions are at the forefront of engineering schools concerns, both for bachelor and master degree levels. Active learning spaces based on projects from the early stages of training, collaboration with actors outside the academy (entrepreneurs and alumni) and the exposure of students' projects to external criticism have been strengthened in undergraduate curricula and some graduated courses.*

*This paper presents the design and development of a space for the integration of training activities for engineering innovation: the Innovation with Impact Week. During the last week of the academic semester, 30 hours are given for students, professors and alumni to share the learnings about some innovation projects that have been developed during the semester. Both the academic training activities and spaces are related to three of the eleven ABET's student's outcomes: Multidisciplinary Teamwork (D), Effective Communication (G), and Understanding the Impact of Engineering Solutions (H). The academic spaces related with the those outcomes are: 1) LaMuestra: 125 mid-career innovation projects, 2) ElEncuentro: a meeting of some entrepreneurs with Innovative Students, 3) ExpoAndes: 130 first-semester innovation projects, 4) Social Innovation with Technology projects of alumni and students, 5) an Innovation Tour for entrepreneurs through some laboratories and engineering research groups and 6) Coworking experience (alumni and students): interaction between students with outstanding projects and entrepreneurs with experience.*

**Keywords:** project-based learning; training for innovation; ABET

## **1. Introducción**

Cada vez es más común que se requiera a los profesionales de la ingeniería demostrar un alto nivel de habilidades profesionales, como aprendizaje a lo largo de la vida, la habilidad de trabajar efectivamente tanto individualmente como en grupos interdisciplinarios, entendimiento de la necesidad de tener altos estándares éticos en la práctica de la ingeniería y la habilidad de comunicarse efectivamente con otros ingenieros y el resto de la sociedad (Duffy, 2011). De acuerdo con esta tendencia, estas habilidades son tenidas en cuenta por varios organismos de acreditación para programas de ingeniería como Engineers Ireland, Engineers Australia y ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology). Se presenta en este artículo una actividad que refleja la evolución que los esfuerzos en reforzar las competencias anotadas, después de 15 años de acciones tanto curriculares como extracurriculares

en la facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, en Bogotá.

Para esto, se introducirá primero el contexto en el que está enmarcado este proceso, luego la estructura y los objetivos de la Semana de la innovación con impacto y, por último, los primeros resultados de esta iniciativa.

## 2. Contexto en la Educación en Ingeniería

En el perfil del ingeniero del siglo XXI se hace mucho hincapié en el desarrollo de habilidades y competencias como: desempeñarse en grupos multidisciplinarios, comunicarse efectivamente, y entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto social y global. Éstas hacen referencia a habilidades profesionales, cuyo desarrollo está fuertemente vinculado con un crecimiento en el desarrollo intelectual, es decir, en la autonomía en el aprendizaje, el compromiso con la ética y la disposición de liderar y exponer una iniciativa (Duffy, 2011).

Algunos estudios señalan que existe una relación entre el desarrollo tales habilidades profesionales y la metodología de aprendizaje basado en proyectos/problemas (ABP) (Hunt, A. et al., 2005; Talat, A. & Chaudhry, H., 2014; Warnock, J. & Mohammadi-Aragh, M., 2016). El ABP se contrapone a la enseñanza deductiva y se caracteriza por contextualizar el aprendizaje, conectar la teoría con la práctica mediante la incorporación del conocimiento en situaciones de la vida real y ser interdisciplinario (Alves et al., 2016). Específicamente, es posible identificar los siguientes aspectos en la metodología de ABP (Palmer, S., & Hall, W., 2011): (i) Solución de un problema o terminación de una tarea que requiere que los estudiantes completen una serie de actividades educativas que impulsan el aprendizaje; (ii) Generalmente los estudiantes trabajan en equipo para completar un proyecto; (iii) El proyecto no es trivial y a menudo multidisciplinario por naturaleza, requiriendo trabajar por un período de tiempo prolongado; (iv) Normalmente el proyecto involucra el desarrollo de un artefacto concreto, como un diseño, modelo, tesis, simulación por computadora, etc.; (v) La culminación del proyecto es a menudo un informe escrito y / o una presentación oral que describe los métodos y el producto final; y (vi) El docente asume un papel de asesoramiento más que autoritario.

Estas guías y recomendaciones han sido estructuradas de manera interesante a nivel curricular por la iniciativa CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) (Crawley, Malmqvist, Ostlund & Brodeur, 2007), y a nivel de cursos proyecto, centrados en innovación, se ha estructurado la metodología OCDIO (en la que la Observación, y su impacto en la concepción y operación de la solución, juegan un papel importante) (Carvajal, Ramírez & Hernández, 2011). El resultado de diferentes cursos que implementan esta metodología, confluye en la iniciativa que presentamos en este artículo, en donde se busca no solo visibilizar este impacto, sino también, siendo esto de gran importancia, articularlo con el ecosistema de innovación y sus actores, como son empresas, empresarios, exalumnos, instituciones gubernamentales y tomadores de decisiones en ellas.

### 3. La Semana de la innovación con impacto

La Semana de la innovación con impacto nace con la intención de (i) Visibilizar las distintas iniciativas de formación para la innovación que hay por parte de los actores de la Universidad de los Andes: estudiantes, profesores y egresados y (ii) Propiciar espacios para la articulación estos actores con el fin de generar una cultura de innovación dentro de la Universidad. Por medio de las anteriores actividades se pretende reforzar algunas las competencias señaladas anteriormente. Desde 1998 se realiza en la Universidad semestralmente la feria de innovación ExpoAndes en el formato actual, donde estudiantes de primer semestre de las distintas carreras de ingeniería presentan los proyectos que han realizado a lo largo del semestre académico, siguiendo la metodología de APB que se ha visto complementando y redefiniendo en lo que llamamos OCDIO (Observar, Concebir, Diseñar, Implementar y Operar). Cada curso tiene libertad para elegir el problema a resolver, de modo que puede suceder que varios grupos de un curso trabajen en la solución de un mismo problema o que tengan la posibilidad de elegir el problema de manera autónoma. A la feria normalmente asisten los padres de familia y los otros estudiantes de la Universidad, así como algunos jurados externos convocados por los profesores para calificar los proyectos de su curso (Ramírez & Hernández, 2008).

A partir del 2005 en Ingeniería de Sistemas y Computación (Hernández & Villamil, 2011), desde el 2013 con todos los programas de ingeniería y a partir del 2015 con el curso de emprendimiento e innovación que lidera la facultad de Administración, se decide diseñar espacios similares con los cursos de mitad de carrera para que a lo largo del semestre desarrollen proyectos enfocados hacia la innovación, basándose en el conocimiento específico en ciencia y tecnología. Estos proyectos, de mayor nivel de desarrollo considerando los conocimientos obtenidos por los estudiantes en los semestres anteriores y mediante su participación en *Expoandes*, son presentados en una feria llamada *LaMuestra*, a la que se invitan empresarios, exalumnos e inversionistas (Ramírez, Carvajal & Hernández, 2010).

Basados en los resultados observados y reportados en estos espacios, y con el propósito de reforzar y registrar las evidencias del impacto en la formación de los estudiantes de estos espacios académicos OCDIO, se concibió, diseñó y puso en marcha un proyecto innovador integrado que busca reforzar nuestro objetivo de fortalecer nuestras habilidades foco: para desempeñarse en equipos de trabajo multidisciplinarios, para comunicarse efectivamente y para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global y social. Las ferias de innovación presentan un espacio pertinente para llevarlo a cabo, ya que se pueden formular problemas que requieran de la interacción de varias disciplinas, se cuenta con el espacio para que los estudiantes mejoren su capacidad de comunicarse efectivamente y, dado su enfoque OCDIO, ofrecen la posibilidad de vincular los conocimientos teóricos con la práctica mediante la solución de problemas del fuera del ámbito académico. El potencial de estas actividades para fortalecer ciertas habilidades y capacidades de los estudiantes pone en evidencia la necesidad de disponer de más espacios que propicien la interdisciplinariedad, la interacción con otros actores y el entendimiento del impacto global y social de las soluciones

planteadas.

Adicionalmente, se dio un hito importante en el avance hacia una cultura de innovación en la Universidad con la conformación de InnovAndes como iniciativa de impulso a la innovación interdisciplinaria basada en conocimiento que busca facilitar y apoyar los procesos de fortalecimiento de las relaciones que se construyen a partir de los proyectos de innovación entre grupos de investigación, estudiantes y empresas.

Considerando todo lo anterior, en enero del 2017 nació *la Semana de la innovación con impacto*, con el propósito de propiciar la articulación multinivel de espacios de aprendizaje basado en proyectos de innovación en pregrado. Se presenta a continuación una descripción de cada uno de estos espacios, y la visión sistémica de las relaciones y sinergias que se espera lograr con ellos:

- **ExpoAndes:** En formato feria, se presentan proyectos de innovación basados en conocimiento, realizados durante dos meses por grupos de 3 o más estudiantes de primer semestre de ingeniería, en el contexto de cursos proyecto de introducción a ingeniería de 3 créditos (que aplican las metodologías ABP y OCDIO). Los visitantes son estudiantes, padres de familia, profesores y estudiantes de colegio. En el primer semestre de 2107 participaron: 127 proyectos, 614 estudiantes expositores, 100 visitantes externos, más los visitantes internos). Además, durante la jornada hubo charlas y visitas a laboratorios para los estudiantes visitantes.

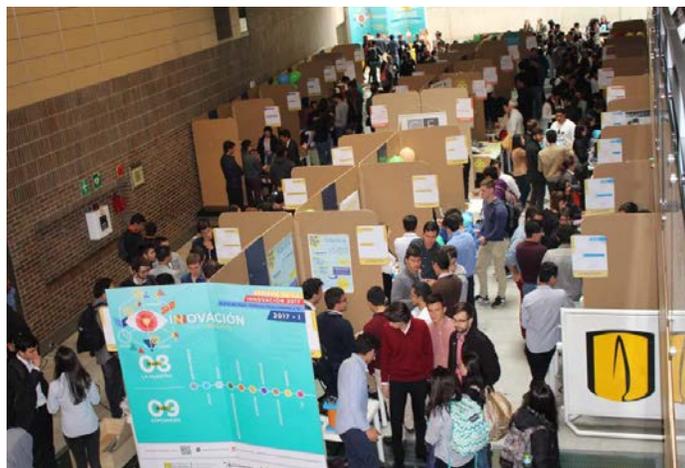


Imagen 1. La Muestra en el primer semestre de 2017

- **LaMuestra:** En formato feria, se presentan proyectos de innovación basados en conocimiento, realizados durante tres meses por grupos de 3 o más estudiantes de mitad de carrera en el contexto de cursos-proyecto de 3 créditos (en el contexto ABP y OCDIO). Adicionalmente, se presentan los capítulos estudiantiles de las sociedades científicas como ACM, ASME, AICHE, IEEE, entre otras, y se tiene un espacio de co-working con la asociación de exalumnos. Los visitantes son exalumnos (quienes seleccionan proyectos

distinguidos), empresarios, estudiantes, profesores invitados e inversionistas. En el primer semestre de 2107 participaron 127 proyectos, 619 estudiantes expositores, 8 capítulos estudiantiles, 60 visitantes externos, más los visitantes internos).

- **El Encuentro:** Un espacio activo que es inaugurado por el rector de la Universidad (importancia en la dirección estratégica interna) y sirve para el intercambio con expertos (usualmente cuenta con 1 a 3 invitados especiales y 200 asistentes). En el primer semestre de 2107 se realizó un taller sobre *innovation thinkig*, dirigido por la invitada Leticia Britos Cavagnaro de la Universidad de Stanford, al que asistieron 170 personas.
- **Día de la innovación social con tecnología:** se realizan talleres activos y charlas con invitados especiales, así como una exposición de proyectos en acción. Los participantes son estudiantes, profesores, egresados y empresarios. En el primer semestre de 2107 participaron 12 organizaciones, 3 talleristas y un conferencista internacional (Nicko Nogués de Miracle). Se contó con más de 70 participantes internos y externos.
- **Tour de la innovación:** Se invita a representantes de empresas con interés en los proyectos de innovación, para generar un espacio de intercambio con quienes trabajan en laboratorios y grupos de investigación de la Universidad. En dos grupos se realiza una visita interactiva a cuatro laboratorios de investigación de Ciencias e Ingeniería para conocer de primera mano algunos de los proyectos en ejecución en ellos. Después de la visita se tiene un espacio de intercambio con los profesores líderes de los laboratorios visitados para identificar oportunidades de colaboración Empresa-Universidad-Empresa en proyectos de innovación basada en conocimiento. Los participantes son empresarios, investigadores-de pregrado, maestría y doctorado-, y profesores. En el primer semestre de 2107 participaron 40 empresarios, 20 investigadores y 8 profesores.



Imagen 2. Visita al laboratorio Colivri y espacio de intercambio con profesores, empresarios y estudiantes

- **Coworking Experience:** Espacio generado por la Asociación de egresados de la Universidad de los Andes – UNIANDINOS, en su sede principal en Bogotá, donde exalumnos emprendedores, expertos invitados y estudiantes de los proyectos de LaMuestra (seleccionados por los exalumnos), intercambian experiencias en talleres y en un espacio tipo feria, en el que se identifican

buenas prácticas y oportunidades de colaboración. En el primer semestre de 2107 participaron 30 empresas, 10 estudiantes de 3 proyectos diferentes y 300 invitados externos.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la relación entre los espacios y los actores, allí se hacen evidentes los esfuerzos por vincular más a los egresados con los espacios de innovación de la Universidad, ya que prevalece el vínculo de ellos con su alma mater y muchos pertenecen a la industria, por lo que aportan mediante su experiencia y como promotores de los proyectos destacados.

Espacio de aprendizaje	Descripción	Rol del actor			
		Estudiantes vinculados	Egresados	Empresarios	Comunidad uniandina
<b>ExpoAndes</b>	Estudiantes de 1er. semestre de ingeniería presentan sus proyectos de innovación	Diseño, desarrollo y presentación de los proyectos de innovación			Conocen los proyectos. Pueden hacer preguntas y comentarios
<b>LaMuestra</b>	Estudiantes de mitad de carrera de ingeniería presentan los proyectos de innovación	Diseño, desarrollo y presentación de los proyectos de innovación	Jurados: evalúan los proyectos y dan retroalimentación	Conocen los proyectos. Pueden hacer preguntas y comentarios	Conocen los proyectos. Pueden hacer preguntas y comentarios
<b>EIEncuentro</b>	taller sobre innovación dirigido por un invitado externo	Asisten para mejorar su conocimiento o sobre innovación	Participan como asistentes o como invitados	Participan como asistentes o como invitados	Asisten para aprender sobre innovación
<b>Día de la innovación social con tecnología</b>	Egresados (en su mayoría de ingeniería) presentan sus iniciativas de innovación social con tecnología en una feria. Se hacen talleres y charlas	Participan en los talleres y charlas y pueden conocer las propuestas de innovación social y resolver dudas	Dan a conocer sus iniciativas y resuelven dudas	Conocen las investigaciones que realiza la universidad en busca de alianzas	Participan en los talleres y charlas y pueden conocer las propuestas de innovación social y resolver dudas
<b>Tour de la innovación</b>	Empresarios invitados a los laboratorios de investigación de ciencias e ingeniería			Conocen las investigaciones que realiza la universidad en busca de alianzas	Plantea oportunidades de sinergia con el sector industrial y da a conocer sus investigaciones
<b>Coworking Experience</b>	Egresados presentan sus emprendimientos en una feria.	Presentan sus proyectos de emprendimi	Presentan sus emprendimientos para ampliar su red	Visitan otros emprendimientos	

	Hay paneles y espacio de networking	ento e innovación y reciben retroalimentación	de contactos		
--	-------------------------------------	---	--------------	--	--

Tabla 1: Espacios y roles de los actores principales involucrados

#### 4. Resultados y conclusiones

Como resultados podemos mostrar dos aspectos:

- Uno cuantitativo, ya referenciado en la sección anterior, con respecto a los involucrados como protagonistas de los procesos de formación (principalmente estudiantes, profesores y mentores) y como sectores complementarios muy necesarios para el avance de esta construcción (empresarios, exalumnos, instituciones, asociaciones, empresas). Vale la pena agregar entonces que un 30% de dos cohortes de estudiantes de la universidad participaron en esta Semana de la innovación con impacto.
- Uno cualitativo en cuanto a la realimentación generada por los distintos estamentos participantes:
  - Los estudiantes, profesores, y empresarios-mentores, tanto de primer semestre como de mitad de carrera viven el contexto en el que sus esfuerzos en el proceso de formación para la innovación
  - Los exalumnos y empresarios que perciben el dinamismo y el potencial que las nuevas generaciones de nuevos ingenieros tienen para nuestro ecosistema de innovación
  - Las empresas y fundaciones ven de manera concreta que el conocimiento es una base sólida para la innovación y la competitividad
  - Las directivas universitarias ven el impacto que se tiene en la población (estudiantes, profesores, empresarios) y pueden dar a estas iniciativas un espacio importante en los planes de desarrollo institucional.

Los profesores involucrados en estas iniciativas vemos con gran interés el valor agregado que produce el esfuerzo de integrar los esfuerzos internos y éstos con los actores externos indispensables para este frente de acción: los empresarios, los exalumnos y los inversionistas.

#### 5. Referencias

- ABET. (Octubre 29, 2016). Criteria for accrediting engineering programs. Consultado el 22 de junio de 2017 en <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2016/12/E001-17-18-EAC-Criteria-10-29-16-1.pdf>
- Alves, A. C., Sousa, R. M., Fernandes, S., Cardoso, E., Carvalho, M. A., Figueiredo, J., & Pereira, R. M. S. (2016). Teacher's experiences in PBL: implications for

- practice. *European Journal of Engineering Education*, 41(2), 123–141. <http://doi.org/10.1080/03043797.2015.1023782>
- Carvajal, A., Ramírez, M.C. & Hernández, J.T. (2011): "Observe, Conceive, Design, Implement and Operate: Innovation for Sustainability" Chapter 7 In *Technological, Managerial and Organizational Core Competencies: Dynamic Innovation and Sustainable Development* Farley Simon Nobre (Editor), David Walker (Editor), Robert J. Harris(Editor) ISBN-10: 161350165X. ISBN-13: 978-1613501658
  - Crawley, E., Malmqvist, J., Ostlund, S., & Brodeur, D. (2007). Rethinking engineering education. *The CDIO Approach*, 302, 60-62.
  - Duffy, G. (2011). Facilitating intellectual and personal skills development in engineering programmes. *Proceedings of Research in Engineering Education Symposium 2011*, 453-551.
  - Hunt, A., Dwyer, G., Higgs, J., & Adams, R. (2005). Acquiring professional skills through a problem-based learning course in a subject-based curriculum. *Focus on Health Professional Education: A multi-disciplinary journal*, 7(1), 15-33.
  - Palmer, S., & Hall, W. (2011). An evaluation of a project-based learning initiative. *European Journal of Engineering Education*, 36(4), 357–365. <http://doi.org/10.1080/03043797.2011.593095>
  - Ramírez, M.C., Carvajal, J.A. & Hernández, J.T. (2010): Innovation and Teamwork Training in Undergraduate Engineering Education: A Case of a Computing Engineering Course. *International Journal of Engineering Education*. Vol. 26, Issue 6, pp1536-1549 ISSN: 0949-149X.
  - Ramírez M.C. & Hernández, J.T. (2008). Teamwork and innovation competences: a first-semester engineering students' hands-on course. *SEFI Annual Conference 2008*. Aalborg, Dinamarca.
  - Talat, A. & Chaudhry, H. (2014). The Effect of PBL and 21st Century Skills on Students' Creativity and Competitiveness in Private Schools. *The Lahore Journal of Business* Vol 2, Iss. 2, pp. 89–114
  - Warnock, J. & Mohammadi-Aragh, M. (2016). Case study: use of problem-based learning to develop students' technical and professional skills. *European Journal of Engineering Education* Vol. 41, Iss. 2.

### Sobre los autores

- **Luisa Fernanda Payán:** Ingeniera Industrial, candidata a Magíster en Estudios Interdisciplinarios sobre Desarrollo. Asistente graduada. [lf.payan890@uniandes.edu.co](mailto:lf.payan890@uniandes.edu.co)
- **María Catalina Ramírez:** Ingeniera Industrial, Master en Ingeniería Industrial, PhD Ingeniería Gestionale Politecnico di Milano Italia. Profesora asociada. Miembro del Grupo STEM-B. [mariaram@uniandes.edu.co](mailto:mariaram@uniandes.edu.co)
- **José Tiberio Hernández:** Ingeniero de Sistemas y Computación, MSc Ing. de Sistemas y Computación, DEA Informatique Appliquée, Docteur Ingénieur, ENSTA-Paris. Profesor Asociado, Computación Visual, Director grupo IMAGINE. Miembro del Grupo STEM-B. [jhernand@uniandes.edu.co](mailto:jhernand@uniandes.edu.co)

## Agradecimiento

Los autores agradecen a Innovandes, la Asociación de egresados de la Universidad de los Andes – UNIANDINOS, Leticia Britos Cavagnaro, Ricardo Payán, Nicko Nogués y a todos los que participaron en el diseño, organización y ejecución de la primera Semana de la innovación con impacto.

---

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

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)