



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOE 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

## APRENDER A INVESTIGAR INVESTIGANDO PARA ROMPER LA BARRERA UNIVERSIDAD – EMPRESA – ESTADO

Adriana Gómez Cabrera

Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia

### Resumen

A nivel mundial la Ingeniería resulta verse afectada por una constante evolución y cambios que responden a las diferentes necesidades de la humanidad. Es evidente la necesidad de innovar para preparar a nuestros estudiantes a la resolución de problemas complejos lo cual requiere de investigación.

La resistencia al cambio y a la poca divulgación de los resultados de investigación hacen que se desaproveche el potencial del conocimiento generado y ante esta problemática surge el interrogante ¿Cómo debe plantearse promoverse la innovación en los programas de ingeniería?

Teniendo en cuenta esto, en la carrera de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana ha buscado sembrar en los estudiantes la semilla de la innovación, desde una asignatura, con el fin de crear a través de ellos cambios importantes. Desde la carrera se ha planteado una nueva asignatura llamada Proyecto Especial, en la cual los estudiantes se vinculan a proyectos de investigación y desarrollan trabajos bajo la tutoría de un profesor investigador.

Este esfuerzo ha permitido que los estudiantes aprendan a investigar investigando, y así promover innovaciones en su vida laboral. De esta manera se logra romper esa barrera existente entre la Universidad – Empresa – Estado, pues casos puntuales han demostrado que los estudiantes al realizar su práctica profesional o al iniciar su vida laboral, promueven diferentes tipos de innovación de acuerdo con lo aprendido en esta asignatura. Este es un factor a resaltar, puesto que la producción del conocimiento debe tener aplicación en la industria, el gobierno o la sociedad. También ha sido un motor para la generación de nuevos proyectos a partir de ideas que surgen cuando los estudiantes tienen contacto con las empresas y dan a conocer lo que se viene trabajando en la universidad o viceversa a partir de un contacto con los grupos de investigación los estudiantes plantean posibilidades que surgen de la industria o el estado.

Esta asignatura ha logrado crear un encadenamiento asignatura – trabajo de grado - práctica profesional – vida laboral que permite que realmente los resultados de investigación se maximicen y sobretodo sean dados a conocer y sean propuestos como proyectos a implementar en las empresas o entidades del estado donde se van a desempeñar.

Esta asignatura representa también un apoyo importante para los profesores en el desarrollo de proyectos de investigación y para planeación de nuevos proyectos, ya que cuentan con recursos adicionales que logran maximizar el impacto de las investigaciones o plantear nuevas hipótesis a partir de los trabajos realizados. Esta asignatura ha motivado a los estudiantes a participar en proyectos de investigación, aumentando el número de involucrados en tan importante labor. El hecho de contar con una asignatura dedicada a la investigación con valor académico hace que los

compromisos sean tangibles. El presente artículo muestra algunos casos de éxito, de la vinculación de estudiantes a proyectos de investigación que han venido desarrollándose en la Universidad.

**Palabras clave:** alianza universidad-empresa; Innovación; investigación

### Abstract

Worldwide Engineering is affected by a constant evolution and changes that respond to the different humanity needs. It's clear that innovation is a necessity in order to prepare our students to solving complex problems which require research.

Resistance to change and the limited dissemination of research results, generate that the knowledge sometimes is wasted. Then ¿How can we promote innovation in engineering programs?

The Civil Engineering program in Pontificia Universidad Javeriana, is looking for promote research with the students, from a subject, in order to create major changes. A new subject called "Special Project" has been created, and the students are linked to research projects with this.

This effort has allowed students learn to investigate investigating, and so apply innovation in the work life. This way, it is possible to break the barrier between the University - Company - State, as specific cases have shown that students in performing their professional practice or starting their careers, promote different types of innovation according to what they learned in this course.

This is a factor to be emphasized, since the production of knowledge must be applied in industry, government or society. This subject has created a chain subject - thesis - professional practice - working life, that allows us to really maximize research results.

This course is also an important support for teachers in the development of research projects and for planning new projects, as they have additional resources to achieve and maximize the impact of research.

This course has motivated students to participate in research projects, increasing the number of involved in this important work. This article shows some success cases, linking students to research projects that have developed at the University.

**Keywords:** university – enterprise alliance; innovation, research

## 1. Introducción

La innovación en los programas de Ingeniería requiere de un trabajo continuo y del diseño de estrategias permanentes. El progreso de un país y su desarrollo económico tiene como actores principales la Universidad, la Empresa y el Estado, quienes están interactuando en forma articulada en proyectos conjuntos con el fin de promover diferentes tipos de innovación para los sectores económicos de cada región. (Ramírez & García, 2010)

Es común escuchar que los resultados de proyectos de investigación no son bien conocidos entre la industria y/o el estado, donde deben ser implementados. La vinculación de empresas a proyectos de investigación y desarrollo se constituye en un factor estratégico para potencializar la concepción de proyectos de innovación en ingeniería y competencias de innovación, trabajo en equipo y comunicación efectiva. (Hernandez, Ramirez, & Carvajal, 2009)

Los estudiantes universitarios deben desarrollar habilidades para enfrentar con éxito los nuevos retos del país y cuentan con un potencial interesante de adaptación al cambio y a las nuevas tecnologías y estrategias.

Aunque las relaciones entre las universidades y su entorno pueden tener un enfoque social, cultural o empresarial, la necesidad de relacionarse con el entorno debe responder a las capacidades y necesidades internas de interacción entre las universidades y las necesidades últimas de la sociedad. Esto significa una innovación y generación de valor para las universidades, las empresas y el Estado, sin forzar la interacción únicamente hacia enfoques empresariales de transferencia de conocimiento. Para las empresas la materialización de los vínculos con otros actores como las universidades

depende de los beneficios que encuentren en ello. En Latinoamérica las universidades no cuentan con capacidad de colaborar con grandes empresas sino en procesos de capacitación y fomento de las nacientes corporaciones. (Pineda, Morales, & Ortiz, 2011)

Para dar respuesta a estas necesidades se ha desarrollado una estrategia académica, consistente en una asignatura llamada “Proyecto especial”, a través del cual se ha logrado impregnar la industria con innovaciones tecnológicas que los estudiantes han conocido y desarrollado durante la realización de su carrera y que posteriormente en un entorno laboral o de su trabajo de grado logran transmitir al industria.

En este trabajo se presenta la experiencia específica en el área de la construcción, sector tradicionalmente lento para adoptar innovaciones, existen barreras internas como la rigidez de las estructuras, la escasez de recursos capacitados y la cultura laboral. (CAMACOL, 2014)

## 2. Metodología

### 2.1 Descripción de la asignatura

La asignatura Proyecto especial tiene como objetivo buscar que el estudiante desarrolle la habilidad para aplicar los principios de la ciencia y la tecnología dentro de su área de conocimiento a través del desarrollo de un trabajo personal que debe sacar adelante con sus propios conocimientos y recursos.

También busca fomentar en el estudiante el planteamiento de soluciones pertinentes a los problemas que se presenten en el desarrollo de su proyecto aprovechando las herramientas y recursos a su alcance. Es una asignatura de 2 créditos, que la toman los estudiantes como electiva. (Javeriana, 2014)

En el área de construcción, la innovación es fundamental y actualmente es la exploración de nuevas ideas para sacar una ventaja competitiva. Pero la innovación requiere de un cambio de mentalidad y aceptación del riesgo, y algunos incluso expresan que es la única manera de sobrevivir en el mundo competitivo de la construcción. (CAMACOL, 2014)

Los estudiantes que han tomado esta asignatura en esta área, se han centrado principalmente en mejoramiento de procesos constructivos y en el desarrollo digital de proyectos de construcción. Este es un tema crucial para la industria, pues en nuestro medio es común que los proyectos de construcción no se entreguen en el tiempo pactado y que los presupuestos de construcción sean mayores a los estimados. Permanentemente el sector de la construcción se ha enfrentado al reto de aumentar la productividad y generar mayor valor en los proyectos de construcción y esto ha generado que históricamente se hayan estudiado e implementado diferentes metodologías para mejorar los procesos de planeación, de manera que se minimicen diferencias entre la línea base del proyecto y los resultados obtenidos en el momento de la construcción.

### 2.2 Encadenamiento hacia la implementación de estrategias

Los estudiantes que han tomado la asignatura, se han centrado en herramientas útiles para la etapa de planificación de proyectos. El proceso de planificación de proyectos en el sector de la construcción, se encuentra en Colombia bastante influenciado por el conocimiento empírico y la experiencia adquirida a lo largo de los años por el planificador, así como el tratamiento determinístico de las diferentes variables que intervienen en los procesos, aumentando en gran parte la incertidumbre y la variabilidad, propia de los proyectos de construcción. (Botero & Acevedo, 2011)

La aplicación de tecnologías de información en la construcción y herramientas digitales constituyen hoy en día una estrategia efectiva para una mejor planificación y ejecución de proyectos y por consiguiente la productividad. En las empresas, por desconocimiento y falta de tiempo para su conocimiento y apropiación, el uso de tecnología ha sido incipiente y la industria se ha rezagado en avance y eficiencia respecto a otras industrias pues históricamente se ha considerado lenta para adoptar innovaciones. (Alarcón, y otros, 2009)

En Colombia particularmente el sector de la construcción no presenta avances tecnológicos significativos en las últimas décadas, las prácticas artesanales que caracterizan el sector han dificultado la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas. (Ozuna, Montealegre, & Duarte, 2011)  
El desarrollo de la asignatura ha permitido un encadenamiento interesante el cuál puede visualizarse en la siguiente figura:



Figura 1 – Encadenamiento para la innovación

El estudiante que toma la asignatura proyecto especial, en muchos de los casos se siente motivado a continuar con la investigación a nivel de su trabajo de grado. Esto permite maximizar el alcance de sus resultados y analizar el problema desde nuevas perspectivas.

El hecho de que el estudiante conozca las problemáticas presentes en la Ingeniería Civil en este caso, trabaje directamente en sus soluciones le permite conocer de primera mano innovaciones viables hace que se vayan rompiendo paradigmas de resistencia al cambio.

Como ejemplo, algunos de nuestros estudiantes se han dedicado a analizar la viabilidad de implementar metodologías BIM (Building Information Modeling). Estas consisten en la representación digital de las características físicas de una construcción a través de un modelo paramétrico que permite inicialmente una visualización en 3 dimensiones del proyecto, a la cual se le pueden sumar dimensiones como el tiempo a través de una simulación visual de la secuencia constructiva del proyecto y el costo a través de una simulación de la ejecución del presupuesto de obra. La gran novedad radica en el cambio de concepto de las tecnologías existentes de la representación de la geometría explícita basada en coordenadas para crear entidades gráficas como planos, cortes, secciones, detalles y fachadas en dos dimensiones 2D, y modelos virtuales para visualización, animaciones y renders en tres dimensiones (3D); a modelos de N dimensiones de acuerdo con la cantidad de información disponible y la que se desee ingresar al modelo. (Castañeda, 2009)

Un análisis de las barreras encontradas en la implementación de BIM en 2 empresas colombianas encontró que hay dificultad para acceder a recursos que permitan comenzar con un proceso de implementación de nuevos métodos o nuevas tecnologías, debido a la dificultad de demostrar cuantitativamente un retorno económico para las compañías. Así mismo existe falta de iniciativa y de entrenamiento del personal y del recurso humano en general, asociada a una resistencia al cambio de las prácticas tradicionales. (Ozuna, Montealegre, & Duarte, 2011)

Respecto a estas novedades en el sector de la construcción, generalmente su periodo de implementación es prolongado. El hecho de que los estudiantes investiguen en este tema, se capaciten, conozcan de primera mano las ventajas y desventajas ha hecho que en empresas donde ellos desarrollan ya sea su práctica profesional o se vinculan laboralmente se empiecen a implementar estas herramientas que han representado tantos beneficios en los países donde se han venido desarrollando masivamente.

Otras experiencias similares se han presentado con proyectos como simulación de eventos discretos, mejoramiento de procesos constructivos, análisis de rendimientos de mano de obra, entre otros.

La vinculación a las empresas de estudiantes que hayan tenido la oportunidad de participar en procesos de investigación e innovación es un paso para que las empresas encuentren oportunidades de cambiar, progresar, avanzar.

Los estudiantes presentan propuestas viables, estrategias de adaptación al cambio que conjugadas con la experiencia de las empresas ayudan a derrumbar barreras internas como por ejemplo la referente a la actitud de resistencia al cambio.

Por un lado se cuenta con personal conocedor de innovaciones y por el otro se cuenta con una empresa con experiencia consciente de la viabilidad de implementar proyectos particulares. En algunas ocasiones también se ha detectado que las empresas adquieren o nueva tecnologías que están siendo desaprovechadas por falta de capacitación o falta de tiempo y con el apoyo de estudiantes se dinamiza la implementación de estas. Pues si el estudiante en promedio ha trabajado 1 año (en el caso de proyecto especial y trabajo de grado encadenados) cuenta con un conocimiento profundo en herramientas o estrategias particulares.

### 3. Conclusiones

- El motor del crecimiento es la innovación y es así como se incrementa la eficiencia de los procesos constructivos en nuestros casos. El vincular a los estudiantes a proyectos de investigación desde el pregrado, hace que ellos conozcan la metodología de la investigación y el método científico y puedan aplicarlo en sus futuras empresas o empleos.
- Los estudiantes aprenden a investigar investigando y de esta manera pueden contribuir con la disminución de barreras que en este sentido se encuentran en el país. Esta es también una manera de impulsar la creatividad en los futuros profesionales.
- La innovación debe ir acompañada de políticas públicas que la promuevan construyendo así una estrategia integral de país que permita el crecimiento económico a través de la eficiencia.
- La alianza Universidad – Empresa es vital para maximizar la innovación a su máxima expresión y es una manera de reconocer el potencial de cada una de las partes y como pueden lograr grandes cambios trabajando de manera planificada a través de una cultura colaborativa que permita desarrollar soluciones innovadoras.

### Trabajos citados

- Alarcón, L., Fischer, M., Mourgues, C., Gao, J., Alarcón, D., & O’Ryan, C. (2009). Entendiendo las estrategias de implementación VDC/ BIM. *ELAGEC 2009*. Bogotá.
- Botero, L., & Acevedo, H. (2011). Simulación de operaciones y líneas de balance. *Ingeniería y ciencia*.
- CAMACOL. (2014). La construcción pone sus nuevas bases en la innovación. *Urbana*.
- Hernandez, J., Ramirez, C., & Carvajal, A. (2009). FORMACIÓN PARA LA INNOVACIÓN CON TICS: Un proyecto conjunto Facultad de Ingeniería - empresarios. *Educación en Ingeniería*.
- Javeriana, U. (13 de 06 de 2014). *Carrera de Ingeniería Civil*. Recuperado el 13 de 06 de 2014, de Pontificia Universidad Javeriana: [http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/plt\\_car\\_civil/Plan%20de%20estudios1](http://puj-portal.javeriana.edu.co/portal/page/portal/Facultad%20de%20Ingenieria/plt_car_civil/Plan%20de%20estudios1)
- Ozuna, A., Montealegre, A., & Duarte, J. (2011). Implementación de Bim en 2 empresas colombianas. *ELAGEC 2011*. SANTIAGO DE CHILE.
- Pineda, K., Morales, M., & Ortiz, M. (2011). Modelos y mecanismos de interacción. *Equidad y desarrollo*.
- Ramírez, M., & García, M. (2010). La Alianza Universidad-Empresa-Estado: una estrategia para promover innovación. *EAN*.

### Sobre los autores

- **Adriana Gomez Cabrera**, Ingeniera Civil, Magister en Ingeniería Civil de la Universidad de los Andes, profesor asistente, Departamento de Ingeniería Civil. [adrianagomez@javeriana.edu.co](mailto:adrianagomez@javeriana.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)