



Innovation in research and engineering education:  
key factors for global competitiveness  
*Innovación en investigación y educación en ingeniería:  
factores claves para la competitividad global*

# JUEGO DE ROLES COMO ESTRATEGIA ACTIVA EN LA FILOSOFÍA CDIO

**Francisco Viveros, Luisa García, Alejandra González, Gloria Marciales, María del Mar Ruiz**

**Pontificia Universidad Javeriana  
Bogotá, Colombia**

## Resumen

El avance de la tecnología y el desarrollo de sistemas digitales de gran complejidad demandan competencias de diseño en los profesionales de la ingeniería electrónica, cuyo desarrollo debe ser estimulado desde que inician su formación profesional. Con el fin de responder a tales desafíos, la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Javeriana transformó las asignaturas de Diseño Digital en su metodología y contenidos. Se presenta la propuesta metodológica de aprendizaje colaborativo basado en proyectos. El estudio se enmarca en el Modelo de Aprendizaje del Grupo de investigación MIMESIS sustentado en lineamientos conceptuales del Aprendizaje Basado en Proyectos, dentro de la filosofía CDIO de educación en Ingeniería. La experiencia fue implementada en la asignatura de Diseño Digital del núcleo de formación del programa de Ingeniería Electrónica, cuya metodología didáctica ha variado de la exposición magistral a un aprendizaje basado en proyectos que estimula el trabajo colaborativo, la construcción de conocimiento y la adquisición de competencias para el ejercicio profesional. Se toma en cuenta que los productos en esta área son desarrollados por grupos de trabajo con funciones diversas y que la complejidad de los diseños demanda un desarrollo colaborativo entre ingenieros distantes geográficamente entre sí. En consecuencia, se incorporan experiencias propias de la vida profesional, específicamente del contexto de la industria de soluciones electrónicas, lo cual demanda llevar a cabo procesos comunicativos eficientes para llegar a resultados de calidad. Con este fin se diseñó un “juego de roles” como estrategia didáctica para crear condiciones reales de desarrollo de sistemas digitales en los cuales la interacción entre diseñadores y arquitectos se caracteriza por la distancia y la independencia. En el juego, se definen dos roles: arquitectos y diseñadores. La distancia entre estos grupos de profesionales se modela mediante la implementación del juego entre dos (o más cursos) con diferente profesor y horario de clase. La clasificación de las interacciones entre arquitectos y diseñadores permite identificar formas posibles de interacción entre los grupos, así como los cambios que ocurren a lo largo de la experiencia. Los resultados se analizan en relación: aporte a la formación, impacto sobre la motivación y apropiación de contenidos.

**Palabras clave:** aprendizaje basado en problemas; enseñanza en ingeniería; ingeniería electrónica

## **Abstract**

*The advancement of technology and the development of digital systems of great complexity demand design competencies in the electronic engineers, whose development should be encouraged since they start their vocational training. In order to respond to such challenges, electronic engineering from the Pontificia Universidad Javeriana transformed the methodology and contents of the Digital Design subjects. The methodological proposal of project-based collaborative learning is presented. The study is part of the model of learning, developed by the research group MIMESIS and sustained in the conceptual guidelines from the project based-learning, within the CDIO philosophy of engineering education. The experience was implemented in the course of digital design which is part of the core curriculum in electronic engineering which didactic methodology has changed from teacher speech to learning-based projects through which is stimulated collaborative work, as well as building knowledge and skills for professional practice. It is taken into account that products in this area are developed by working groups with different functions and that the complexity of designs demand a collaborative work among engineers distant geographically and who must be interconnected. This requires efficient communication processes to quality their results. A "role play" was designed as a teaching strategy to create actual development conditions of digital systems in which the interaction between designers and architects is characterized by distance and independence. In the game, two roles are defined: architects and designers. The distance between these groups of professionals is modeled using the game between two (or more courses) with different teacher and class schedule. The classification of interactions between architects and designers let to identify forms of interaction between groups, as well as the changes that occur throughout the experience. The results are discussed in relation to: contribution to training, impact on motivation and appropriation of content.*

**Keywords:** *learning problems; teaching in engineering; electronic engineering*

## **1. Introducción**

Se presenta inicialmente y de forma breve el Modelo de Aprendizaje MIMESIS, como marco de referencia de la propuesta de aprendizaje basado en proyectos, alternativa didáctica coherente con el concepto de aprendizaje construido por el Grupo. En este aparte se explica el aprendizaje en coherencia con el Modelo y su aporte para fomentar la interdependencia entre los estudiantes en procesos de aprendizaje colaborativos. Posteriormente se introduce la Iniciativa CDIO y su influencia en los cursos de técnicas digitales. Con base en lo anterior se describe la propuesta didáctica aplicada en el estudio y la metodología seguida para su desarrollo; en este punto se describen los participantes, las características del juego de roles y el procedimiento utilizado en el seguimiento de la experiencia. Finalmente se presentan los resultados y principales conclusiones derivadas del estudio.

## **2. Modelo de Aprendizaje MIMESIS**

La experiencia del proceso de enseñanza en ingeniería, que se presenta en este texto, se sustenta conceptualmente en la definición de aprendizaje elaborada por el grupo de investigación MIMESIS desde una perspectiva constructivista (Marciales, *et al.*, 2003). Se entiende el aprendizaje como un proceso evolutivo de construcción de significados que median el entender, el estar, y el actuar en el mundo. Dicho proceso tiene lugar en la interacción con otros, consigo mismo y con el contexto histórico y cultural y se considera que es evolutivo en cuanto supone un proceso de cambio continuo, de complejidad creciente,

fruto del intercambio del individuo con su entorno, lo cual genera transformaciones en los conocimientos previos, en la manera de conocer, y en general, en la manera de entender el mundo.

Una estrategia pedagógica útil para fortalecer el aprendizaje colaborativo, es el Aprendizaje Basado en Proyectos (Project Based Learning, PBL), estrategia que contribuye a la apropiación significativa de conocimientos, tomando como marco referencial la propia práctica profesional y los problemas que en ella se le plantean al profesional de un campo disciplinar particular.

### 3. Aprendizaje basado en proyectos

La educación universitaria ha tenido como práctica tradicionalmente privilegiada, la clase magistral, en la cual la exposición de los contenidos ha sido asumida como responsabilidad del profesor. En la enseñanza de la Ingeniería desde hace algunos años se han generado movimientos tendientes a la transformación de tales prácticas por otras de carácter participativo. Ejemplo de tales transformaciones es la propuesta de aprendizaje del Modelo MIMESIS, en la cual el espacio de aula de clase se constituye en ámbito de convergencia de maestros y alumnos, en el que son éstos últimos quienes tienen un papel protagónico a través del desarrollo de proyectos como eje articulador de la interacción profesor-alumno. Esta estrategia toma en cuenta estudios realizados sobre el aprendizaje de la ingeniería (Kolb, 1984; Kolb, 1994; Felder, 1987), en los cuales se destaca el valor de articular experiencias de aprendizaje en torno a proyectos académicos. El aprendizaje basado en proyectos se caracteriza por la organización de los procesos de aprendizaje en torno a preguntas complejas que retan al estudiante a llevar a cabo proyectos a través de los cuales lograr una solución viable (Helle, *et al.*, 2006; Thomas, 2000).

En la experiencia realizada se tomaron como base los aportes de Felder, *et al.* (1994) para promover la interdependencia entre los estudiantes, la asignación de responsabilidades individuales para el trabajo de grupo, y la retroalimentación permanente entre pares sobre los avances del proyecto. Se siguió la propuesta de aprendizaje cooperativo de Felder, *et al.* (1994) y Felder, *et al.* (1993), en la cual la asignación de compromisos individuales demanda la articulación de los resultados individuales a aquellos alcanzados por los demás miembros del grupo para el logro de objetivos comunes. El incumplimiento del trabajo individual en esta experiencia tiene consecuencias en todo el grupo.

### 4. La Iniciativa CDIO

La Iniciativa CDIO está conformada por un consorcio de 58 universidades alrededor del mundo, cuyo propósito es formar estudiantes que sea capaces de concebir, diseñar, implementar y operar productos, procesos y sistemas en contextos reales de ingeniería y promover el desarrollo de competencias disciplinares y personales. Del conjunto de los 12 estándares de la Iniciativa, dos de estos guían principalmente las actividades de enseñanza aprendizaje que se desarrollan en los cursos de técnicas digitales; estos son, el quinto sobre experiencias de diseño e implementación y el séptimo, sobre experiencias de aprendizaje integradas. Estos dos estándares hacen referencia al uso de actividades de la ingeniería fundamentales para el proceso de diseño e implementación, y a experiencias que conduzcan a la adquisición de conocimientos disciplinarios y de habilidades personales e interpersonales. Incluyen métodos de trabajo fundamentados en experiencias como aprendizaje activo, PBL, y simulaciones entre otros.

## 5. La propuesta didáctica de MIMESIS y la filosofía CDIO aplicadas en cursos del área de Técnicas Digitales

Los cursos del área de técnicas digitales en la Universidad Javeriana (sede Bogotá), han pasado por diversas transformaciones debidas principalmente a dos factores fundamentales: el avance de la tecnología y los métodos de impartir la docencia. En primer lugar, el avance de la tecnología permite a los diseñadores desarrollar sistemas digitales de gran complejidad y llevarlos a la práctica con facilidad, lo cual demanda que los contenidos de las asignaturas incluyan metodologías para llegar a ello. En consecuencia, los cursos fueron transformados para hacer que el estudiante construya conocimientos y adquiera competencias para hacer diseños seguros y fáciles de mantener, teniendo en cuenta restricciones en términos de tiempo y dinero. Se trabajan las propuestas hechas por los estudiantes a partir de sus propias ideas y soluciones al problema planteado, llevándolas hasta su implementación en un dispositivo de lógica programable. Se estimula el trabajo colaborativo en el que se comparten resultados intermedios y finales con todo el grupo de pares.

A través del “juego de roles”, la totalidad de estudiantes de los cursos de Diseño Digital desempeñan tareas que fortalecen su proceso de aprendizaje. Se hace énfasis en que en el contexto industrial los diseños son complejos y generalmente no son desarrollados por una sola persona. Sino por grupos de trabajo con funciones diversas, localizados incluso en diferentes partes del mundo, lo que hace que el proceso de comunicación entre los diferentes grupos sea fundamental.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definieron tres roles: un grupo de *arquitectos*, encargados de especificar un sistema basándose en los requerimientos de un cliente. Un grupo de *diseñadores*, quienes a partir de las especificaciones estructuran la organización de los bloques e implementan el sistema. Finalmente, el grupo de *verificadores*, quienes a partir de los requerimientos y las especificaciones validan y someten a prueba el producto final. La asignatura de Diseño Digital contempla las funciones que se desarrollan en los dos primeros roles, arquitecto y diseñador; además se propone una metodología que indica cada etapa de diseño, sus requisitos conceptuales y de documentación. La fase de verificación corresponde a cursos de nivel de maestría razón por la cual no se incorporó en esta experiencia.

## 6. Metodología

### 6.1. Participantes

Todos los estudiantes de la asignatura de Diseño Digital, la cual está ubicada en séptimo semestre del programa de Ingeniería Electrónica y es parte del núcleo fundamental de la carrera. Por lo general, se ofrecen 2 cursos (cada uno con un profesor diferente) con 24 estudiantes cada uno. La asignatura se desarrolla en una aula especial para trabajo colaborativo, con tecnología inalámbrica, que permite a los estudiantes compartir sus trabajos es clase y hacer uso de los equipos Tablet PC de Hewllet Packard para escritura digital. El Juego de Roles se ha realizado en varios semestres desde el 2007, los resultados documentados en este artículo corresponden a los obtenidos en las experiencias del 2011-3 y 2012-1 específicamente.

### 6.2. Descripción del Juego de Roles

El juego se diseñó para simular una situación de interacción entre *arquitectos* y *diseñadores* que caracteriza el trabajo de los ingenieros electrónicos en contextos reales del ejercicio profesional; esta situación se

modeló mediante la implementación del juego entre dos cursos con diferente profesor y horario de clase: Grupos A y Grupos B. Se propusieron dos proyectos, de tal forma que para el primero los *arquitectos* pertenecían a los Grupos A y los *diseñadores* a los Grupos B; para el segundo proyecto, la asignación de roles a los grupos fue al contrario, logrando que cada uno tuviera la oportunidad de asumir los dos roles: *arquitectos* y *diseñadores*. Es de anotar que una pareja *Arquitecto* Grupo A y *Diseñador* Grupo B no fue la misma que *Arquitecto* Grupo B y *Diseñador* Grupo A, con lo cual se amplió el número de interacciones comunicativas.

El juego se programó para las últimas 5 semanas del semestre; inicialmente se propusieron cada uno de los sistemas a diseñar en los dos cursos, mediante los requerimientos de un cliente y los grupos de los dos cursos asumieron el rol de arquitectos y generaron la especificación del sistema, el diagrama en bloques y la descripción en tiempo. Esta actividad tuvo una duración de 2 semanas y media y se realizó dentro y fuera del aula.

Al culminar la arquitectura, cada grupo envió a sus respectivos diseñadores los documentos usando la plataforma Blackboard®, herramienta institucional de enseñanza virtual. En ese momento, todos los grupos asumieron el *rol de diseñador*, cuya primera tarea fue la revisión del documento correspondiente a la arquitectura del sistema. De esta revisión preliminar surgieron dudas y preguntas que fueron dirigidas hacia los *arquitectos* quienes debieron hacer las correcciones y aclaraciones necesarias para permitir el desarrollo normal de la implementación.

Los diseñadores describieron el hardware del sistema en AHPL y elaboraron el esquemático a partir de la especificación y posteriormente describieron el sistema en VHDL, para, finalmente, ser simulado e implementado en el dispositivo de lógica programable. Las interacciones entre los grupos reflejan el avance del aprendizaje en cada grupo y la calidad del trabajo.

### 6.3. Seguimiento de la actividad

Con el fin de analizar esta experiencia, se realizaron diferentes actividades orientadas al seguimiento de la experiencia y su impacto en los estudiantes. Las acciones llevadas a cabo con este propósito fueron: registros de clase, auto informes de estudiantes, grupos focales con estudiantes, grupos focales con los profesores, seguimiento del foro en el juego de roles, sustentación oral de los trabajos finales

## 7. Resultados

A continuación se muestran los resultados obtenidos durante los dos últimos semestres de implementación de la experiencia, en términos de las interacciones entre arquitectos y diseñadores. Se analizan un total de 168 interacciones entre los dos grupos.

El registro de los foros permitió dividir las interacciones en categorías, las cuales reflejan el desarrollo de la actividad y el proceso de aprendizaje. Las preguntas dadas por los diseñadores se clasificaron en requerimientos informativos, aclaratorios, argumentativos y propositivos; las respuestas dadas por los arquitectos se clasificaron en informativas, informativas que generan corrección, informativas que generan auto corrección, aclaratorias, argumentativas, mediadas por los profesores y vacías.

Se analizaron también las interacciones teniendo en cuenta el efecto que generó la interacción en el desarrollo del proyecto, y se clasificaron en las siguientes categorías: informativas, correctivas, aclaratorias, auto correctivas, vacías y argumentativas.

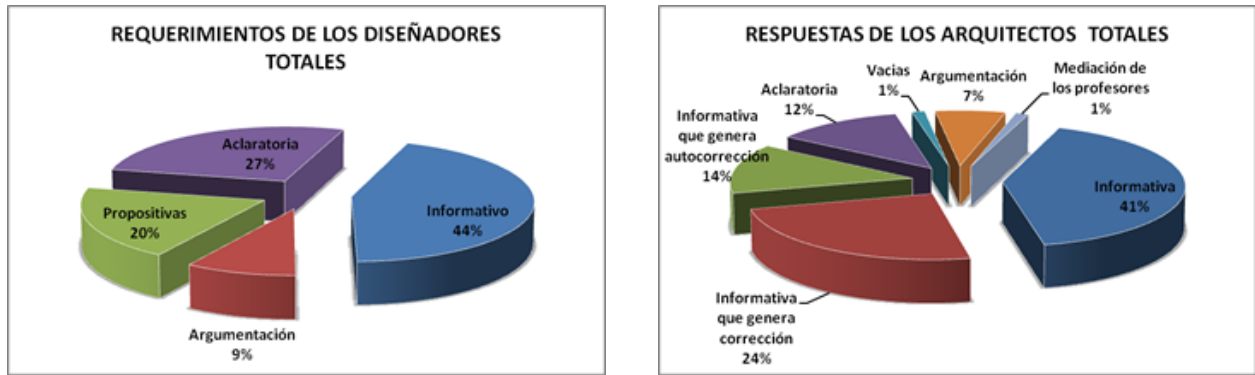


Figura 1. Requerimientos de los diseñadores y respuestas de los arquitectos

En la figura 1 se muestra la totalidad de requerimientos los cuales en la mayoría son del tipo informativo y aclaratorio. También se puede ver que la mayoría de las respuestas dadas por los arquitectos transmitían información y generaban correcciones completando las descripciones de las arquitecturas. Seguidas de respuestas aclaratorias y auto correctivas.

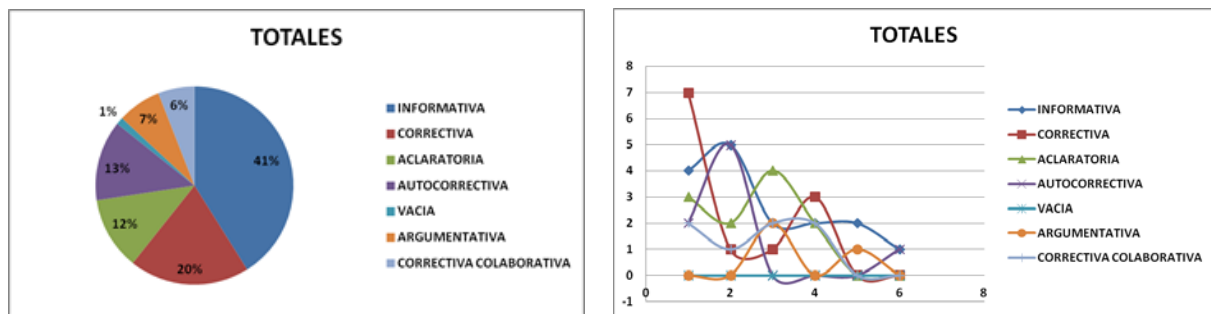


Figura 2. Interacciones totales (a) y comportamiento en el tiempo (b)

En la figura 2 (a) se muestra la totalización de las interacciones en la cual se aprecia que la mayoría son del tipo informativo y correctivo. En la figura 2 (b) se hace un seguimiento de las interacciones de los grupos durante la actividad, durante las 5 semanas de desarrollo.

Analizando las gráficas se observa que al inicio de la experiencia se presentan un alto porcentaje de interacciones informativas y correctivas lo que se explica por la baja calidad de las descripciones iniciales de los arquitectos, en términos de claridad y completitud. En la mayoría de casos se identificaron bajos niveles en habilidades de expresión escrita y en otros se asumía que el diseñador conocía elementos importantes del diseño y no se transmitían.

El mayor porcentaje de interacciones pertenecía a la categoría correctiva, lo que indica una autorregulación de los grupos. Esta autorregulación se reflejó posteriormente en interacciones auto-correctivas, en las cuales los mismos arquitectos identificaron sus errores como consecuencia de los requerimientos de los diseñadores y del hecho de estar revisando otra arquitectura, adicional a la que cada grupo como arquitectos también desarrolló.

Con el tiempo disminuyen las informativas, correctivas y aclaratorias, aumentado las argumentativas y correctivas colaborativas lo cual muestra que en el transcurso de la actividad tanto diseñadores como

arquitectos adquieren herramientas conceptuales las cuales les permiten defender y argumentar sus decisiones, al igual que aceptar y corregir sus errores.

## 8. Conclusiones

Las conclusiones se encuentran relacionadas fundamentalmente con tres aspectos. El primero es el aporte de la experiencia a la formación de los estudiantes mediante la aplicación de una experiencia similar a las que encontrará el ingeniero en su vida laboral. El segundo es el impacto de la propuesta didáctica sobre la motivación hacia el aprendizaje permitiendo al estudiante ser autónomo en su proceso, y establecer relación con pares que lo llevan a conseguir un resultado exitoso. Finalmente, el tercer aspecto es la contribución del proceso a la apropiación de los conceptos que se hace evidente en el resultado final de la experiencia que más allá de proyectos funcionales, mostró una claridad conceptual en el discurso y en los informes escritos. En relación con el aporte de la experiencia, a partir de los resultados se puede afirmar que se promovió el desarrollo de habilidades consideradas básicas en el currículo para el futuro desenvolvimiento profesional en el área de Diseño Digital. Se pusieron en juego los papeles profesionales que en dicha área se pueden presentar, arquitectos y diseñadores, y las demandas personales en términos de habilidades comunicativas, competencias escriturales y habilidades argumentativas, las cuales fueron necesarias en la actividad en los informes escritos y la discusión en el foro.

Así mismo, se hizo evidente la importancia del aprendizaje colaborativo en la medida en que contribuye a la identificación de las fortalezas de los integrantes del grupo y su canalización hacia objetivos comunes. El trabajo colaborativo fue elemento esencial en la transformación de las interacciones entre pares, cualificando la naturaleza de las intervenciones de los estudiantes. Así, si bien inicialmente se presentó un porcentaje elevado de interacciones para corregir el trabajo de otros, así como de solicitud de información, progresivamente el proceso permitió dar paso a interacciones auto-correctivas. Lo anterior supone un desplazamiento de la mirada evaluativa dirigida a otros, hacia una mirada metacognitiva sobre las propias propuestas para corregirlas. Este es un logro en términos de fortalecimiento de procesos de pensamiento de orden superior.

Al término del proceso la mayoría de diseños resultan exitosos, lo que da cuenta de la importancia del trabajo colaborativo entre pares para el logro de procesos de aprendizaje, la apropiación de conceptos y el fomento de habilidades personales para solucionar problemas. Cada par arquitecto/diseñador formuló y llevó a término soluciones con diferencias significativas que respondían a los objetivos propuestos para el proyecto, lo cual estimula el pensamiento creativo y divergente, así como un cambio en la comprensión de la propia disciplina para entenderla como campo de conocimiento abierto a la pluralidad de perspectivas y a la construcción de alternativas de solución acordes a las circunstancias y recursos de cada grupo y contexto.

Entre los tres factores evaluados por los estudiantes en relación con la experiencia (motivación, trabajo colaborativo y aprendizaje), se identifica la motivación como el factor que particularmente se ve favorecido con una experiencia de esta naturaleza. Esta motivación incrementa la asistencia a clase por parte de los estudiantes, su participación en las actividades y el aprovechamiento de las tareas presenciales. Igualmente tiene impacto significativo en la apropiación de los conceptos y en la calidad de los trabajos.

Es de destacar lo señalado por los estudiantes en el sentido de la importancia que representa la retroalimentación oportuna por parte del profesor para la comprensión y apropiación de los conceptos, así

como el acceso inmediato a información relevante. Son estos dos factores importantes para desplazar el foco de las interacciones en clase, de la transmisión de información a la comprensión de la información y a su aplicación a la solución de problemas. En relación con el uso de tecnologías en este tipo de experiencias, se destaca su valor como instrumento de apoyo a las actividades, y su aporte al mayor aprovechamiento del tiempo de clase, pues ponen a disposición de todos los aportes individuales y permiten al docente retroalimentar en plenaria los trabajos individuales, lo cual beneficia a todo el grupo.

No obstante los anteriores resultados, se reconocen los límites de una propuesta como esta que se circunscribe a una asignatura dentro de un área del currículo. Generar condiciones para la sostenibilidad de los resultados en el tiempo de los logros alcanzados, así como el fortalecimiento de procesos de interacción entre pares, demandan no solamente cambios curriculares sino especialmente transformaciones en las prácticas de los profesores, arraigadas en las historias individuales y en la historia misma de la disciplina. De allí que los resultados alcanzados tengan límites espacio-temporales claramente definidos y que no puedan ni pretendan hacerse generalizaciones.

## 9. Referencias

- Felder, R. & Brent, R. (1994). Cooperative learning in technical courses. Recuperado el 26 de abril de 2006 en <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Coopreport.html>
- Felder, R., Forrest, K., Baker-Ward, L., Dietz, J. & Mohr, P. (1993). A longitudinal study of engineering student performance and retention. I. Success and failure in the introductory course. *J. Engr. Education*, 82, 1, pp. 15-21
- Felder R. (1987). On creating creative Engineers. *Engineering Education*, N° 77, 222-227.
- Helle, L., Tynjälä P. y Olkinuora, E. (2006). *Project-based learning in post-secondary education – theory, practice and rubber sling shots*. Higher Education, 51, 2.
- Kolb, D. (1994). Learning styles and disciplinary differences. In Teaching and learning in the college classroom, Editorial K.A. Feldman and M.B. Paulsen. Needham Heights, Ginn Press
- Kolb, D. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey, Prentice-Hall.
- Marciales Vivas, G., Sánchez Téllez, J., Ruiz Gil, M. M. Viveros Moreno, F., y Martínez Melo, M. (2003). *El Aprendizaje Virtual y sus Mediaciones: Una Experiencia con Estudiantes Universitarios*. Actas de la Conferencia Internacional sobre Educación, Formación y Nuevas Tecnologías. Virtual Educa 2003.
- Thomas, J. (2000). A review of research on Project-based learning. Recuperado el 28 de septiembre de 2007 en [http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL\\_Research.pdf](http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf).

## Sobre los autores

- **Luisa Fernanda García:** Ingeniera Electrónica, Maestra en Ingeniería Electrónica. Profesora de cátedra, [luisa.garcía@javeriana.edu.co](mailto:luisa.garcía@javeriana.edu.co)
- **Alejandra González:** Ingeniera Electrónica, Maestra en Ingeniería Electrónica. Profesora Asistente, [agonzalez@javeriana.edu.co](mailto:agonzalez@javeriana.edu.co)
- **Gloria Marciales Vivas:** Psicóloga, Maestra en Educación, Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación Universidad Complutense de Madrid. Profesora Titular. [gloria.marciales@javeriana.edu.co](mailto:gloria.marciales@javeriana.edu.co)
- **María del Mar Ruiz Gil:** Psicóloga, Profesora de cátedra. [mmruiz@javeriana.edu.co](mailto:mmruiz@javeriana.edu.co)



- **Francisco Viveros:** Ingeniero Electrónico, Profesor Titular. [fviveros@javeriana.edu.co](mailto:fviveros@javeriana.edu.co)
- 

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)