



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

Cartagena de Indias, Colombia
18 al 21 de septiembre de 2018



PROYECTO DE DISEÑO: UNA NUEVA MIRADA HACIA LOS TRABAJOS DE GRADO EN INGENIERÍA

Estefany Rey Becerra, Francisco Muñoz Prado, Diana Parra Cerquera

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Luis A. Saavedra Robinson

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

El programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali implementó en el segundo semestre del año 2016 una reforma curricular. Uno de los cambios fundamentales fue pasar de la modalidad tradicional de "Trabajo de grado" hacia un "proyecto de diseño". Esto surgió dadas las dificultades que se presentaban en el planteamiento del alcance de los proyectos, y su relación con las modalidades de investigación y creación de empresas estipuladas por la facultad de ingeniería. El cambio implicó realizar un benchmarking de los proyectos integradores de final de carrera, con las tendencias nacionales e internacionales. Adicionalmente, se tuvo en cuenta los lineamientos establecidos por el ente acreditador ABET a los cuales el programa ha sido sometido desde el año 2011.

Para realizar este cambio fue necesario que el comité de carrera, junto con el cuerpo profesoral, tomara decisiones estratégicas, operativas y administrativas, las cuales han venido dando forma a la evolución de la nueva metodología. Se definió entonces que el Proyecto de diseño en Ingeniería Industrial es aquella experiencia donde el estudiante desarrolla la capacidad de seleccionar una alternativa bajo restricciones realistas, entendiendo todas las necesidades de los actores, con su respectiva validación. Esta experiencia se desarrolla en dos cursos, durante un año académico, denominados Proyecto de Diseño I y Proyecto de Diseño II, siguiendo la metodología Seis Sigma, basado en los ciclos de DMAIC/DMADV. Las modificaciones han generado resultados muy positivos, retos para los estudiantes, para el desempeño del programa, para los profesores que actúan como directores de proyecto y para las organizaciones donde estos se realizan. Este

manuscrito presenta en detalle todas las decisiones y discusiones críticas que han soportado la evolución de este cambio, así como las ventajas obtenidas para todos los grupos de interés que interactúan con el Programa.

Palabras clave: proyecto de diseño; ingeniería industrial; reforma curricular

Abstract

The Industrial Engineering program at the Pontificia Universidad Javeriana Cali implemented a curriculum reform during the second semester of the year 2016, which included the migration from the traditional “undergraduate research project” to a “capstone design project” as one of the fundamental changes. Some of the reasons for this modification were the difficulties that students experienced when defining the scope and type of their project. Following the engineering faculty policy, they could choose between a research project and entrepreneurial project. Hence, the idea was to establish the capstone design project as major design experience. To begin this modification, the direction of the program carried out a benchmarking process by analyzing national and international universities that considered the capstone design project as a major final design experience. Additionally, this migration process aligned also correctly with the ABET criteria, which have been guiding continuous improvement efforts of the program since 2011.

To implement this change, the head of the program had to make strategic, operational, and administrative decisions to consolidate a new framework that supported the development of the new methodology. Therefore, the program defined that the capstone design project is the experience by which students develop skills for selecting a design alternative under realistic constraints, by understanding all the needs of stakeholders, and by validating properly the final design solution. This experience is driven during two consecutive courses, Capstone Design Project I and Capstone Design Project II, by following the Six-Sigma methodology, which is supported on DMAIC/DMADV cycles. So far, this modification has generated very positive results for the program performance; however, it has placed also new challenges for students, project advisors, and for the companies where these projects are carried out. This paper summarizes thoroughly all the decisions and critical discussions that have supported the evolution of this major modification, and the advantages obtained for all stakeholders that interact with the program of Industrial Engineering.

Keywords: capstone design project; industrial engineering; curriculum reform

1. Introducción

El Trabajo de Grado es una actividad curricular que se exige a todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana seccional Cali como parte de los requisitos de graduación. En 2009, el Consejo de la Facultad definió que el objetivo de esta actividad era “integrar los conocimientos de su carrera en torno a la solución de problemas propios de su disciplina y desarrollar competencias tales como: especificación y delimitación de problemas, planteamiento de hipótesis, desarrollo de estrategias de solución de problemas, trabajo en equipo,

análisis y procesamiento de datos, y producción de documentación técnica” (Art. 1.2) (Directrices para Trabajo de Grado de Pregrado, 26 de Noviembre de 2009).

Para cumplir con tal fin, se propusieron dos modalidades: Proyecto de Grado basado en la investigación teórica o aplicada para dar solución a una problemática, o Creación de Empresas de una idea de negocio viable. La elaboración de cualquier modalidad podía realizarse de manera individual o en parejas, y se estimaba en un año. Se iniciaba con la presentación del anteproyecto en la asignatura Fundamentos de Investigación. Sin embargo, la aprobación de dicha asignatura no estaba necesariamente ligada a la aprobación del anteproyecto.

De aprobar el anteproyecto, en el siguiente periodo se matriculaba la asignatura Trabajo de grado. Al finalizar el semestre, se debía entregar el documento final para evaluación. Si por alguna razón los estudiantes no podían realizar la entrega en las fechas establecidas, debían solicitar prórroga según lo dispuesto en las Directrices para Trabajo de Grado (26 de Noviembre de 2009). Sin embargo, las prórrogas podían abarcar desde uno hasta tres periodos académicos adicionales al semestre de la matrícula de la asignatura Trabajo de Grado. Solo en algunos casos excepcionales se autorizaba una cuarta prórroga siguiendo la normativa del Acta 268 del 15 de Julio de 2013 (Directriz de normas y plazos para la aprobación de trabajos de grado, Julio 29 de 2014).

Las solicitudes de prórroga se justificaban principalmente por la dificultad para acceder a la información o ingresar a la empresa donde estuvieran realizando su proyecto, y en menor proporción por dificultades en el grupo o atraso en el cronograma. Al pedir la primera prórroga y pasar a décimo semestre, la culminación del proyecto se cruzaba con el desarrollo de la Práctica Profesional, dificultando la entrega del Trabajo de Grado y por tanto solicitando una segunda prórroga. En algunos casos el estudiante iniciaba su vida laboral, dilatando la entrega o abandonando el proyecto con nota no aprobatoria. En la Figura 1 se presenta el número de periodos de prórrogas solicitados por los estudiantes que matricularon Trabajo de Grado desde la cohorte 2014.1 hasta 2017.1. El número de prórroga “0” indica que esta no se solicitó y el trabajo fue entregado en el mismo periodo de matrícula, lo cual representa en promedio el 22,9% del total de estudiantes en el rango de evaluación. Igualmente, se presentaba una tendencia a solicitar al menos una prórroga. En promedio el 53,5% de los estudiantes que matricularon trabajo de grado finalizaron su proyecto en un año y medio, mientras que el 21% y 6,2% solicitó dos y tres periodos de prórroga respectivamente.

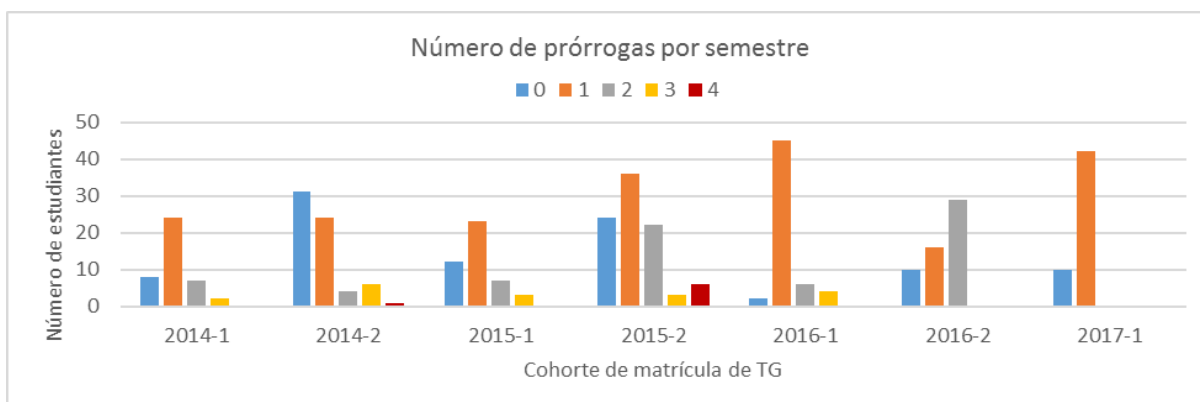


Figura 1. Prórrogas de Trabajo de grado por cohortes

Por otro lado, la Pontificia Universidad Javeriana de Cali recibió en septiembre del año 2016 la acreditación internacional ABET para los cuatro programas de pregrado de la Facultad de Ingeniería, entre los cuales se incluye el programa de Ingeniería Industrial. Esta acreditación asegura que este programa académico cumple con los estándares de calidad exigidos por la profesión (López, 2016). Una de las observaciones sugeridas por la comisión de evaluación fue la declaración explícita de diseño bajo restricciones realistas dentro de los trabajos de grado. Por lo anterior, Proyecto de Diseño para el programa de Ingeniería industrial surge de la revisión de Trabajo de Grado como requisito curricular y las sugerencias de la comisión de evaluación de ABET, además de consideraciones administrativas y de contenido. En dicha revisión, se evidenciaron oportunidades de mejora involucrando un enfoque hacia el diseño como su máxima experiencia integradora dentro del programa, manteniendo la premisa que este proyecto es de carácter obligatorio para todo aspirante al título de ingeniero industrial.

2. Metodología

A finales del año 2016, el Comité del Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali modificó el currículo reemplazando los cursos “Fundamentos de Investigación” y “Trabajo de Grado” por “Proyecto de Diseño I” (PD1) y “Proyecto de Diseño II” (PD2). Estos cambios fueron implementados efectivamente en el primer semestre del año 2017.

Para tener mayor claridad conceptual durante el proceso de migración se debía tener en cuenta la diferencia entre investigar y diseñar en el contexto de una experiencia integradora. Según Cordon *et al.* (2007) y Gassert *et al.* (2006) el propósito del proceso de investigación es desarrollar nuevo conocimiento que resulte útil para una comunidad científica. Mientras que el propósito del proceso de diseño es desarrollar un sistema, proceso o componente que permita resolver una problemática o satisfacer las necesidades de ciertos grupos de interés. Esto consolidó la base metodológica para el curso, lo que coincide con la definición del Instituto de Ingenieros Industrial y de Sistemas (IISE): “esta profesión se ocupa del diseño, mejora e instalación de sistemas integrados por personas, materiales, información, equipos y energía” (IISE, 2018).

Inicialmente, el objetivo de Proyecto de Diseño era integrar los conocimientos y experiencias relacionadas con la ingeniería industrial, aportando soluciones creativas a una problemática alusiva a la disciplina. Para poder construir el contenido de las asignaturas, se realizó un *Benchmarking* con universidades nacionales e internacionales. Tras esta exploración, se encontró que los proyectos se realizaban a lo largo de un año en dos cursos, uno por semestre, de temas propuestos por empresas locales. Además, la sustentación de los proyectos se realizaba mediante una feria de pósteres en un espacio público de la universidad.

Por consiguiente, el contenido de la asignatura se basó en el proceso *Design Thinking* creado por la Universidad de Standford, siguiendo los lineamientos planteado por Dym *et al.* (2005). Esta decisión se tomó ya que es la misma metodología que sigue el programa ME310 de la Red SUGAR, al que la seccional hace parte (García Cifuentes, 2018). Con el fin de garantizar que los estudiantes aprendieran herramientas de la metodología, y mejorar la habilidad de comunicación oral y escrita, se decidió que tanto PD1 como PD2 debían ser de carácter presencial. Como

estrategia para mejorar la habilidad de comunicación escrita, se incluyó dentro del contenido de PD1 un módulo de escritura técnica. Adicionalmente se estandarizó el formato del reporte escrito del proyecto, tanto para PD1 como para PD2.

En la primera cohorte de PD1 en el periodo 2017.1, los equipos fueron organizados por los mismos estudiantes, con mínimo tres o máximo cuatro integrantes. Sin embargo, al matricular la asignatura, varios equipos quedaron divididos en cursos diferentes. Durante el semestre, los estudiantes propusieron temas para desarrollar en su proyecto. Estos fueron aprobados por el Comité de Carrera, que asignó a un profesor de planta o cátedra como director. Cada equipo eligió la metodología a trabajar de acuerdo con los objetivos planteados. Para la evaluación, se definieron rúbricas de acuerdo con las habilidades definidas por ABET (2016-2017). El 50% de la nota de la asignatura se dividió en avances y talleres en clase. El otro 50% correspondió a la entrega final que se realizó en la 1° Feria de Pósteres de carácter público: cada equipo debía llevar su póster impreso para realizar su presentación de forma dinámica a un jurado escogido por el Programa de Ingeniería Industrial.

Viendo las dificultades presentadas, se realizó nuevamente un *Benchmarking* con universidades acreditadas con ABET de Estados Unidos: *Purdue University*, *Georgia Tech*, y *University of Texas Arlington* entre otras. Comparando los programas de Ingeniería industrial, la metodología Seis Sigma era una de las más utilizadas en los proyectos de diseño, específicamente los ciclos DMAIC/DMADV. Por esta razón, se decidió cambiar el enfoque de los cursos definiendo Proyecto de Diseño como aquella experiencia donde el estudiante desarrolla la capacidad de proponer alternativas para solucionar un problema o atender una oportunidad. Para esto, el equipo de trabajo debía considerar las diferentes soluciones teniendo en cuenta restricciones realistas, entendiendo todas las necesidades de los actores. El diseño de la alternativa seleccionada debía tener su respectiva validación, mas no necesariamente su implementación. En consecuencia, se redefinió el contenido de las dos asignaturas según Seis Sigma:

- DMAIC: partir de un estado actual para remover la discrepancia entre unas expectativas y la realidad propia de un **sistema existente** con el fin de alcanzar un estado mejorado;
- DMADV: analizar un contexto en una coyuntura específica para aprovechar una oportunidad creando un **sistema nuevo**.

Por consiguiente, los objetivos de las dos asignaturas se definieron así:

- **PD1:** definir el problema, su alcance y los actores involucrados, obtener los datos requeridos, y analizar las variables relevantes. Para esto, el equipo debe proponer alternativas de diseño de acuerdo con unos requerimientos previamente establecidos.
- **PD2:** seleccionar la solución que maximice el valor a todos los interesados del problema identificados en el curso precedente. Para esto, el equipo debe ejecutar el plan de trabajo propuesto, medir los resultados obtenidos, y validar la propuesta de manera sostenible.

Con esta nueva concepción, la cohorte de PD1 de 2017.2 empezó con una metodología estándar para todos los equipos de trabajo. Estos fueron conformados por los estudiantes matriculados en el mismo curso. En el caso de que un estudiante de la antigua modalidad hubiese perdido

anteproyecto, debía comenzar nuevamente en PD1 planteando un proyecto de forma individual con su propio alcance. Lo mismo sucedería si un estudiante no trabaja en el proyecto y el equipo decide excluirlo de forma unánime. Por otro lado, para la cohorte que empezó PD1 en 2017.1 y pasó a PD2 en el periodo de 2017.2, se les pidió que debían cumplir sus objetivos según el plan de trabajo propuesto para culminar su Proyecto de Diseño.

Para la tercera cohorte de PD1 de 2018.1 se decidió realizar una reunión informativa a finales de 2017 con los estudiantes que cumplieran el prerrequisito de 120 créditos aprobados con dos propósitos: conocer el Banco de Temas y conformar los equipos de trabajo. Por un lado, el Programa de Ingeniería Industrial creó el Banco de Temas para solucionar el problema de la aprobación y asignación de directores. Esta base de datos se alimentó por profesores de planta y cátedra, quienes eran directamente los directores del proyecto.

Por otro lado, los profesores de la asignatura decidieron conformar los equipos con el fin de que los estudiantes pudieran trabajar con compañeros de diferentes personalidades y entrenarlos para la vida laboral. Se fijó que los equipos debían estar conformados por cuatro estudiantes ya que, según la Universidad de Sydney (2018), permite tener una toma de decisión colectiva más fácil, y disminuye la posibilidad de fragmentación. Para esto, cada estudiante realizó el *Test de Myers-Briggs*, donde obtuvo una de las 16 personalidades (16Personalities, 2018). Con esta información y teniendo en cuenta el promedio acumulado, se procede a conformar los equipos. Primero, se cuenta el total de estudiantes y se divide en cuatro para saber cuántos equipos salen (n). Luego, se organiza los estudiantes de menor a mayor promedio y se enumera de uno al número de equipos resultantes (1 a n). Esto hace que queden equipos con estudiantes de diferentes promedios. Por último, se verifica que en cada equipo no quede con dos personas de la misma personalidad. De lo contrario, se cambia con la persona de un promedio similar de otro equipo. Al tener los equipos conformados, el tema y el director asignado, los estudiantes entran a PD1 sin contratiempos. Para la cohorte de 2018.2 se realizó el mismo procedimiento, cambiando el Prerrequisito de 120 créditos a tres asignaturas del Núcleo de Formación Fundamental.

3. Resultados

A partir del desarrollo de los proyectos, se ha encontrado que en la etapa de *Definir* se determina el tipo de metodología a utilizar. Se pueden encontrar casos específicos para DMAIC, DMADV, o presentarse el desarrollo de un sistema nuevo a partir de un sistema existente. Esto ha dado como resultado trabajos estandarizados en cuanto a su metodología, preservando la diversidad en los temas. En la Tabla 1 se muestra como se han venido conformado los equipos de trabajo, y como ha aumentado la dirección por parte de los profesores de planta.

Tabla 1. Conformación de equipos, asignación de directores y metodologías

		2017 1	2017 2	2018 1
Total estudiantes matriculados en PD1		52	55	48
Total equipos	4 personas	3	8	6
	3 personas	12	7	6
	2 personas	2	0	2
	1 persona	0	2	2
Total Proyectos		17	17	16
Directores	Planta	12	9	14
	Cátedra	5	8	2
Metodología	DMAIC	NA	8	13
	DMADV		9	3

Para 2018.1, 11 temas fueron propuestos por profesores de planta, 3 temas por profesores de cátedra y 3 temas por los estudiantes los cuales fueron asignados a profesores de planta. Los proyectos involucran en su desarrollo diferentes temáticas de la carrera. En la Tabla 2 se muestra la relación entre las áreas definidas por el IISE, de PD2 en las cohorte de 2017.2 y 2018.1.

Tabla 2. Relación entre áreas de la Ingeniería Industrial de los PD según el IISE

ID	Área principal que se abarca en el proyecto	Relación entre áreas										
		1	2	3	4A	4B	5	6	7	8	9	
1	Medición de tiempos y movimientos		1	1			1					
2	Optimización	1		1	1	1	5		1	1		
3	Ingeniería económica y financiera				1							
4A	Distribución de planta											
4B	Gestión energética			2			1					1
5	Ingeniería de calidad y mejoramiento continuo	4	5	6	1			2	1			3
6	Factores humanos y ergonomía			1		1	1					
7	Sistemas productivos			3	1		5					2
8	Gestión de la cadena de suministro	1	1	1	1		1					
9	Ingeniería administrativa-Gestión de proyectos						1					
10	Salud ocupacional											
11	Sistemas de información		1	1								
12	Diseño y desarrollo de productos			6	4		4		1			3

4. Discusión

La nueva metodología que se ha venido desarrollando y mejorando durante tres semestres ha generado resultados muy positivos para los estudiantes, el programa y profesores. Por ejemplo, la estandarización de las rúbricas y de los reportes escritos ha permitido que los jurados realicen una evaluación más objetiva y que los documentos sean mucho más concretos. También, para explicar debidamente los requerimientos de diseño, se agregó dentro del documento un apartado de Grupos

de interés o *Stakeholders*. Esto permitió tener una mejor visión sobre el problema a abordar, dado que toma todas las aristas posibles mejorando el planteamiento de las restricciones, especificaciones, normas leyes y estándares para considerar en el diseño. En cuanto a la sustentación, se cambió de la forma tradicional de las presentaciones en *Power Point* a un Póster dinámico donde hay una interacción entre equipos, jurados y público en general. Además, esto hace que los profesores conozcan los trabajos de sus colegas y se fortalezca la comunidad académica. En pocos casos, si la empresa donde estén realizando el proyecto exige acuerdo de confidencialidad, se realiza la sustentación privada con la misma modalidad.

La conformación de los equipos de trabajo antes de iniciar el semestre ha permitido que los integrantes se conozcan previo a la matrícula de PD1. Al inicio hubo resistencia al cambio ya que varios manifestaron su inconformidad al quedar con personas que consideraban malos estudiantes. Se conocieron casos en los que estudiantes retiraron la asignatura quedando grupos de tres estudiantes. Se aceptaron equipos de trabajo con este número, sin embargo, para aquellos que quedaron de a dos personas, se reasignaron a equipos con menos gente. Además, los equipos llevan actas de reuniones, lo que hace visibilizar todos los estudiantes y, por lo tanto, mayor compromiso con el equipo. Es una ventaja que los equipos de trabajo tengan la guía metodológica del profesor del curso.

Los cambios realizados han significado también un reto importante para el cuerpo profesoral como, por ejemplo, la concepción de trabajo investigativo estipulado en la directriz de trabajo de grado. Anteriormente, el documento escrito debía tener un marco teórico y conceptual a través de una revisión exhaustiva del estado del arte. Ahora, la exploración de antecedentes se realiza en artículos científicos que hayan discutido problemas similares a las del tema planteado. Por otro lado, los tiempos de evaluación se han reducido considerablemente. Antes la directriz estipulaba un tiempo de cinco semanas desde que el estudiante entregaba el manuscrito hasta su sustentación, mientras que ahora la Feria de Pósteres se realizado tan solo dos semanas después de la entrega del documento escrito. Esto permite que, al cabo de la finalización del semestre, el estudiante pueda conocer el resultado del proyecto sin que se dilate y continuar así con su proceso académico. Además, al tener proyectos de cuatro estudiantes, se disminuyó significativamente la carga a los profesores que dirigían hasta 16 proyectos por semestres. Esto garantiza una distribución equitativa del trabajo de dirección de proyectos de acuerdo a los temas propuestos.

Administrativamente las prórrogas se han eliminado al vincular la nota del curso con la presentación y aprobación del proyecto en el mismo periodo de matrícula. Los estudiantes que no cumplen estas condiciones tendrán una nota no aprobatoria en la asignatura. En el caso de PD1 ellos deberán repetirla e iniciar un nuevo proyecto o replantear el trabajado, mientras que para PD2 no podrán matricularla nuevamente hasta tener un PD1 aprobado. Esto garantiza que al estudiante no se le cruce el desarrollo del proyecto con la práctica.

En conclusión, esta evolución de Trabajo de Grado a Proyecto de Diseño ha traído beneficios para el programa de Ingeniería industrial en aspectos administrativos y para los estudiantes. Además, el cambio ha permitido optimizar los recursos del departamento de Ingeniería Civil e Industrial, cumpliendo con los protocolos de acreditación de ABET de un proyecto integrador de fin de carrera y con las Directrices para Trabajo de Grado de Pregrado de la seccional.

5. Referencias

- 16Personalities. (2018). Recuperado el 12 de junio de 2018, de <https://www.16personalities.com>
- ABET. (2016-2017). Criteria for accrediting Engineering Programs. Recuperado el 12 de junio de 2018, de <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>
- Cordon, D., Williams, B., Beyerlein, S., & Elger, D. (2007). Distinguishing Among Processes Of Problem Solving, Design, And Research To Improve Project Performance. ASEE - Annual Conference & Exposition, (pp 12.555.1 - 12.555.15). Honolulu, Hawaii, Estados Unidos.
- Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.
- García Cifuentes, J. (2018). ME 310 Global Design Innovation Course - Stanford University. Recuperado el 14 de junio de 2018, de <https://www.javerianacali.edu.co/me-310-global-design-innovation-course-stanford-university>
- Gassert, J., Enderle, J., Lerner, A., Jacques, S., & Katona, P. (2006). Design Versus Research; Abet Requirements For Design And Why Research Cannot Substitute For Design. ASEE - Annual Conference & Exposition, (pp. 11.412.1 - 11.412.10). Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- IISE. (2018). What is industrial and systems engineering? (IISE official definition). Recuperado el 14 de junio de 2018, de <http://www.iise.org/details.aspx?id=282>
- López, D. (9 de septiembre de 2016). Pontificia Universidad Javeriana Cali. Recuperado el 3 de marzo de 2018, de <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/ingenierias-de-la-javeriana-cali-con-acreditacion-internacional>
- Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali (26 de noviembre de 2009) Directrices para Trabajo de Grado de Pregrado. Consejo de Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia.
- Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali (Julio 29 de 2014) Directriz de normas y plazos para la aprobación de trabajos de grado. Consejo Académico de la Seccional. Cali, Colombia.
- Schmidt, P., & Conrad, J. (2012). Capstone 101: A Framework for Implementation of an ABET-Compliant Capstone Sequence. ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 25.282.1 - 25.282.14). San Antonio, Texas, Estados Unidos.
- University of Sydney. (2018). Group Size. (S. o. work, Editor) Recuperado el 5 de abril de 2018, de http://sydney.edu.au/education_social_work/groupwork/implement/prepare/size.shtml

Sobre los autores

- **Estefany Rey Becerra**, Ingeniera Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, Máster en Ingeniería y Gestión del Politécnico di Milano. Profesora Instructor Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali. estefany.rey@javerianacali.edu.co
- **Francisco Muñoz**, Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, Especialista en Gerencia de Logística de la Universidad ICESI, Máster en Finanzas de la Universidad ICESI. Profesor Instructor Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali. fmunoz@javerianacali.edu.co

- **Diana C. Parra Cerquera**, Administradora de empresas de la Universidad del Valle. Asistente del Programa de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali. diana.parra@javerianacali.edu.co
- **Luis Andrés Saavedra Robinson**, Ingeniero Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Doctor en Ergonomía de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Profesor Asistente Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. l.saavedra@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 © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)