



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



UN MODELO ROBUSTO Y SOSTENIBLE PARA LA ACREDITACIÓN DE ABET DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA

Jorge Francisco Estela

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

El objetivo de este trabajo es presentar el modelo desarrollado por la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali para la acreditación de ABET de sus programas de ingeniería. Este modelo asegura la consistencia entre el currículo y la misión institucional y se basa en la evaluación del desempeño de los estudiantes en los llamados “resultados de estudiantes”, a partir de la cual se genera la calificación de los cursos. De esta forma la evaluación de resultados de estudiantes y la calificación no son esfuerzos separados sino un esfuerzo integrado, lo cual simplifica la carga de trabajo de los profesores y asegura la sostenibilidad del modelo pues la evaluación de los resultados de estudiantes hay que hacerla sistemáticamente para obtener las calificaciones. Además, y esto es muy importante, el método permite comunicar eficazmente a todos los grupos de interés la evaluación del logro de las competencias de los estudiantes, constituyendo así un modelo novedoso de evaluación por competencias. El modelo fue recomendado por el equipo evaluador de ABET como ejemplo a seguir por programas que se estén preparando para la evaluación de ABET.

Palabras clave: ABET; acreditación; modelo de evaluación de programa

Abstract

The purpose of this work is to present the model developed by the School of Engineering of Javeriana Cali for the ABET accreditation of its engineering programs. This model ensures the consistency between the curriculum and the institutional mission and is based on the assessment of the performance of students in the so-called “student outcomes”, from which the grading of courses is generated. As a result, the evaluation of student outcomes and grading are not separate efforts but an integrated effort, thus alleviating the workload of

faculty members and ensuring the sustainability of the model because the evaluation of students outcomes have to be done to obtain the grades. In addition, and this is very important, this method allows communicating effectively to all the program's stakeholders the achievement of student abilities and competencies, thence constituting a novel model of evaluation of competencies. This model was recommended by the ABET evaluation team as an example to be followed by programs who are starting their preparation for the evaluation by ABET.

Keywords: ABET; accreditation; program evaluation model

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar el modelo de evaluación de programas que desarrolló la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali para la evaluación por parte de ABET de los programas de Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Sistemas y Computación. El modelo se empezó a aplicar desde el segundo semestre de 2012, la visita de los equipos evaluadores ocurrió en octubre de 2015 y al momento de preparar este documento (junio de 2016) se había surtido todo el proceso de respuesta a los hallazgos y la decisión de acreditación se esperaba para agosto próximo.

El objetivo de la acreditación de ABET es asegurar que los programas académicos cumplan condiciones objetivas de calidad que permitan preparar a los graduados para la práctica profesional de la ingeniería, computación, ciencias aplicadas o tecnología de ingeniería. El método de acreditación de ABET está inspirado en dos principios: primero, comprobar que el programa académico es auto-consistente, i.e. que es y hace lo que dice ser y hacer; segundo, que los objetivos educativos de los programas deben estar inspirados en los requisitos para el ejercicio profesional y en las necesidades de los grupos de interés en torno a los programas académicos. Esto último resulta de la fuerte asociación de ABET con las asociaciones profesionales de ingeniería en los Estados Unidos, siendo estas asociaciones quienes definen los criterios específicos de acreditación y escogen los evaluadores de programa; algunas de esas asociaciones son las ampliamente conocidas ASME, AIChE, ASCE, IEEE, IIE para mencionar solo pocas.

En el método de acreditación de ABET se emplean dos herramientas fundamentales. Estas son los llamados "objetivos educativos de los programas", conocidos por la sigla PEO's por su nombre en inglés (program educational objectives) y los llamados "resultados de estudiantes", SO's (student outcomes). Los objetivos educativos son lo que los egresados deberían haber alcanzado o estar haciendo a un tiempo prudencial luego de graduarse; por lo cual se entienden unos tres a cinco años. Por su parte, los resultados de estudiantes son las habilidades que los estudiantes deberán tener al momento de graduarse para que alcancen los objetivos educativos del programa. Claramente, los objetivos educativos deben responder a las expectativas de los grupos de interés en torno al programa académico y ser consistentes con la misión de la universidad mientras que los resultados de estudiantes son las competencias que deben adquirir los estudiantes en el programa. Es decir, los PEO's son como un estado o destino deseado y los SO's son las herramientas para lograrlo.

De lo anterior se desprende un encadenamiento que debe garantizar un programa que busque la acreditación de ABET: partir de la misión institucional; definir unos PEO's que sean consistentes con esa misión y las necesidades de los grupos de interés; escoger un conjunto de SO's que soporten el logro de los PEO's; finalmente, asegurar que el currículo (básicamente el plan de estudios) desarrolle los SO's. Se recomienda que los PEO's estén redactados en forma relativamente generalista en torno a grandes aspiraciones de la educación superior pero referenciados a la misión institucional y los grupos de interés; por su parte, los programas pueden escoger el conjunto de SO's que consideren necesarios, pero deben dar cuenta, como mínimo, de aquellos que establecen las comisiones de acreditación de ABET. Entonces, por lo general, se escogen solo los recomendados por ABET, a los que suele llamarse los "A-K".

ABET tiene cuatro comisiones de acreditación: la "Applied Science Accreditation Comisión (ASAC)", la "Computing Accreditation Comisión (CAC)"; la "Engineering Accreditation Comisión (EAC) y la "Engineering Technology Accreditation Comisión (ATAC)". De acuerdo con su naturaleza, los programas deben solicitar su evaluación por, al menos, una comisión. Con mucho, la EAC tramita la mayor cantidad de evaluaciones y acreditaciones. En el caso particular de los programas de la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali, las acreditaciones de Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil e Ingeniería Electrónica se tramitaron con la EAC mientras que la de Ingeniería de Sistemas y Computación se tramitó con la CAC. Las comisiones definen los criterios de acreditación generales y específicos de programa y su conjunto de los A-K (ABET, 2016). Por ejemplo, para la EAC los criterios generales son: Estudiantes, Objetivos Educativos del Programa, Resultados de Estudiantes, Mejoramiento Continuo, Currículo, Profesores, Instalaciones y Soporte Institucional, y los A-K son:

- A. Habilidad para aplicar conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.
- B. Habilidad para diseñar y realizar experimentos y para analizar e interpretar datos.
- C. Habilidad para diseñar un sistema, componente o proceso que satisfaga necesidades deseadas bajo restricciones realistas tales como económicas, ambientales, sociales, éticas, de salud y seguridad, manufacturabilidad y sostenibilidad.
- D. Habilidad para funcionar en equipos multidisciplinarios.
- E. Habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- F. Entendimiento de la responsabilidad ética y profesional.
- G. Habilidad para comunicarse efectivamente.
- H. La educación amplia y necesaria para entender el impacto de la soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, ambientales y sociales.
- I. El reconocimiento de la necesidad y habilidad para el aprendizaje a lo largo de la vida.
- J. El conocimiento de asuntos contemporáneos.
- K. Habilidad para usar las técnicas, destrezas y herramientas necesarias para la práctica de la ingeniería.

2. Modelo de evaluación de programas

Como se indicó arriba, el modelo de evaluación debe dar cuenta del encadenamiento misión → objetivos educativos → resultados de estudiantes → currículo (cursos). Metodológicamente, el modelo de evaluación se dividió en dos niveles: el nivel de cursos, en el cual se evalúa el logro de los resultados de estudiantes; y el nivel del programa propiamente dicho, en el que se agrega información de otras fuentes, como el desempeño en trabajos de grado, la práctica profesional, los resultados en los exámenes nacionales, como también se podría incorporar información cualitativa, por ejemplo, de encuestas de satisfacción a graduandos. En esta sección se describen sucintamente estos elementos y algunos resultados.

El primer paso es establecer la consistencia entre la misión y los PEO's, para lo cual es necesario definir quiénes son los grupos de interés (constituyentes) del programa y redactar los PEO's como resultado de una amplia consulta con estos grupos. En la Facultad de Ingeniería se escogió que los constituyentes de los programas son internos (profesores y estudiantes) y externos (egresados y empleadores). Como ayuda metodológica se definieron misiones de la Facultad de Ingeniería y de cada programa y para evidenciar la consistencia con los PEO's se desagregaron los textos de las misiones en elementos semánticos individuales. Por la limitación de espacio en este documento no se reproducen los textos de las misiones y objetivos educativos, pero se pueden consultar en (Javeriana Cali, 2016) y (Javeriana Cali, 2016a). Por ejemplo para Ingeniería Industrial, la prueba de consistencia se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Consistencia de los PEO's con la misión de la Universidad.

PEO's	Misión del programa	Misión de la Facultad de Ingeniería	Misión de la Universidad
PEO1(Aplicación de conocimiento)	1, 2, 3c, 3d	1, 2, 5a, 5c, 6	2, 4, 5
PEO2(Diseño en Ing. Industrial)	1, 2, 3b, 3c, 3d	1, 2, 3a, 3b, 4, 5a, 5c	2, 3, 4, 5
PEO3(Excelencia contribuciones)	2, 3a, 3d	2, 3b, 4, 5a, 5b, 5c	1, 4, 5, 6
PEO4(Ética y profesionalismo)	2, 3b, 3d	2, 3b, 3c, 5c, 5d	1, 3, 4, 5, 6
PEO5(Aprendizaje continuado)	2, 3a, 3d	2, 3a, 4, 6	1, 4, 5

Es decir, cada uno de los PEO's tiene una correspondencia con los elementos identificados de las misiones del programa, la facultad y la universidad. En detalle, PEO1 y PEO2 se relacionan con la excelencia académica; y PEO3, PEO4 y PEO5 se refieren a la influencia positiva que los egresados ejercen sobre los demás. En cuanto a las necesidades e intereses de los constituyentes, PEO1 y PEO2 hacen referencia a los profesores; PEO1, PEO2 y PEO4 hacen referencia a intereses de los estudiantes; PEO1 y PEO5 hacen referencia a intereses de los egresados; y los intereses de los empleadores se relacionan con PEO1, PEO2, PEO3 y PEO4.

El siguiente paso fue establecer las relaciones entre los objetivos educativos y los resultados de estudiantes, que el programa definió que fueran únicamente los A-K de ABET. No se debe esperar que cada uno de los PEO's esté soportado por todos los SO's como tampoco que cada SO soporte todos los PEO's. Entonces fue necesario definir un criterio para escoger qué cruces eran necesarios y viables. Para el efecto se empleó una especie de

selección “mendeliana”, es decir, los cruces resultan de afinidades entre “genomas”, i.e. los tipos de PEO’s y SO’s. Se definieron tipos “técnico”, T, y “social”, S, en grados fuerte (en mayúsculas) y débil (minúsculas). Así, hay PEO’s y SO’s de tipo totalmente técnico, totalmente social o híbrido. Los cruces viables se caracterizaron por niveles de relevancia en orden ascendente 1, 2 y 3. El resultado se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Relación entre objetivos educativos y resultados de estudiantes.

Resultados de estudiantes (nombres cortos)	Objetivos educativos del programa	Objetivos educativos del programa					Total puntos	Pesos Relativos, %
		1	2	3	4	5		
	Tipo	T,s	T,s	T,S	S	S,t		
A. Conocimiento técnico	T	3	3	3		2	11	10.7
B. Habilidad experimental	T	3	3	3			9	8.7
C. Diseño de ingeniería	T,s	3	3	2			8	7.8
D. Trabajo en equipo	S	1	2	3	3		9	8.7
E. Solución de problemas	T	3	3	3	2		11	10.7
F. Responsabilidad ética	S	2	2	3	3		10	9.7
G. Comunicación efectiva	S	2	2	3	3		10	9.7
H. Comprensión impactos	T,S	2	3	3	2		10	9.7
I. Aprendizaje independiente	S		2	2		3	7	6.8
J. Asuntos contemporáneos	S		2	3	2	2	9	8.7
K. Herramientas de ingeniería	T	3	3	1		2	9	8.7
	Puntos totales	22	28	29	15	9	103	100
	Pesos relativos, %	21.4	27.2	28.2	14.6	8.7	100	

Estos resultados indican, por una parte, que todos los resultados de estudiantes deben recibir atención, pero los de tipo técnico son los más relevantes, de los cuales los más significativos son la aplicación de conocimiento y la solución de problemas de ingeniería. Por otra parte, este ejercicio emite las señales para que el currículo desarrolle los resultados de estudiantes según los pesos relativos allí definidos.

El siguiente paso fue asignar SO’s y niveles de relevancia a cada uno de los cursos del plan de estudios de tal forma que el balance global respete los pesos relativos de los SO’s de la Tabla 2. Es decir, a cada curso se le asignó una “fórmula curricular” que indica qué SO’s debe desarrollar y con qué relevancia. En la práctica es muy difícil garantizar que este ejercicio reproduzca exactamente los pesos relativos de la Tabla 2, por tanto se estableció un margen de tolerancia de ± 1 punto porcentual. Por el limitado espacio en este documento es imposible reproducir el resultado de este ejercicio para un plan de estudios completo. El resultado permite rastrear en detalle el encadenamiento entre cada curso y la misión institucional pasando a través de los resultados de estudiantes y los objetivos educativos. Un ejemplo de este resultado se ilustra en la Figura 1 para el curso de Termodinámica, para el cual la fórmula curricular fue: A = 3; B = 2; E = 3; F = 2; G = 2; H = 3; J = 3; K = 2.

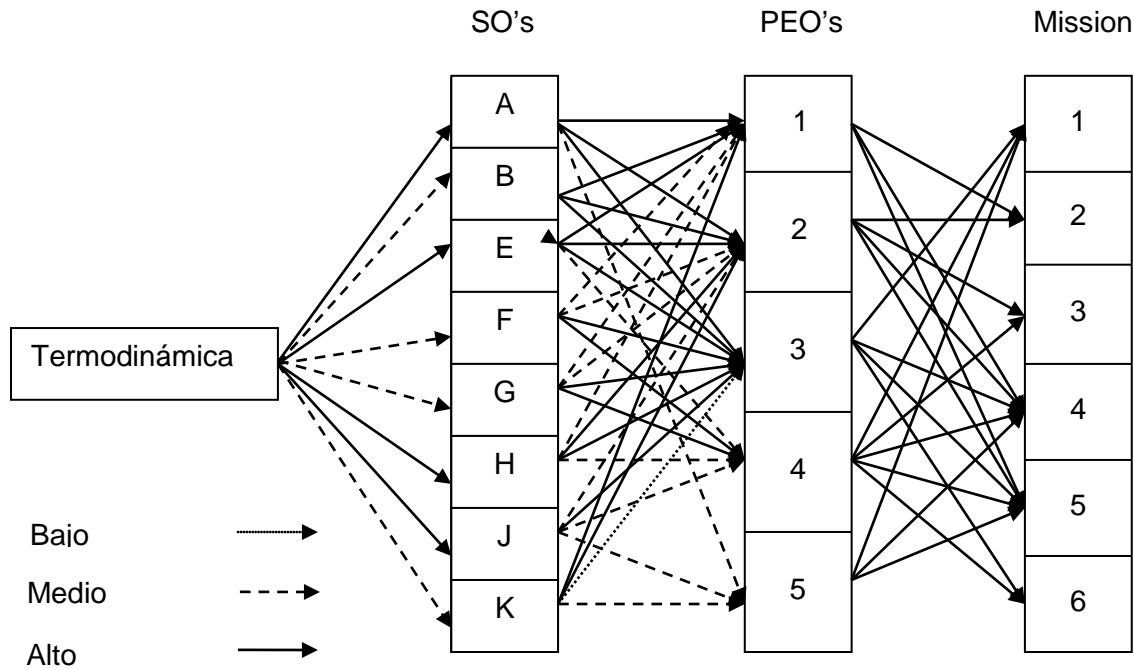


Figura 1. Relaciones entre un curso y los resultados de estudiantes, objetivos educativos y misión institucional.

Como se ve en la Figura 1, el curso en cuestión, aunque no desarrolla todos los A-K, por vía del sistema ampliamente redundante de relaciones entre los SO's, los PEO's y la misión, termina soportando toda la misión de la Universidad. Eventualmente, un grafo análogo se puede establecer para cada uno de los cursos del plan de estudios.

Por recomendación de ABET, la evaluación de los A-K no tiene que hacerse en todos los cursos del plan de estudios. Aquello sería inmanejable en la práctica, máxime con los cursos que ofrecen departamentos fuera de la facultad. Entonces, los cuatro programas evaluados escogieron aproximadamente una docena de cursos disciplinares sobre los cuales hacer la evaluación de los A-K.

El siguiente paso fue distribuir la fórmula curricular de los cursos de evaluación entre sus instrumentos de evaluación. De nuevo, la restricción fundamental es respetar los pesos relativos entre los A-K dados por la fórmula del curso. De esta forma se genera un "balance de evaluación" de cada curso, siendo un ejemplo el del curso de Termodinámica que se muestra en la Tabla 3. En la primera fila de esta tabla están los niveles de relevancia de la fórmula del curso dados arriba; en la segunda fila están los porcentajes, sobre el total de la fórmula, que corresponden a los niveles de relevancia; a continuación, están cinco filas correspondientes a los instrumentos de evaluación del curso; luego está el total de porcentajes (puntos) correspondientes a los A-K y al final están los porcentajes, que coinciden con aquellos para los pesos relativos. Es decir, este ejercicio es balancear una matriz por filas y por columnas. Este ejercicio indica cómo se debe construir cada uno de los instrumentos de evaluación para dar cuenta de la distribución porcentual de los A-K. No quiere decir que en

cada uno de los instrumentos se tengan que respetar los pesos relativos puesto que lo único que interesa es respetar el balance de pesos relativos en la evaluación global del curso.

Tabla 3. Ejemplo de un balance de evaluación.

	Porcentaje	Resultados de estudiantes								Σ
		A	B	E	F	G	H	J	K	
Pesos relativos*		3	2	3	2	2	3	3	2	20
Porcentaje, %		15	10	15	10	10	15	15	10	100
Examen 1*	25	20	10	20	10	10	10	10	10	100
Examen 2*	25	20	10	20	10	10	10	10	10	100
Examen final*	25	20	10	20	10	10	10	10	10	100
Proyecto*	15		5		5	5	20	20	5	60
Tareas*	10		5		5	5	10	10	5	40
Total*	100	60	40	60	40	40	60	60	40	400
Porcentaje, %		15	10	15	10	10	15	15	10	100

* Los valores de las celdas son puntos.

El balance de evaluación permite calcular la calificación del estudiante en el curso a partir de la evaluación de su desempeño en los A-K. Ese es uno de los rasgos distintivos de este método pues la base es la evaluación del desempeño en las competencias, a partir de lo cual se genera, por vía de un promedio ponderado de los pesos relativos de los A-K, la calificación final del estudiante en el curso. Un ejemplo de la construcción de un examen del curso en cuestión se presenta en la Tabla 4, en la que los valores de las celdas pueden ser puntos o porcentajes.

Tabla 4. Ejemplo de construcción de un examen.

	A	B	E	F	G	H	J	K	Total
Análisis				10	10	10	10		40
Problema 1	10		10						20
Problema 2	10	10	10					10	40
Total	20	10	20	10	10	10	10	10	100

Según este ejemplo, los SO's de tipo técnico se evalúan por medio de problemas mientras que los de carácter social e híbrido se evalúan por medio de un caso de análisis. Por supuesto, este es apenas un ejemplo, pero ilustra que el método permite orientar la evaluación según la naturaleza de los instrumentos de evaluación.

Este método permite analizar el desempeño global del estudiante en el curso desde la perspectiva de su desempeño en las competencias, así como desde la perspectiva clásica de los instrumentos de evaluación. El siguiente es un ejemplo simulado.

Tabla 5. Ejemplo de un reporte final de curso para un estudiante.

	Resultados de estudiantes			Instrumentos de evaluación	
	Porcentajes	Calificación		Porcentajes	Calificación
A	15	3.6	Examen 1	25	3.5
B	10	2.9	Examen 2	25	3.4
E	15	3.2	Examen final	25	3.4
F	10	3.5	Proyecto	15	4.0
G	10	3.9	Tareas	10	3.8
H	15	3.8	Total	100	3.6
J	15	4.2			
K	10	3.0			
Total	100	3.6			

Este ejercicio muestra el avance cualitativo que este método ofrece sobre el método clásico de evaluación y calificación. En el método clásico es poco lo que se podría decir del desempeño del estudiante más allá de que tuvo mejor desempeño en el proyecto y las tareas (que posiblemente sean pruebas en grupo) que en los exámenes; adicionalmente se podría decir que su desempeño fue un apenas aceptable 72 por ciento de rendimiento global. Pero con el método por los A-K se puede decir mucho más: por ejemplo, que el desempeño fue mejor en los SO's de carácter social que en los de carácter técnico. De todas formas, la calificación del estudiante es una sola y se puede concluir que ambos métodos son complementarios.

Con lo explicado hasta este punto se completa el nivel de evaluación de los resultados de estudiantes en los cursos. Para avanzar hacia el nivel superior de evaluación del programa se diseñó un modelo de reportes de cursos que consiste de dos componentes: el listado de calificaciones por los A-K correspondientes; y un reporte de curso que comprende el análisis del desarrollo de los A-K, los logros de los objetivos de aprendizaje, el desarrollo de los procesos del curso, la implementación y proposición de acciones de mejoramiento y recomendaciones. Esta información llega a la Dirección del Programa y a la Coordinación de Acreditación donde se integra con las otras fuentes de información indicadas al inicio de esta sección. Al final sale un juicio cualitativo y cuantitativo del desempeño global del programa en los A-K y de las acciones de mejoramiento.

A partir de lo expuesto hasta este punto se aprecian las siguientes bondades del método:

- Es robusto porque se construyó a partir de una red abundante y redundante de relaciones entre la misión institucional, los objetivos educativos, los resultados de estudiantes y el currículo del programa.
- Es sostenible porque los esfuerzos de evaluación de los resultados de estudiantes y la calificación clásica de los cursos no son esfuerzos separados, sino que el segundo resulta del primero en un esfuerzo integrado; puesto que hay que producir las calificaciones de los cursos, el método asegura que se tengan que evaluar los A-K en primer lugar. Esto se aparta de la recomendación usual de ABET sobre hacer la evaluación de los SO's separadamente de la calificación; lo cual inevitablemente consume más tiempo y esfuerzo de los profesores. Entonces, la bondad del método aquí propuesto es

reducir la carga de trabajo y, por consiguiente, la inevitable resistencia de los profesores a embarcarse en este método de evaluación por competencias.

- El método permite identificar fácilmente las acciones de mejoramiento que emergen de los procesos ordinarios de los cursos e integrarlos en los planes de mejoramiento de los programas académicos.
- La cantidad de información que se maneja se reduce significativamente, haciendo innecesaria la adquisición de costosas aplicaciones comerciales que últimamente se ofrecen para acompañar los procesos de acreditación de ABET.
- Es necesario reconocer que la Universidad emite a la sociedad una información muy importante en términos de las calificaciones contenidas en los certificados de notas. Esta información se usa para muchos propósitos, por ejemplo, para definir la continuidad o no de los estudiantes en el programa académico, para definir la admisión a postgrados, para la concesión de becas, para definir los primeros empleos, para la concesión de distinciones, para orientar recomendaciones académicas, entre otras. Todo esto es de capital importancia para los estudiantes y los otros grupos de interés; por supuesto, sería mucho mejor que esta información proviniera de una evaluación del desempeño de los estudiantes en las habilidades que son propias del ejercicio profesional de la ingeniería. Con este método, la información que está saliendo en nuestros certificados de notas cada vez está más basada en la evaluación de competencias en la medida en la que el método va extendiéndose a más cursos de los planes de estudio.
- En un desarrollo futuro, y si el método se extendiera a todos los cursos disciplinares, la dirección del programa podría construir una especie de portafolio que resumiera el desempeño de los egresados en términos de los resultados de estudiantes. Esto emitiría una valiosa información para orientar la ubicación laboral de los egresados y sería una práctica muy novedosa frente a la práctica convencional de los certificados de calificaciones.

3. Conclusiones

El modelo desarrollado es novedoso en el contexto ordinario de la preparación para la evaluación y acreditación de ABET. Como la implementación de todo nuevo proyecto de ingeniería, tiene un costo elevado de diseño y montaje, pero luego la operación es muy sencilla en términos de la carga de trabajo adicional para los profesores, además de que racionaliza grandemente la información que debe manejar la administración del programa académico. El modelo nutre el sistema de información ordinario de calificaciones con la valiosa información de la evaluación de competencias y habilidades. Por estas razones, el modelo recibió una positiva apreciación de los equipos de evaluación y se consignará en los informes finales de acreditación que recibirán los programas de la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali.

4. Referencias

- ABET. (2016). Accreditation Criteria and Supporting Docs. Consultado el 18 de junio de 2016 en <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/>
- Pontificia Universidad Javeriana Cali. Misión conjunta Bogotá – Cali. Consultado el 18 de junio de 2016 en <http://www.javerianacali.edu.co/documentos-institucionales>
- Pontificia Universidad Javeriana Cali. Objetivos profesionales, resultados de estudiantes y perfil del egresado. Consultado el 18 de junio de 2016 en <http://www.javerianacali.edu.co/programas/ingenieria-industrial>

Sobre el autor

- **Jorge francisco Estela:** Ingeniero Químico, Doctor en Filosofía de la Universidad de Londres – Imperial College. Profesor Titular. jfe@javerianacali.edu.co

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

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)