



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



ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD HACIA LA ACREDITACIÓN INTERNACIONAL: MODELO PARA LA MEDICIÓN DE LOS RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Mariela Curiel, Germán Chavarro

Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia

Resumen

Este artículo describe el modelo de aseguramiento de calidad desarrollado en el Departamento de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá tomando como base los lineamientos definidos por ABET y la medición de resultados de aprendizaje. Los resultados de aprendizaje son los conocimientos y habilidades que debe tener un estudiante para el momento de la obtención del título de ingeniero. El modelo define un ciclo anual durante el cual se desarrollan los procesos de medición, evaluación, propuesta de cambios e implementación de los mismos. En este artículo se describen las principales características del modelo propuesto.

Palabras clave: aseguramiento de calidad; resultados de aprendizaje; ABET

Abstract

This article describes the model for quality assurance developed by the Systems Engineering Department at Pontificia Universidad Javeriana in Bogotá, taking as foundations the guidelines proposed by ABET and the assessment of student outcomes. Student outcomes are the knowledge and abilities desired from the program graduates. The model defines an annual cycle during which the processes of assessment, evaluation and proposed changes implementation take place. The article describe the quality assurance model in detail.

Keywords: *quality assurance; student outcomes; ABET*

1. Introducción

La Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) está preocupada por garantizar la calidad de sus programas académicos y entre ellos la carrera de **Ingeniería de Sistemas**. Una de las formas de asegurar calidad es a través de la acreditación de los programas ante instancias nacionales e internacionales. La carrera posee acreditación nacional de alta calidad y desde hace algunos años se trabaja por obtener una acreditación internacional. A nivel internacional, el organismo no gubernamental de mayor reconocimiento para acreditación de programas de ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnología es ABET (*Accreditation Board for Engineering and Technology*). La acreditación ABET (ABET, 2013) asegura que un programa de educación superior en las mencionadas áreas cumple con los estándares de calidad establecidos para la profesión en la cual se están formando los estudiantes.

Desde hace tres años los profesores del Departamento de Ingeniería de Sistemas de la PUJ vienen trabajando para adaptar el modelo de aseguramiento de calidad que tenían hasta la fecha a los estándares de ABET. El modelo, que se describe en este artículo, define un ciclo anual durante el cual se desarrollan los procesos de medición, evaluación, propuesta de cambios e implementación de los mismos. Entre las características más relevantes del modelo se encuentran: a) Está basado en la misión de la institución y las necesidades de los principales actores. b) Define los objetivos educativos del programa y los resultados de aprendizaje de los estudiantes. c) Utiliza rúbricas genéricas que permiten orientar a los profesores sobre la forma en la que deben medir los resultados de aprendizaje en sus cursos. d) Mide los resultados de aprendizaje en al menos tres asignaturas del plan de estudios, asegurando progreso a medida que se avanza en el programa, y con base en rendimiento de los estudiantes. e) La medición y evaluación de los resultados se realiza anualmente con toda la planta profesoral, incluyendo propuesta de mejoras e impacto de las mismas. En el artículo se describen los principales conceptos relacionados con ABET, se detalla el modelo de aseguramiento de calidad y cómo se miden los resultados de aprendizaje. El modelo ya se ha aplicado durante un ciclo completo en los cursos de la carrera.

2. Conceptos básicos de acreditación internacional

Entre los criterios de ABET para evaluar un Programa de Ingeniería se encuentran: los estudiantes, los objetivos educativos del programa (*Program Educational Objectives*), los resultados de aprendizaje esperados (*Student Outcomes*), el proceso de mejora continua, el plan de estudios, la planta docente, la Infraestructura y equipos y el soporte económico y financiero. De estos criterios describiremos los tres más relevantes para el desarrollo del modelo:

Los objetivos educativos del programa (PEO) describen lo que se espera que los graduados logren en los primeros años después de obtenido el grado. Los PEOs deben ser consistentes con la misión de la Universidad, la Facultad y el Departamento, así como con las necesidades la industria y la sociedad en general.

Los resultados de aprendizaje (*Student Outcomes*) describen lo que se espera que los estudiantes conozcan y estén en capacidad de hacer para el momento de la graduación. Estos corresponden a conocimientos y habilidades que los estudiantes deben adquirir durante su progreso en el programa. Estos resultados de aprendizaje se conocen informalmente como resultados 'a' a la 'k', por su identificación con letras. Tanto los objetivos educativos, como los resultados de aprendizaje de la carrera de Ingeniería de Sistemas se encuentran públicos en Pregrados Facultad de Ingeniería (2016).

Para ABET no sólo importa el perfil del ingeniero que se quiere formar sino los procesos usados para la evaluación de los resultados de aprendizaje de los estudiantes **y los mecanismos de mejora continua** para estos procesos académicos, de ahí la importancia de definir un modelo que sea sostenible en el tiempo.

El modelo de calidad que se describe a continuación conjuga los elementos descritos, junto con la participación de la planta docente en el proceso de evaluación.

3. El modelo de calidad

El modelo para el aseguramiento continuo de la calidad es un ciclo basado en el concepto desarrollado por Rogers (2013) (Gloria Rogers es facilitadora de desarrollo profesional en ABET) y es presentado en la Figura 1.

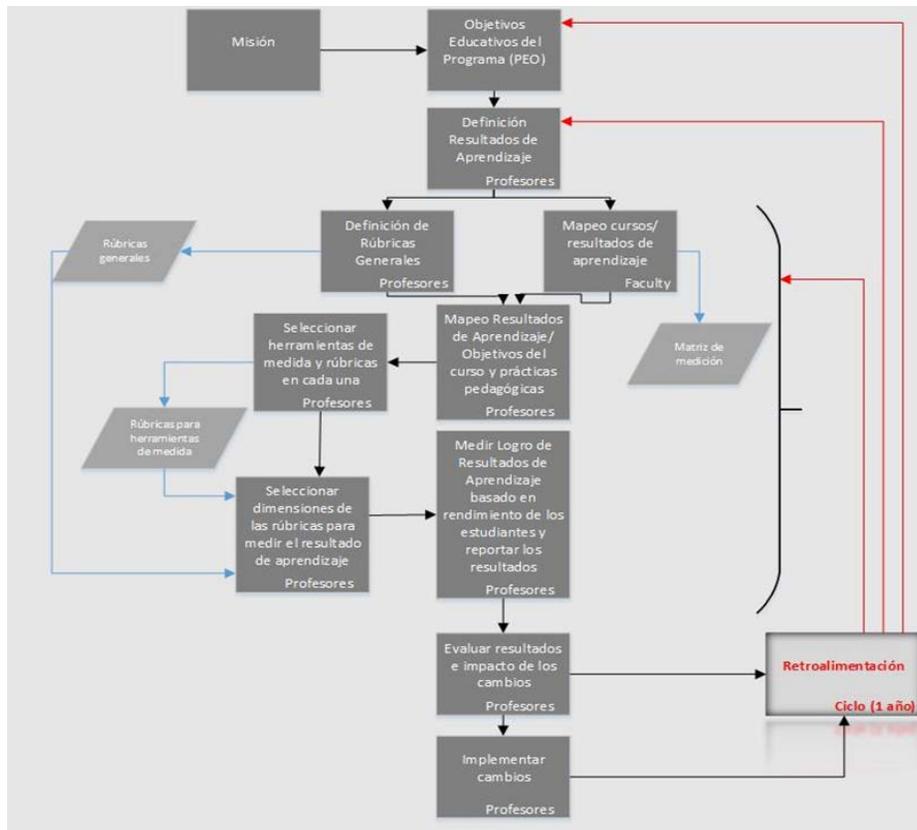


Figura 1. Ciclo continuo de mejoramiento de la calidad

El ciclo inicia con la **definición de los Objetivos Educativos del Programa (PEO)**. Estos objetivos son definidos con la contribución de todos los constituyentes del programa y están alineados con la misión y visión de la Universidad. Al interior de la Universidad se trabajó con: todos los profesores de planta, el Comité Asesor Estudiantil de la Carrera, el Comité Asesor de Carrera -del que hacen parte profesores de varias áreas de la Universidad que prestan servicio al programa, estudiantes y egresados- y el Comité Asesor de Industria, conformado por representantes del gobierno, empresas de tecnología, empresas no tecnológicas y empleadores. Este último comité debe reunirse anualmente. Los PEOs deben ser revisados cada dos años utilizando las instancias mencionadas.

Posteriormente y con base en el trabajo anterior se **definen los resultados de aprendizaje** esperados. Aunque ABET define estos resultados, al interior del departamento fueron “ajustados” con el propósito de facilitar su apropiación y adecuarlos a las particularidades del programa. Se sigue manteniendo el mismo número de resultados (a-k).

El siguiente paso, fue **definir una rúbrica general** para cada uno de los resultados de aprendizaje. La rúbrica describe lo que se espera obtener en cada uno de estos resultados en diferentes estados del transitar de los estudiantes por el plan de estudios. Se usaron los conceptos de rúbricas expuestos por Stevens, et al. (2005), definiendo al menos una dimensión de la rúbrica general para cada nivel empleado de la taxonomía de Bloom

(Conocer, Entender y Aplicar). Se utilizaron y definieron tres escalas para indicar los niveles de rendimiento alcanzados: Ejemplar, Competente y Bajo el estándar. De esta manera es más fácil relacionar cada uno de dichos resultados con los cursos y es más precisa la escogencia de los instrumentos de medición.

Una vez definidas las rúbricas generales, el siguiente paso es, a través de un trabajo en equipo, definir las **conexiones entre los cursos y los resultados de aprendizaje**. Si bien es claro que en muchos cursos se trabaja con varios resultados de aprendizaje, y la tentación es medirlos y reportarlos todos, esto atenta contra la sostenibilidad del modelo por el exceso de trabajo que representa. Es por ello que se definen conexiones primarias y secundarias. Las conexiones primarias determinan que el curso tiene una fuerte contribución al resultado de aprendizaje e indican que ese curso se emplea para medir dicho resultado. Estas conexiones primarias definen la llamada matriz de valoración (ver ejemplo en Figura 2), donde se aprecia qué cursos miden y reportan cada resultado de aprendizaje. Se debe intentar que esta matriz sea lo menos densa posible. El nivel de Bloom es indicado para cada curso en las celdas de la matriz. Al realizar este trabajo se debe tener en cuenta:

- La coherencia entre los resultados de aprendizaje y los objetivos del curso
- La rúbrica general establecida para cada resultado de aprendizaje
- El nivel de Bloom que se espera obtener en el curso
- La progresión a lo largo de la Carrera

Igualmente se tiene una matriz de conexiones secundarias, donde se encuentran los resultados de aprendizaje a los que contribuyen los cursos aunque éstos no sean medidos o reportados al sistema de aseguramiento de calidad.

Tan pronto se ha establecido la matriz de valoración, inicia el proceso cíclico de medición/evaluación/retroalimentación, el cual debe ser llevado a cabo cada año. El ciclo inicia en el segundo semestre del año y termina en el primer semestre del siguiente. Esto permite que en el período inter-semestral de mitad de año se pueda llevar a cabo la labor de evaluación y propuesta de mejoras. Con el objetivo de asegurar la viabilidad del modelo en el tiempo, la valoración de los resultados de aprendizaje es dividida en los dos semestres del año, de tal manera que en un semestre se miden los resultados de aprendizaje de la a) a la f) y en el otro semestre los resultados de la g) a la k) tal y como se muestra en la Figura 2.

Todos los profesores deben participar en el proceso; es muy importante asegurar el compromiso de ellos. Se puede iniciar con los profesores de planta e irlo extendiendo poco a poco hacia los profesores de cátedra. Un profesor es designado como el coordinador de aseguramiento de la calidad y trabaja de manera cercana con el Director del Programa. Para cada resultado de aprendizaje se asigna un coordinador del mismo, el cual es responsable de integrar la información relacionada con el resultado y generar las conclusiones respectivas. Cada curso o grupo de cursos tiene un coordinador que es responsable de integrar la información para el curso.

4. Medición de los resultados de aprendizaje

Como parte integral del proceso descrito se efectúa la medición explícita de los resultados de aprendizaje. Esta medición se realiza con herramientas directas e indirectas.

La valoración empleando medidas directas se basa en los resultados de rendimiento de los estudiantes y es realizada por los profesores durante los dos semestres que dura el ciclo. Solamente se utilizan los cursos obligatorios y disciplinares sobre los cuales el Programa tiene un control directo.

Resultado de Aprendizaje	Curso 1	Curso 2	Curso 3	Curso 4	Curso 5	Curso 6	Curso 7	Curso 8	Curso 9
a		1		2				3	
b	1				2				3
c				1		2	3		
d	1		2			3			
e	1	2							3
f			1	2				3	
g		1			2	3			
h	1		2				3		
i				1	2			3	
j					1	2	3		
k		1	2						3

Ciclo 1: g-k

Ciclo 2: a-f

Figura 2. Matriz de valoración

Con la preparación previa, mencionada en la sección anterior, los profesores dentro de su curso definen los instrumentos o herramientas de medición más adecuadas para valorar los resultados de aprendizaje asignados. Pueden utilizar una o más herramientas. Las herramientas incluyen proyectos, exámenes, documentos y presentaciones orales. El profesor desarrolla en su curso las rúbricas apropiadas, para cada herramienta de medición, que permite valorar el trabajo de los estudiantes.

El siguiente paso debe ser realizado de manera cuidadosa por el profesor (o profesores) del curso. De acuerdo con los resultados de aprendizaje asignados al curso (matriz de valoración) y la rúbrica general definida, se deben seleccionar aquellas dimensiones de las rúbricas usadas en las herramientas de medición escogidas para el curso, que aplican al resultado de aprendizaje, asegurando que esas dimensiones están alineadas con la dimensión correspondiente en la rúbrica general.

Si bien la rúbrica general es usada como guía, la valoración se obtiene directamente de los resultados de los estudiantes en su trabajo durante el curso. Es importante realizar una labor de ponderación correcta para obtener el nivel final del resultado de aprendizaje. Para ello es importante tener en cuenta:

- Cada herramienta de medición empleada para medir el resultado de aprendizaje debe ser ponderada de acuerdo con su porcentaje de importancia dentro del curso.
- Dentro de cada herramienta de medición, se deben ponderar las dimensiones escogidas (las que aplican al resultado de aprendizaje), de acuerdo con su valor porcentual inicial. La suma de porcentajes de las dimensiones que aportan al resultado de aprendizaje dentro de cada herramienta debe corresponder al 100%.

Una vez se cuente con los resultados del rendimiento de los estudiantes, el profesor debe realizar el ejercicio de correspondencia entre los valores de rendimiento de los estudiantes y las dimensiones seleccionadas para el resultado de aprendizaje. Como se mencionó antes, se utilizaron tres niveles en la escala de rendimiento y se valoraron de acuerdo a la gradación empleada en la Universidad así, Ejemplar: estudiante que obtiene una valoración en el 75% superior (valor igual o superior a 3.75 / 5.0), Competente: estudiante que obtiene una valoración en el 60% superior (valor igual o superior a 3.0 / 5.0), Bajo el estándar: estudiante que obtiene una valoración en el 40% inferior (valor inferior a 3.0 / 5.0).

El profesor debe registrar los resultados en un reporte que incluye las dimensiones utilizadas para valorar el resultado de aprendizaje y el porcentaje de estudiantes en cada uno de las escalas de rendimiento. En la figura 3 se presenta un ejemplo de dicho reporte. La primera parte muestra las dimensiones o indicadores de rendimiento empleados para evaluar el resultado de aprendizaje y para cada dimensión, la cantidad y porcentaje de estudiantes en cada escala de medición. En la segunda parte se presenta la valoración final del resultado de aprendizaje empleando la ponderación mencionada anteriormente.

La valoración final del curso corresponde al porcentaje de estudiantes que alcanzaron al menos el nivel competente.

Cada profesor debe recoger evidencia del proceso de valoración. Esto incluye enunciados de las herramientas de medición, resultados reales de los estudiantes, memorias de proyectos, etc.

Al finalizar el semestre, este reporte es entregado al coordinador del resultado de aprendizaje. Los resultados de los diferentes cursos son integrados por el coordinador y se prepara un reporte que contiene, por cada curso que está midiendo el resultado de aprendizaje: el porcentaje de estudiantes en los niveles competente y ejemplar, los instrumentos utilizados para la evaluación, el nivel de Bloom y comentarios sobre los resultados.

Paralelamente, los coordinadores de curso deben recolectar toda la información referente al curso respectivo.

La valoración empleando medidas indirectas se realiza por medio de una encuesta en línea que se aplica a los estudiantes que van a graduarse. Con esta encuesta se pretende conocer la percepción de los estudiantes con respecto a la obtención de las competencias esperadas en los resultados de aprendizaje.

Como se usan dos modalidades para valorar un resultado de aprendizaje, el valor final se obtiene otorgando un 90% al resultado de los estudiantes y un 10% a la encuesta de graduandos.

5. Proceso de Evaluación y retroalimentación

Después de que termina el ciclo anual, los resultados son compartidos y analizados en reuniones formales. Estas reuniones se describen a continuación:

- **Reunión de Resultado de Aprendizaje:** Los coordinadores preparan la información recolectada y convocan a los profesores relacionados. Se define la valoración final del resultado de aprendizaje; esta corresponde al valor del curso más avanzado en el programa y también al nivel de Bloom más alto. Se hace un análisis preliminar de los resultados y se proponen posibles mejoras.

STUDENT OUTCOME:	(e) An ability to identify systems engineering problems and opportunities in several contexts; identify solution alternatives; define criteria for selecting solutions; and, formulate, plan and execute solutions using information technology.										Note: There may be more than one assessment tool for outcome. Not all PI for an assessment tool are necessarily used for one outcome							
COURSE:	Course Name																	
SEMESTER:	1530																	
TOTAL NUMBER OF STUDENTS	24																	
Value of assessment tool in the course	Assesment Tool	# of students who presented the assess.	Performance indicators for the Student Outcome in the assessment tool	Weighted % of each PI used for the S.O., in the AT (sum must be 100 for each A.T.)	Exemplary [5-3,75]		Competent (3,75-3)		Developing. Below standard (3-0)									
5	Project 1st Part	24	Formulate the organization of data required to solve the problem	50	15	0,63	2	0,08	7	0,29								
			Formulate the design of the solution	50	5	0,21	9	0,38	10	0,42								
5	Summary for the A.T.-1	1				0,42		0,23		0,35								
SUMMARY EVALUATION FOR THE OUTCOME:																		
					Exemplary [5-3,75]		Competent (3,75-3)		Developing. Below standard (3-0)									
STUDENT OUTCOME:					41,67%		22,92%		35,42%									
ACCUMULATIVE STUDENT OUTCOME:					41,67%		64,58%		100,00%									

Figura 3. Reporte del curso

- **Reunión Plenaria del Departamento:** A esta reunión asisten todos los profesores y cada coordinador de resultado presenta las conclusiones de la reunión descrita anteriormente. El propósito de este encuentro es evaluar los resultados de la valoración, analizarlos y discutir acciones de mejora. El análisis se hace con base en las competencias requeridas para cada resultado de aprendizaje, aunque también se tratan aspectos relacionados con los cursos. Se analiza el resultado del año y el impacto percibido de acciones previas de mejora.

- **Reunión de cierre:** La Dirección de programa en conjunto con los coordinadores priorizan los cambios planteados y se establece el curso de acción a seguir. Se decide el número de acciones de mejora a implementar en el corto, mediano y largo plazo. La retroalimentación es encausada a través de los coordinadores.

6. Conclusiones

En el presente artículo se ha descrito el modelo de aseguramiento de calidad que se emplea en la carrera de Ingeniería de Sistemas de la PUJ para evaluar cómo están alcanzando los estudiantes y futuros egresados, a lo largo del plan de estudios, las competencias profesionales o resultados esperados de aprendizaje.

Se desarrolló un modelo que sigue los lineamientos de ABET, pero tiene identidad propia al apegarse a la misión de la institución y a las necesidades de los principales actores. El número de medidas es reducido, tratando de garantizar por un lado, la medición del progreso del estudiante mientras avanza en el plan de estudios, y por el otro, la sostenibilidad del modelo en el tiempo, al no recargar con demasiado trabajo a los profesores. A pesar de que existen actores clave como los coordinadores de resultados de aprendizaje, en la definición e implementación del modelo participan todos los profesores.

El Programa lleva un ciclo completo aplicando el modelo y de él han surgido mejoras para los cursos, para los instrumentos de medición, para el Programa y para el proceso mismo.

7. Referencias

Libros

- Anderson, L., Krathwohl. (2000). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Longman, New York
- Stevens, D. and Levi, A. (2005). Introduction to Rubrics, Stylus Publishing, Virginia, USA

Fuentes electrónicas

- ABET, Inc.(2013) Accreditation Board for Engineering and Technology, <http://www.abet.org/>. Consultado en junio 2016.
- Pregrados Facultad de Ingeniería. Ingeniería de Sistemas (2016) <http://ingenieria.javeriana.edu.co/estudiantes/pregrados/ingenieria-sistemas>. Consultado en junio de 2016.

Memorias de Conferencias

- Rogers, G. (2013). ABET Program Assessment Workshop, ABET, Portland, OR, USA

Sobre los autores

- **Mariela Curiel:** Ingeniero en Computación y Magister Cs. de la Computación, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Dr. en Informática, Universidad de las Islas Baleares, España. Profesor de Tiempo Completo. Directora de la Carrera. mcuriel@javeriana.edu.co
- **Germán Chavarro:** Ingeniero de Sistemas y Computación Universidad de Los Andes, Máster en Ciencias de la Computación State University of New York. Profesor de Tiempo Completo. gchavarr@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 © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)