



# CONSTRUCCIÓN DE EVALUACIONES EN CURSOS DE EVALUACIÓN PARA LA ACREDITACIÓN DE ABET

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 algunas recomendaciones para construir evaluaciones, principalmente exámenes, en cursos que se evalúan en el contexto de la preparación de un programa académico para la acreditación de ABET. Este trabajo se basa en el modelo de evaluación de programas académicos sobre el que la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali obtuvo en agosto de 2016 la acreditación de ABET para los programas de Ingeniería Industrial, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Sistemas y Computación en agosto de 2016.

El modelo de la acreditación de programas académicos de ABET se basa en unos pocos principios: primero, comprobar que el programa académico es coherente con la misión de la universidad y las necesidades de los grupos de interés y, segundo, que el programa académico prepara a sus estudiantes para el ejercicio profesional. Con respecto al primer principio, el programa académico debe tener unos objetivos educativos que desarrollen la misión institucional y respondan a los grupos de interés; con respecto al segundo, el programa académico debe tener un currículo a través del cual los estudiantes adquieran los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que les permitan desempeñarse exitosamente en su profesión. De allí que la medición del aprendizaje de los estudiantes sea esencial para la acreditación de ABET.

De lo anterior se desprenden dos conceptos fundamentales en el método de ABET. En primer lugar los "objetivos educativos", (PEOs por su sigla en inglés) son lo que los graduados deberían estar haciendo o haber logrado a un tiempo prudencial desde su graduación, que se entiende por unos tres a cinco años. Es decir, los objetivos educativos no son un perfil de egreso ni un perfil ocupacional, sino que expresan lo que el programa académico espera de sus egresados como profesionales. Usualmente, estos objetivos se redactan en forma relativamente generalista y en términos de las grandes aspiraciones de la educación superior. Los objetivos educativos deben ser consistentes con la misión institucional y responder a los intereses y necesidades de los grupos de interés sobre el programa académico. De allí que sea recomendable construirlos como resultado de una consulta con esos grupos. Por su parte, los llamados "resultados de estudiantes", (SOs por su sigla en inglés) son los conocimientos, habilidades, actitudes y valores que los estudiantes deben haber

adquirido en el programa académico para que alcancen los PEOs. Es decir, los SOs son las competencias que debe desarrollar el programa académico y deben ser, por supuesto, también consistentes con los PEOs. Claramente, los SOs se desarrollan a través del currículo del programa y en cada curso a través de sus objetivos de aprendizaje, metodología y forma de evaluación.

Entonces, se establece una relación fundamental: la misión institucional, los objetivos educativos, los resultados de estudiantes y el currículo. De allí que la medición del aprendizaje de los estudiantes en los cursos sea esencial para determinar si la relación se está cumpliendo en la realidad de la vida del programa académico. El programa académico puede establecer los resultados de estudiantes que desee, pero, como mínimo, debe incluir los que establece ABET a través de sus comisiones de acreditación. En particular, la Comisión de Acreditación de Ingeniería (EAC por sus siglas en inglés), que acredita los programas propiamente de Ingeniería, los SOs son los siguientes, que se conocen coloquialmente como los "A-K".

- 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 las 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.

Como se puede apreciar, estos resultados de estudiantes proponen una educación en ingeniería balanceada entre habilidades claramente técnicas (A, B, C, E, H y K) y otros claramente sociales/profesionales (D, F, G, I y J). Una recomendación es que el programa académico defina indicadores de desempeño para cada uno de los A-K, siendo éstos las acciones que el estudiante debe ejecutar y que le permiten al evaluador medir su nivel de aprendizaje. Conviene que los indicadores de desempeño se redacten en términos de los verbos en infinitivo que corresponden a los niveles de aprendizaje de la Taxonomía de Bloom.

El programa académico debe establecer cómo los A-K soportan los PEOs y cómo el currículo soporta los A-K. Es decir, a cada curso del currículo, dependiendo de su naturaleza, se le deben asignar unos A-K que debe desarrollar. Por supuesto, esto debe resultar de una amplia consulta con todos los profesores del núcleo disciplinar

del programa. No se espera que cada curso desarrolle los 11 A-K pero se debe garantizar que ningún curso se quede sin desarrollar alguno de los A-K y que ninguno de los A-K se quede sin desarrollar. Tal situación impediría la acreditación.

## 2. Modelo de evaluación de cursos

Una característica inherente al modelo de acreditación de ABET es que los programas académicos son libres de escoger su propio modelo de evaluación, i.e. más allá de los principios indicados en la sección anterior, no hay ninguna otra prescripción por parte de ABET.

Por ejemplo, un programa podría escoger hacer la evaluación del logro de los resultados de estudiantes en todos los cursos disciplinares, mientras que otra opción válida es hacer solo en algunos de esos cursos provisto que la evaluación cubra todos los A-K. Otra opción es hacer la evaluación de unos resultados en un semestre y de los otros en otro semestre, pero es igualmente válido hacer la evaluación de todos los A-K en cada semestre. También es válido que unos cursos desarrollen los resultados mientras que la evaluación se haga en otros cursos. Al nivel de cursos, también es válido que la evaluación de los A-K ocurra sólo en algunas pruebas mientras que también puede hacerse en todas las pruebas. Es decir, es el programa académico el que decide la estrategia basado en su idiosincrasia, recursos, cultura organizacional, preparación de los profesores, en fin, es un asunto potestativo únicamente del programa académico bajo la única condición de que el desempeño en los A-K debe evaluarse completa y sosteniblemente sobre un período de observación de varios años. Dado lo anterior, el modelo que escogió la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali se caracteriza por evaluar todos los A-K cada semestre a través de aproximadamente una docena de cursos disciplinares en cada programa académico.

Las siguientes son recomendaciones sobre las formas de evaluar el desempeño en los resultados de estudiantes. Por ejemplo, los exámenes son más apropiados para evaluar los resultados de estudiantes A y E, i.e. aplicación de conocimiento y solución de problemas de ingeniería, respectivamente; los laboratorios son más apropiados para evaluar la habilidad experimental e interpretación de información (resultado de estudiantes B); el trabajo en equipo (resultado de estudiantes D) es más apropiado para evaluación por medio de proyectos; la habilidad de diseño de ingeniería (resultado C) se puede evaluar por medio de proyectos; los estudios de casos y análisis de conflictos y dilemas son indicados para evaluar el resultado F, i.e. la comprensión de los códigos de ética profesional. La comunicación efectiva (resultado G) se puede evaluar por medio de trabajos y proyectos. El resultado H (comprensión de los impactos de las obras de ingeniería) se puede evaluar por medio de análisis de casos. El aprendizaje independiente (resultado de estudiantes I) se puede evaluar por proyectos. El conocimiento de asuntos contemporáneos se puede evaluar por el estudio de casos o análisis de situaciones. Finalmente, la utilización de las herramientas modernas de la ingeniería se puede evaluar por una variedad de instrumentos, i.e. exámenes, exámenes cortos, proyectos y tareas. La evaluación del trabajo en equipo es particularmente desafiante puesto que lo usual es evaluar los

trabajo en equipo por su resultado técnico, sin embargo, en este contexto hay que evaluar la forma como trabajan los equipos, i.e. cómo distribuyen las tareas, cómo cumplen con plazos y metas, como ejercen el liderazgo y cómo resuelven sus conflictos.

Por su importancia y gran tradición en la educación en ingeniería, la construcción de exámenes bajo el método de acreditación de ABET requiere de especial atención y es uno de los objetivos de este trabajo. De nuevo, las recomendaciones presentadas aquí vienen de la experiencia de la acreditación de los programas de la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali. Por razones de espacio no se puede dar todos los detalles de los fundamentos del método, pero el lector puede referirse al trabajo del autor presentado en las memorias del EIEI 2016. En este método, la construcción de exámenes, y en general de cualquier instrumento de evaluación, empieza por la llamada "fórmula curricular del curso". Este es el conjunto de resultados de estudiantes asignados al curso con sus niveles de relevancia. Los niveles de relevancia indican la importancia relativa que tiene un resultado de estudiantes para el curso. Esto se dan en una escala numérica donde el valor de 1 es baja relevancia, 2 es media relevancia y 3 es máxima relevancia. En este método es esencial que los niveles de relevancia no son rótulos sino números. Así, los niveles de relevancia indican los pesos relativos de los A-K en la fórmula del curso. De allí sigue que la evaluación del curso debe hacerse de acuerdo con los pesos relativos, i.e. la nota del curso es el promedio ponderado por los pesos relativos de los desempeños, o notas parciales, en cada uno de los A-K de la fórmula. De nuevo, este es un modelo particular, no muy usual en el contexto de la acreditación de ABET, pero uno que dio las bases para la acreditación en 2016 de los programas de la Facultad de Ingeniería de la Javeriana Cali.

A partir de la fórmula del curso y los pesos relativos lo que sigue es distribuir esos porcentajes a través de los instrumentos de evaluación del curso. Esto no es otra cosa que balancear la evaluación del curso. Como ejemplo en este trabajo se presenta el balance de evaluación del curso de Termodinámica del programa de Ingeniería Industrial.

Tabla 1. Ejemplo de un balance de evaluación.

	Porcentaje	Resultados de estudiantes								$\Sigma$
		A	B	E	F	G	H	J	K	
<b>Pesos relativos</b>		3	2	3	2	2	3	3	2	<b>20</b>
<b>Porcentaje, %</b>		15	10	15	10	10	15	15	10	<b>100</b>
<b>Examen 1</b>	25	20	10	20	10	10	10	10	10	<b>100</b>
<b>Examen 2</b>	25	20	10	20	10	10	10	10	10	<b>100</b>
<b>Examen final</b>	25	20	10	20	10	10	10	10	10	<b>100</b>
<b>Proyecto</b>	15		5		5	5	20	20	5	<b>60</b>
<b>Tareas</b>	10		5		5	5	10	10	5	<b>40</b>
<b>Total</b>	100	60	40	60	40	40	60	60	40	<b>400</b>
<b>Porcentaje, %</b>		15	10	15	10	10	15	15	10	<b>100</b>

Como se ve en la Tabla 1, la fórmula del curso es A=3, B=2, E=3, F=2, G=2, H=3, J=3 y K=2. Es decir, el curso tiene que desarrollar con máxima relevancia la aplicación de conocimiento, la solución de problemas de ingeniería, la comprensión de los impactos de la ingeniería y el conocimiento de asuntos contemporáneos, y tiene que desarrollar con un nivel medio de relevancia la interpretación de información, la responsabilidad ética, la comunicación efectiva y el uso de herramientas de ingeniería. Se trata, por supuesto, de una proposición novedosa en el contexto convencional de un curso de Termodinámica para Ingeniería. Así, para desarrollar y evaluar los resultados F, G, H y J la solución fue introducir in capítulo sobre la relación entre el sistema energético mundial y el cambio climático. Era apenas oportuno hacerlo en el contexto de un curso de termodinámica en el cual en muchas oportunidades se ejemplariza sobre ciclos de potencia y sistemas de generación de energía. Pasando a las cifras de la Tabla 1, se ve lo siguiente:

- La primera fila son los niveles de relevancia.
- La segunda fila son los pesos relativos, en porcentaje, derivados de los niveles de relevancia.
- La segunda columna indica los pesos relativos, también en porcentaje, de los instrumentos de evaluación del curso indicados en las filas de la tercera a la séptima.
- Las cifras en las celdas de los cruces entre los resultados de estudiantes y los instrumentos son los porcentajes que tienen cada uno de los resultados en los instrumentos. Por ejemplo, el resultado A tiene el 20% en los exámenes y así sucesivamente.
- Las filas novena y décima reproducen los pesos relativos de los resultados de estudiantes, que coinciden con los pesos relativos de la segunda fila.

Entonces, se ve que la matriz de evaluación está balanceada por filas y por columnas. Cada uno de los cursos de evaluación tiene un balance análogo. Lógicamente, el balance de este ejemplo es relativamente sencillo porque la fórmula suma 20 y los pesos relativos son cantidades de 10 y 15. Para fórmulas diferentes no se puede garantizar que el ejercicio sea tan sencillo y lo usual es dar un margen de tolerancia en el balance. Pero eventualmente, es un ejercicio que se puede hacer.

A partir del balance de evaluación del curso sigue la construcción de cada una de las evaluaciones. En este trabajo se presentan los balances de los tres exámenes de recientes ediciones de Termodinámica. En la Tabla 2 va el primer examen parcial, en la Tabla 3 va el segundo y en la Tabla 4 va el examen final.

Tabla 2. Ejemplo de construcción de un examen parcial

	A	B	E	F	G	H	J	K	Total
<b>Teoría</b>	20								20
<b>Análisis 1</b>				5	5	5	5		20
<b>Análisis 2</b>				5	5	5	5		20
<b>Problema 1</b>		5	10					5	20
<b>Problema 2</b>		5	10					5	20
<b>Total</b>	20	10	20	10	10	10	10	10	100

La Tabla 2 muestra el balance del primer examen parcial del primer semestre de 2017. Se ve que la distribución fue que el resultado A se evaluara únicamente a través de preguntas sobre la teoría relativa a los conceptos termodinámicos fundamentales y las propiedades de sustancias puras. Las preguntas de análisis se dejaron para evaluar los resultados F, G, H y J. Los dos problemas típicos de termodinámica se dejaron para evaluar la interpretación de información, la solución de problemas y las herramientas de ingeniería.

En la tabla 2 se muestra la distribución del segundo parcial en el segundo semestre de 2016. En este caso, el resultado de estudiantes A se distribuyó entre preguntas de teoría, sobre la primera y segunda leyes de la termodinámica, y en los dos problemas. Por su parte, un solo caso de análisis evaluó los resultados F, G, H y J. Los dos problemas evaluaron los resultados A, B, E y K.

Tabla 3. Ejemplo de construcción de un examen parcial

	A	B	E	F	G	H	J	K	Total
<b>Teoría</b>	10								<b>10</b>
<b>Análisis</b>				10	10	10	10		<b>40</b>
<b>Problema 1</b>	5	5	10						<b>20</b>
<b>Problema 2</b>	5	5	10					10	<b>30</b>
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Tabla 4. Ejemplo de construcción de un examen (examen final).

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

La Tabla 4 muestra la distribución del examen final del primer semestre de 2017. De nuevo, es una distribución diferente a los otros dos exámenes.

Estos ejemplos muestran que el profesor puede escoger libremente la distribución de evaluación toda vez que respete el balance global de evaluación del curso. Para el curso en cuestión, se ve que tres balances diferentes satisfacen los pesos relativos de los resultados de estudiantes en los exámenes del curso. Así, el método es suficientemente flexible para permitirle al profesor adaptar el balance de evaluación según el estado del curso y los contenidos sobre los que versan los exámenes.

Los indicadores de desempeño definidos para cada uno de los A-K permiten evaluar el nivel de aprendizaje del estudiante. Sin embargo, conviene que el profesor establezca guías muy precisas de qué debe hacer el estudiante en cada elemento del examen, o de las evaluaciones en general. Algunos ejemplos para el curso en cuestión son:

- Resultado de estudiantes A: identificar las definiciones de los conceptos termodinámicos, identificar los estados en la superficie termodinámica, formular

balances de materia y energía, aplicar la segunda ley de la termodinámica y formular balances de entropía.

- Resultado de estudiantes B: identificar las restricciones en cambios de estado para calcular estados finales.
- Resultado de estudiantes E: calcular el trabajo ejecutado en cambios de estado, desarrollar balances de materia y energía para calcular el calor en cambios de estado y procesos, calcular la eficiencia térmica de ciclos de potencia y refrigeración, calcular el cambio total de entropía en cambios de estado y procesos, calcular la irreversibilidad total y eficiencia de segunda ley en procesos.
- Resultado de estudiantes F: se puede evaluar por medio de dilemas morales en torno a problemas como inequidad en el uso per cápita de energía y emisiones de dióxido de carbono.
- Resultado de estudiantes G: se puede evaluar a través de los textos que escriben los estudiantes en las preguntas de análisis. Se puede evaluar sintaxis, uso del idioma, flujo y claridad de ideas y ortografía.
- Resultado de estudiantes H: se evalúa por medio del conocimiento que muestran los estudiantes sobre la conexión entre el sistema energético y el calentamiento global.
- Resultado de estudiantes J: se evalúa por el conocimiento de tecnologías de energía renovable, por ejemplo.
- Resultado de estudiantes K: se evalúa por la exactitud de cálculos.

Para terminar, la evaluación del resultado F es particularmente desafiante e interesante. Se puede plantear el siguiente dilema: "para mitigar en gran medida las emisiones de dióxido de carbono, para mediados de este siglo, el sistema de energías renovables de cero emisiones deberá haber reemplazado un gran porcentaje del consumo de combustibles fósiles. De allí, se espera que esos combustibles pierdan su valor de mercado en gran medida. Colombia es un país exportador de combustibles fósiles y de allí deriva unos ingresos importantes, entonces, ¿Colombia debería oponerse a la mitigación de cambio climático?" Claramente este es un dilema moral que el estudiante debe resolver con una buena argumentación. No se trata de evaluar la respuesta políticamente correcta que el profesor espera sino la argumentación del estudiante. Si el estudiante argumentara que Colombia debería seguir manteniendo esos ingresos para soportar servicios públicos para los más necesitados, podría tener un desempeño medio; pero si dijera que Colombia no puede oponerse a una iniciativa universal y que debería diversificar sus exportaciones para no perder esos ingresos, tendría un alto desempeño. Es decir, se trata de evaluar la argumentación y no la respuesta per se.

### 3. Conclusiones

La evaluación de cursos en el modelo de ABET plantea interesantes desafíos para la construcción de evaluaciones. Bajo este método no es posible evaluar a la vieja usanza de calificar solo el resultado final. Hay que diseñar las evaluaciones de modo que el desempeño del estudiante se vea desde varias perspectivas, cada una de las



cuales es un resultado de estudiantes. De esa forma el desempeño global del estudiante resulta de un análisis mucho más detallado y profundo. Es claro que el método impone para los profesores más trabajo a la hora de diseñar evaluaciones, pero vale la pena puesto que produce una información de mejor calidad sobre el aprendizaje de los estudiantes.

### Sobre el autor

- **Jorge Francisco Estela**, Ingeniero Químico, Doctor en Filosofía de la Universidad de Londres – Imperial College. Profesor Titular. [jfe@javerianacali.edu.co](mailto: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 © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)