

## CONSTRUCCIÓN COLEGIADA Y APLICACIÓN DE UN EXAMEN CRITERIAL ALINEADO CON EL CURRÍCULO PARA EVALUAR A GRAN ESCALA UN CURSO DE CÁLCULO DIFERENCIAL

José Alvaro Encinas Bringas, Ruth Rivera Castellón y Maximiliano De Las Fuentes Lara  
Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California. (México)  
[aencinasb@uabc.mx](mailto:aencinasb@uabc.mx), [ruthrc58@uabc.mx](mailto:ruthrc58@uabc.mx), [maximilianofuentes@uabc.mx](mailto:maximilianofuentes@uabc.mx)

Campo de investigación: medición. Nivel educativo: superior

Palabras clave: examen, colegiado, criterial, cálculo

### Resumen

Se describe un procedimiento para desarrollar exámenes criterioles de gran escala, de opción múltiple, alineado con el currículo, cuyo propósito es conocer el nivel de aprendizaje de los estudiantes al finalizar el curso. Se aplicó a la materia de Cálculo Diferencial cursada semestralmente por 700 estudiantes en promedio, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Una vez desarrollados, los ítems y modelos de examen fueron sometidos a una prueba empírica con una pequeña muestra de alumnos, a fin de calibrarlos antes de su aplicación a gran escala. Con los resultados de estos exámenes, es posible identificar problemáticas de enseñanza y aprendizaje, tomando acciones para su resolución. Los procedimientos ejecutados en este caso pueden aplicarse sin mayor modificación a otros cursos.

### Introducción

En el año de 2004, la Subsecretaría de Educación Superior (SESIC) y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) publicaron una convocatoria para diseñar instrumentos de evaluación colegiada del aprendizaje. En respuesta, varios grupos de académicos presentaron proyectos y cinco de ellos, entre ellos éste, obtuvieron financiamiento para desarrollar sus propuestas.

La convocatoria especificó que quienes resultaran apoyados, recibirían capacitación y asesoría para la construcción de los exámenes por parte del Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo (IIDE) de la UABC. La construcción de los instrumentos dio inicio con el caso de los modelos de examen para la materia Matemáticas I (Cálculo Diferencial) en la Facultad de Ingeniería, Unidad Mexicali (FIM).

En la actualidad, un problema relevante para las instituciones educativas, relacionado con el crecimiento del número de profesores y estudiantes, radica en conocer con precisión y justicia el nivel de aprendizaje que logran los alumnos. En Mexicali, la FIM cuenta con 4000 alumnos, alrededor del 50% están en la etapa básica y cursan alguna materia de matemáticas. En particular, Matemáticas I ofrecida en primer semestre, es cursada por 700 estudiantes en promedio.

En esta institución educativa, Matemáticas I tiene una alta reprobación, alrededor del 65 % en examen ordinario, generando con ello retraso y abandono escolar. Se sabe que estos porcentajes de reprobación son relativos, puesto que en general los profesores asignan diferente peso a diferentes temas. Un examen colegiado propicia estándares de ejecución comunes como base para estimar la calidad en el aprendizaje y de alguna manera puede reorientar la actividad de los profesores hacia el uso de prácticas innovadoras en temas identificados como difíciles. Además, puede ser un instrumento para responsabilizar al estudiante de su propio aprendizaje, ya que el proceso de implementación del examen exige que el contenido a evaluar sea socializado.

## Construcción del examen

Para construir el examen se adoptó el modelo de Nitko (1994) para desarrollar exámenes nacionales orientados por el currículum. Dicho modelo se complementa por la metodología para la construcción de test criteriales de Popham (1990) y con aportaciones metodológicas y operativas de Contreras (1998, 2000). El examen desarrollado tiene las siguientes características: a) criterial, este tipo de prueba tiene el propósito de evaluar el aprendizaje informando que puede hacer o no el examinado; b) alineado con el currículum, se desprende una actividad para identificar lo esencial de éste y evaluarlo; c) opción múltiple, se pide al estudiante elegir la respuesta correcta o mejor opción de entre las que se ofrecen d) a gran escala, su aplicación corresponde a todos los grupos que toman una cierta materia. A continuación se presenta en la tabla 1, parte del modelo de Nitko (1994) utilizado para la construcción del examen:

Tabla 1. Proceso general seguido para diseñar la prueba

Etapa	Procedimientos
1. Definir el dominio de resultados que pretende el currículum	Selección y capacitación del comité diseñador del examen
	Análisis del contenido curricular del programa de estudios
	Análisis complementario por profesores en servicio
2. Analizar el currículum	Elaboración de la retícula del contenido a evaluar
3. Desarrollar el plan de evaluación	Muestreo de resultados de aprendizaje a evaluar
	Capacitación del comité elaborador de especificaciones
	Diseño de especificaciones de ítems
4. Producir y validar ítems	Capacitación del Comité elaborador de ítems
	Elaboración de ítems según las especificaciones
	Revisión de la congruencia ítem-especificación
	Ensayo empírico y revisión de ítems
	Estructuración de una muestra de ítems representativa del dominio curricular
	Ensayo empírico de gran escala y revisión de ítems

Para realizar las actividades que establece el modelo, se constituyeron tres comités especializados y uno organizador de las acciones:

- *Comité coordinador*: integrado por especialistas en planeación y evaluación educativas del IIDE y la FIM, el cual estuvo encargado de coordinar el diseño, elaboración y validación de los modelos de examen. Para realizar dichas acciones, el comité desarrolló y seleccionó diversos materiales apoyando la capacitación necesaria para diseñar, elaborar, aplicar y evaluar la prueba.

Los siguientes comités integrados cada uno por tres profesores en servicio con experiencia docente y dominio del contenido curricular de Cálculo Diferencial.

- *Comité diseñador del examen*: su función consistió en analizar el programa de estudios vigente, detectar y estructurar el universo de contenido del mismo, determinar el contenido importante a evaluar y sintetizar las decisiones correspondientes a dichas acciones en un plan de evaluación para la prueba.
- *Comité de especificaciones*: a cargo de la elaboración de las especificaciones de reactivos del examen.

- *Comité de reactivos*: encargados de elaborar los ítems de opción múltiple correspondientes a cada modelo de examen.

La capacitación de los miembros de los comités técnicos operó mediante la modalidad de curso-taller. Los participantes primero revisaron los aspectos conceptuales y metodológicos; posteriormente los aplicaron y presentaron los productos elaborados, para posteriormente ser retroalimentados y corregidos hasta obtener su versión final. Los productos debieron ser consensados tanto por los miembros de cada comité, como por los profesores que integran la academia del área de matemáticas.

Una vez elaborados los reactivos y estructurados en modelos de examen, estos fueron aplicados a una pequeña muestra de alumnos a fin de calibrarlos. Así, tras su ensayo empírico, se efectuó un análisis de reactivos para detectar los que tienen dificultad inadecuada, discriminación impropia y opciones no seleccionadas, entre otros problemas. Posteriormente, a partir de los resultados de dicho análisis, se procedió a revisar y corregir los reactivos que presentaron fallas y a estructurar de nueva cuenta la versión definitiva de los modelos de examen que se aplicaron a gran escala. Finalmente se obtuvieron tres modelos de examen llamados A, B y C. Cada uno con 75 reactivos de opción múltiple.

Algunos de los productos mencionados pueden ser consultados en la página WEB de la Facultad de Ingeniería de la UABC: <http://ingenieria.mx1.uabc.mx/~tc/examenColegiado/examenColegiado.html>

### Evaluación de conceptos del cálculo

Se consideró que la evaluación sobre el aprendizaje de un concepto del cálculo, puede incluir reactivos que evalúen el dominio que logró el examinado sobre los atributos que lo definen, prueben su poder de distinguir ejemplos y no-ejemplos del concepto, así como la habilidad para ubicar el concepto en la red conceptual a la que pertenece (Castañeda, 1996).

Los conceptos matemáticos son abstractos; para su enseñanza se recurre a su representación gráfica, analítica, numérica, así como al tránsito entre ellas, por tal motivo habrá que evaluar esas diversas representaciones y correspondientes tránsitos. Se presentan dos reactivos que fueron elaborados siguiendo los criterios antes señalados:

**Reactivo 1.** Selecciona la gráfica que no representa una función:

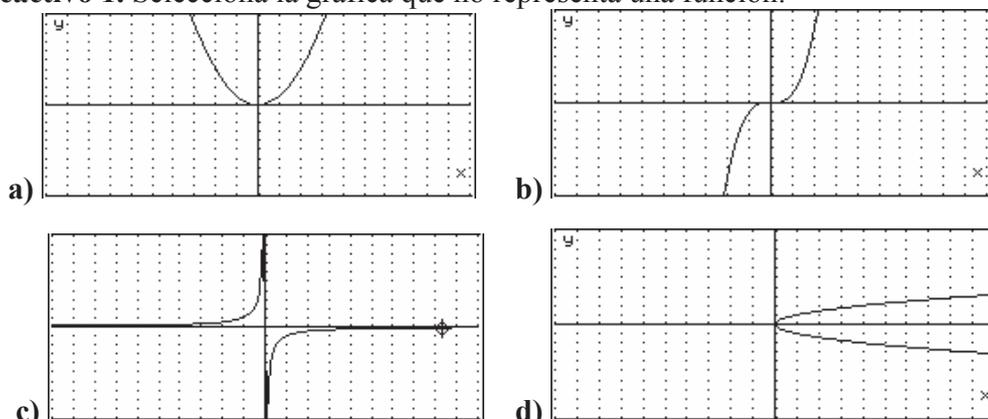


Figura 1.

Este reactivo explora el dominio de no-ejemplos, en este caso la gráfica que no corresponde a la representación de una función.

**Reactivo 2.** ¿Cuál de las siguientes expresiones algebraicas representa a una función?

- a)  $y^2 = x^2 + 4$       b)  $y^2 + x^2 = 9$       c)  $y = \pm \sqrt{16 - x^2}$       d)  $y = 4 - x^2$

Este reactivo investiga la identificación de ejemplos, en este caso la representación algebraica de una función.

## 2.2 Evaluación de procedimientos del cálculo

Para evaluar el aprendizaje de procesos en el cálculo, se consideró necesario explorar si el examinado tiene dominio de:

a) Los requisitos teóricos y prácticos del procedimiento, b) las condiciones o contexto de uso para su aplicación; es decir cuándo, cómo y dónde emplearlo; que casos resuelve, etc. y c) el dominio sobre las diferentes etapas o secuencia de operaciones del procedimiento (Castañeda, 1996).

Se presenta un ejemplo para ilustrar el diseño de la evaluación del dominio de los procedimientos en el examen:

**Reactivo.** En un problema en el cual se busca minimizar una variable  $x$ , habiendo obtenido un valor  $x = c$  candidato para ser solución, ¿Qué se tiene que hacer antes y después de haberlo obtenido?

- a) Antes: encontrar  $f'(x) = 0$  y despejar  $x$ ; después: encontrar  $f''(c)$   
b) Antes: encontrar  $f(x) = 0$  y despejar  $x$ ; después: encontrar  $f'(c)$   
c) Antes: encontrar  $f'(x) = 0$  y despejar  $x$ ; después: encontrar  $f(x) = 0$   
d) Antes: encontrar  $f'(x) = 0$  y despejar  $x$ ; después: encontrar  $f''(x) = 0$

Este reactivo explora el dominio de las etapas o secuencia de un procedimiento.

## Aplicación del examen

El examen se ha aplicado a gran escala durante los semestres 2005-2 a 669 estudiantes y el 2006-1 a 475. Los 75 reactivos por examen se dividieron en dos partes: la primera, a mitad del semestre y la segunda al final, en sesiones de dos horas cada una. La aplicación se ha hecho durante esos semestres en papel y lápiz, esperando próximamente terminar la elaboración de un software que administre en computadora el examen.

A cada profesor se le entregan los resultados del examen por alumno. Por acuerdo de la academia, se le asignó un peso del 30 % en la calificación semestral del estudiante, con la finalidad de asegurar su interés al responder el examen.

Los datos obtenidos de las respuestas del examen son organizados en una matriz de igual número de renglones que de estudiantes toman el examen y 75 columnas, una para cada reactivo. Utilizando un software adecuado, se captan en computadora las respuestas de los examinados. Para cada pregunta se calcula el índice de dificultad y de discriminación.

## Discusión y comentarios finales

### Sobre la construcción del examen

Entre las principales dificultades enfrentadas durante el proceso de elaboración del examen, se destaca la relacionada con la cultura evaluativa del profesor tradicional de matemáticas. Por ejemplo, la reticencia a considerar que un examen de opción múltiple pueda indagar sobre el dominio de un concepto o procedimiento matemático. Fue necesario romper ese paradigma en los profesores participantes.

En la construcción del examen se involucró directamente a 15 académicos y de manera indirecta al resto de profesores de la academia de matemáticas. Debido a la experiencia de la aplicación del examen, ha surgido la inquietud por parte de los profesores de mejorar el proceso de evaluación en sus cursos normales.

La actividad del proceso de desarrollo del examen por sí misma ha sido un excelente ejercicio de vida colegiada, donde los profesores de esta facultad, estamos entrando en una etapa de efervescencia y discusión académica: qué enseñar, cómo, con qué tecnología, etc.

Respecto a los reactivos presentados, dentro de los límites que imponen los ítems de opción múltiple, estos satisfacen las expectativas para efectuar una evaluación más auténtica de conceptos y procedimientos sin recurrir a los reactivos de ejecución que, aunque más ecológicos, son imprácticos en la evaluación a gran escala (Contreras, 2005).

Actualmente, la experiencia en la construcción del examen en matemáticas I se está transfiriendo al curso de matemáticas II (Cálculo Integral).

### Sobre la aplicación del examen

El tipo de acciones realizadas luego de la aplicación masiva del examen se ilustran con el caso siguiente:

El reactivo no. 15 que se muestra a continuación fue contestado correctamente por 123 de los 669 estudiantes lo cual arroja un índice de de dificultad de 0.18.

**Reactivo 15.** Si  $f(x)$  es representada por la gráfica de abajo-izquierda, entonces la de abajo-derecha corresponde a:

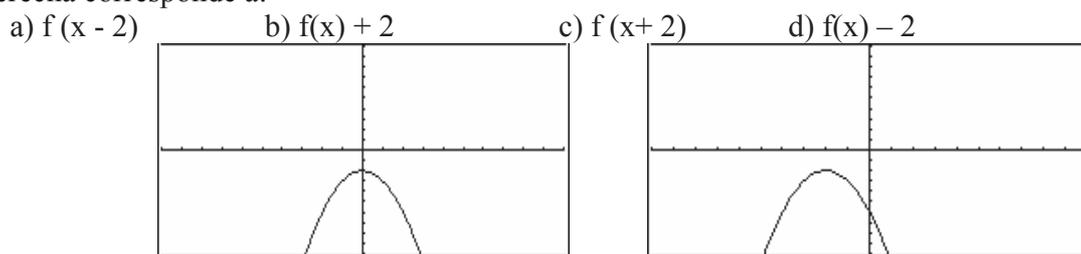


Figura 2.

Este reactivo evalúa el contenido de graficación de funciones por parámetros, el cual no puede considerarse complejo conceptual o procedimentalmente. El desempeño sugiere que los profesores no están utilizando la suficiente tecnología para su enseñanza, tal como la calculadora graficadora o algún software para computadora. Esta situación revelada vía el examen, ha propiciado la aceptación entre los profesores reacios al uso de recursos tecnológicos, la búsqueda de actualización en su uso para la enseñanza del cálculo.

Además, se ha encontrado una tendencia a la baja semestre tras semestre, en los índices de reprobación de este curso a partir de la aplicación de los exámenes. Se atribuye a una mejora en el desempeño cotidiano de los docentes y de los estudiantes.

Finalmente se subraya que el fin último del diseño e implementación del examen construido colegiadamente es buscar la mejora en la enseñanza y aprendizaje del curso, en este caso, Matemáticas I.

### **Referencias bibliográficas**

- Contreras, L.A. (1998). *Metodología para desarrollar y validar un examen de español, de referencia criterial y referencia normativa orientado por el currículum, para la educación primaria en México*. Memorias del III Foro Nacional de Evaluación Educativa. Veracruz. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior.
- Contreras, L.A. (2000). *Desarrollo y pilotaje de un examen de español para la educación primaria en Baja California*. Tesis de maestría, obtenida el 16 de agosto de 2005 del sitio Web <http://eduweb.ens.uabc.mx/egresados/index.html> .UABC.
- Contreras, L.A., Encinas, J.A., De las Fuentes, M., Rivera, R.E.(2005) *Evaluación Colegiada del aprendizaje en la Universidad Autónoma de Baja California*. Ponencia presentada en VIII Congreso Nacional de Investigación Educativa . Hermosillo, Sonora.
- Castañeda, M. (1996). *Análisis del aprendizaje de conceptos y procedimientos*. México: Trillas.
- Hitt F. (1998). Visualización matemática, representaciones, nuevas tecnologías y currículum. *Revista educación Matemática*, Vol.10, #1.
- Martínez, F., Backhoff, E., Castañeda S., De la Orden, A., Schmelkes, S., Solano-Flores, Tristán, G., y Vidal, R. (2000). *Estándares de Calidad para Instrumentos de Evaluación Educativa*. México. CENEVAL.
- Nitko, A.J. (1994). *A Model for Developing Curriculum-Driven Criterion-Referenced and Norm-Referenced National Examinations for Certification and Selection of Students*. Ponencia presentada en la Conferencia Internacional sobre Evaluación y Medición Educativas, de la Asociación para el Estudio de la Evaluación Educativa (ASSESA).
- Popham, J.(1990). *Modern educational Measurement: a practitioner's perspective*. (2a. ed.). Allyn and Bacon, MA.
- Robredo, J.M., Ledezma, R. y Alvarado, J.F. (1983). *Reticulación: una estrategia para la elaboración de programas de estudio*. UNAM. Tesis de licenciatura.
- Stewart, J. (2001). *Cálculo de una variable*. México. Ed. Thomson-Learning.