

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL EXAMEN DE UBICACIÓN DE MATEMÁTICAS (EXUMAT)

EDUARDO BACKHOFF
ESCUADERO*
JOSÉ LUIS RAMÍREZ
CUEVAS**
LÁZARO DIBUT
TOLEDO***

* Instituto Nacional
para la Evaluación de la
Educación.
** Universidad
Autónoma de Baja
California.
*** Universidad de
Cienfuegos, Cuba.
Correo e:
backhoff@inecemexico.org
Ingreso: 22/08/05
Aprobación: 03/09/05

Resumen

El presente trabajo tiene el objetivo de describir el Examen de Ubicación de Matemáticas (Exumat) y el Sistema de Exámenes Adaptativos (SEA), así como el de exponer los resultados de su aplicación a estudiantes de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). El Exumat es un examen computarizado de Matemáticas, fundamentado en la Teoría de Respuesta al Ítem (TRI) que puede administrarse en forma adaptativa y que es capaz de calificar reactivos de matemáticas de respuesta construida. Tanto el examen como su interfaz computarizada se han venido afinando y, aunque todavía no están completamente terminados, en su estado actual ya es posible utilizarlos en evaluaciones de gran escala. Los resultados muestran que la información que proporciona el Exumat es de gran utilidad para las instituciones educativas.

Palabras clave: Evaluación computarizada, aprendizaje, habilidades cognitivas.

Palabras clave:

Abstract

The purpose of this document is to briefly describe Exumat and the Adaptation Exam System (SEA, Sistema de Exámenes Adaptativos), as well as to extensively talk about results of their application to students of Engineering at the Autonomous University of Baja California (UABC). The Exumat is a computer based math exam based on the Item Answering Theory (TRI Teoría de Respuesta al Ítem) which may be applied in an adaptation manner and which rates mathematics constructed answer reactivities. Both the exam and its computer based interphase have been improved; even though they are not completely finished yet it is now possible to use them for large scale evaluations. Results show that data provided by Exumat is of great help for education institution.

Key words: Computing evaluation, learning.

En las últimas dos décadas, el impacto que ha tenido el uso de la computadora en la educación ha sido muy positivo y esperanzador. Las nuevas tecnologías digitales permiten realizar tareas que anteriormente eran imposibles de llevar a cabo por su gran complejidad y laboriosidad, condición que está revolucionando la gran gama de actividades pedagógicas y administrativas que se realizan en las instituciones educativas. Esto es especialmente cierto en el nivel de educación superior donde se cuenta, por lo general, con buena infraestructura informática, especialistas en cómputo y tecnología educativa, así como con políticas educativas que alientan la innovación en los procesos escolares.

Una de las áreas en que ha impactado fuertemente las nuevas tecnologías de la información es la evaluación del aprendizaje, especialmente la de gran escala que se utiliza para propósitos de selección, diagnóstico y certificación. Por lo anterior, es común que en las universidades de muchos países industrializados los exámenes computarizados empiecen a sustituir a las evaluaciones tradicionalmente diseñadas para lápiz y papel. Lo anterior se ha venido reforzando por las evidencias científicas que documentan las muchas ventajas que ofrece este tipo de evaluaciones cuando las pruebas son válidas y confiables, y se realizan considerando lineamientos profesionales como los de la Asociación Americana de Investigación Educativa (AERA) (1999).

Los exámenes computarizados representan un gran avance en la administración de la evaluación educativa y ofrecen muchas ventajas sobre las pruebas de lápiz y papel, tales como: 1) mejorar la presentación de la prueba (Backhoff *et al.*, 1994); 2) hacer más rápida la captura y codificación de respuestas (Sangwin, 2003); 3) hacer más confiable y expedito el proceso de calificación, el reporte e interpretación de resultados (Hargreaves *et al.*, 2004); 4) presentar correlaciones muy altas entre los reactivos de ambas versiones (Raikes & Harding, 2003); 5) ser más atractivos para las personas evaluadas (Backhoff *et al.*, 1995) y 6) incrementar la eficiencia de la administración

de las pruebas y reducir los costos de operación (Threalfall & Pool, 2003).

Con la nueva tecnología digital se empiezan a diseñar y a desarrollar nuevos modelos más sofisticados de evaluación. Bunderson, Inouye y Olsen (1993) hablan de cuatro generaciones de la evaluación asistida por computadora. Cada una de ellas representa un avance sobre la otra, lo que implica un incremento en su poder y sofisticación:

1. Evaluación computarizada. Administra los exámenes convencionales de opción múltiple por computadora.
2. Evaluación adaptativa. Presenta las preguntas de acuerdo a las respuestas del estudiante y a las características de los reactivos.
3. Evaluación continua. Estima los cambios en la trayectoria del aprendizaje curricular del estudiante.
4. Evaluación inteligente. Produce, interpreta y genera perfiles de los resultados del estudiante con base en conocimientos y procedimientos de inferencia.

Con la idea de incursionar en la primera generación de pruebas, en 1994 diseñamos y desarrollamos el Sistema Computarizado de Exámenes (Sicodex) con el cual se administró la versión de lápiz y papel del examen de admisión de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), conocido como el Exhcoba (Backhoff *et al.*, 1994; 1995); examen que actualmente se utiliza en varias universidades públicas del país, y que ha probado su eficiencia a lo largo de una década.

Posteriormente, con el propósito de incursionar en la segunda generación de pruebas, en 1996 iniciamos la construcción del Examen de Ubicación de Matemáticas (Exumat) y el Sistema de Exámenes Adaptativos (SEA). Este examen se diseñó con el propósito de conocer el nivel de habilidad matemática de los estudiantes que ingresan a la universidad y, con ello, poder seleccionar estrategias adecuadas que busquen

resolver sus deficiencias matemáticas; por su parte, el SEA se desarrolló para poder administrar el exumat en forma computarizada, considerando sus características particulares (Dibut *et al.*, 2003).

Este examen computarizado (Exumat-SEA) se probó por primera ocasión en 2002 con alumnos del último año de bachillerato y del primer año universitario del Centro de Enseñanza Técnica y Superior (CETYS). El examen se depuró con base en la información recabada y se hizo una segunda versión del mismo. Posteriormente en 2003 se volvió a probar esta nueva versión con estudiantes de la UABC de las distintas carreras profesionales que se ofrecen en el *campus* Ensenada. Con los resultados de esta nueva aplicación se calibraron los reactivos con los que se conformó la última versión del Exumat. Esta versión se aplicó en octubre de 2004 a los estudiantes universitarios de primer ingreso de la Facultad de Ingeniería de Ensenada y Mexicali de la UABC, con el fin de conocer sus habilidades matemáticas y tomar las medidas correctivas pertinentes, tales como: cursos remediales, asesorías individuales, etcétera (Dibut *et al.*, 2005).

Habiendo probado la utilidad de este examen y la eficiencia de su interfaz computarizada, el propósito de este trabajo es dar a conocer sus características básicas, así como ejemplificar el tipo de información que proporcionan, utilizando los resultados obtenidos de su última aplicación.

Examen de ubicación de matemáticas

Como ya se mencionó, el Exumat se diseñó con el objetivo de identificar los conocimientos y habilidades matemáticas de los estudiantes que ingresan al nivel de educación superior. Su propósito es evaluar las competencias de los alumnos en la materia de acuerdo al *currículum* oficial de primaria y secundaria, así como los aprendizajes básicos del *currículum* de bachillerato; es decir, aquellos contenidos que son invariantes del

currículum de matemáticas. Cuando hablamos de invariantes nos referimos a aquellos contenidos que son básicos y esenciales para la comprensión de otros contenidos de la asignatura.

El examen se divide en tres grandes secciones: nivel de primaria, nivel de secundaria y nivel de bachillerato. Las áreas temáticas constituyen los núcleos fundamentales de los contenidos de los reactivos del examen, las que se enlistan a continuación:

- Nivel de primaria: números naturales; números fraccionarios; números decimales; longitudes, áreas y volúmenes; capacidad, peso y tiempo; cuerpos y figuras geométricas; tratamiento de la información; predicción y azar.
- Nivel de secundaria: Números naturales y decimales, y sus operaciones; sistemas de numeración; números con signo; números primos y compuestos; porcentaje; iniciación al lenguaje algebraico; pre-álgebra; probabilidad; ecuaciones y sistemas de ecuaciones; operaciones con monomios y polinomios; ángulos entre paralelas y una secante; equivalencias de figuras y cálculo de áreas; sólidos; raíz cuadrada y cálculo aproximado; fracciones algebraicas; productos notables y factorización; triángulos y cuadriláteros; círculo; el teorema de Pitágoras; elementos de trigonometría.
- Nivel de bachillerato: el sistema de los números reales; productos notables; factorización; leyes de los exponentes; ecuaciones racionales lineales con una variable; inecuaciones lineales con una variable; ecuaciones cuadráticas; ángulos su medición en grados y radianes; la circunferencia unitaria y las funciones trigonométricas definidas en esta figura; triángulos oblicuángulos; leyes de senos y cosenos; regresión y correlación lineal; conceptos básicos de coordenadas rectangulares; la línea recta; la circunferencia; la parábola; la elipse; distribuciones de probabilidad; funciones; límite de una función; derivación de funciones algebrai-

cas; derivadas de funciones trascendentes; máximos y mínimos de funciones; fórmulas fundamentales de integración; integración utilizando cambio de variable; la integral definida.

Las áreas temáticas anteriormente descritas se avalúan con 283 reactivos, que han sido calibrados con el programa BILOG (v. 3.11) con el modelo de dos parámetros (dificultad y discriminación) y el método logístico de Máxima Verisimilitud (Bock & Aitkin, 1981). Los reactivos se encuentran ordenados de acuerdo con su: 1) dificultad pedagógica, es decir, el grado escolar en que se imparten sus contenidos y 2) dificultad

empírica, es decir, la ejecución de los alumnos en el examen.

A diferencia de otras pruebas de logro académico, basadas en la Teoría Clásica de la Medida, los resultados del Exumat se presentan en una escala que utiliza la Teoría de Respuestas al Ítem (Martínez, 2002; Ackerman *et al.*, 2003). Así, la habilidad matemática cubre un rango de -3 a $+3$, siendo el 0 la puntuación media. La Figura 1 representa gráficamente la escala de puntuación teórica para el caso de este examen de matemáticas. Como se puede apreciar, la escala es un continuo donde las puntuaciones negativas significan menor habilidad y las positivas significan mayor habilidad.

Figura 1
Escala teórica del Exumat

Primaria	Secundaria		Bachillerato								
4	5	6	1	2	3	1	2	3	4	5	6
-3	-2	-1	0	+1	+2	3					
Menor	Nivel de dificultad			Mayor							

Los resultados del Exumat se reportan en dos escalas más: la proporción de aciertos y la clasificación de la habilidad matemática en 12 niveles. A continuación se describen estas escalas:

1. Habilidad matemática. Como ya se reportó, es la escala de pruebas que se basa en la Teoría de Respuestas al Ítem, cuyo rango es de -3 a $+3$, donde el 0 es el punto medio. Esta escala de habilidad es inclusiva; es decir, abarca los niveles previos. Por ejemplo, un alumno que tenga una habilidad matemática de 1.0 será capaz de resolver tanto los problemas de este nivel como los anteriores (menores a 1.0).
2. Proporción de aciertos. Es la relación de aciertos sobre el número de preguntas respondidas. También se puede ver como el porcentaje de respuestas correctas. Este indicador no necesariamente tiene una correlación alta con la “habilidad matemática”, ya

que dependerá del grado de dificultad de los reactivos que el estudiante responda correctamente.

3. Clasificación de la habilidad matemática. Para facilitar la interpretación de los resultados, diseñamos una escala con 12 niveles de habilidad que divide la escala de la habilidad matemática en tramos iguales de 0.5 unidades. Cada tramo o nivel se asocia con los conocimientos de matemáticas que el alumno maneja y el grado escolar en que dichos conocimientos se enseñan (ver Anexo).

Para aplicar el Exumat 2.0 se diseñó la interfaz computarizada SEA (Backhoff *et al.*, 2000), capaz de administrar exámenes de matemáticas en forma adaptativa¹ y calificar reactivos de respuesta abierta o construida. La Tabla I muestra los tipos de reactivos que se pueden utilizar con este sistema.

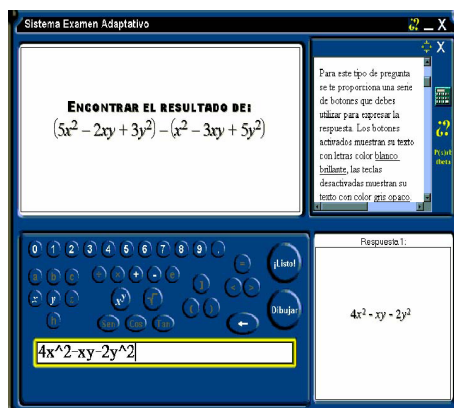
Tabla I
Tipos de respuestas abiertas que puede calificar el SEA

Tipo de respuesta	Ejemplo	Respuesta
Númérica entera	Qué número le sigue a esta serie descendente: 180, 171, 162, 153 ...	144
Númérica entera doble	Resolver la siguiente ecuación cuadrática: $x^2 + 4x + 3 = 0$	$x_1 = -3$ $x_2 = -1$
Númérica decimal	Si sumamos 4.273 + 10.429 el resultado es	14.702
Textual	Escribir con letra la siguiente cifra: 11002	once mil dos
Fraccionaria	Encontrar una fracción que represente la región iluminada (ver figura)	3/4
Algebraica	Hallar la suma de: $9x^2 - 3x - 2x^2 + 13x$	$7x^2 + 10x$
Opción múltiple	¿Cuáles de las siguientes ecuaciones son paralelas entre sí? a) $y = -3x - 5$ b) $y = -x + 5$ c) $y = 3x + 5$ d) $y = 3x - 5$	c) y d)

El prototipo del sistema de exámenes está construido en lenguaje C++ (v. 4.0) para Windows 95/NT. Utiliza el programa MS Word 97 como componente COM, para: 1) mostrar y editar los reactivos y 2) graficar las ecuaciones. Es decir, se insertan los componentes del MS Word en el programa SEA. Cada

pregunta se guarda en un archivo separado como documento Word, siendo el archivo de configuración del sistema de tipo INI. Asimismo, el registro (registry) de Windows 95 se utiliza para guardar la configuración (rutas de archivos) del SEA. La Figura 2 muestra la interfaz del sistema.

Figura 2
Interfaz del Sistema de Exámenes Adaptativos (SEA)



Implementación del examen y análisis de resultados

Con el propósito de conocer el nivel de habilidades matemáticas de los estudiantes de ingeniería de

reciente ingreso, el Exumat se aplicó en agosto de 2004 a 884 estudiantes de dos sedes de la Facultad de Ingeniería de la UABC. En la sede de Ensenada se administró la prueba a 178 estudiantes, mientras que en la de Mexicali se aplicó a 706.

¹ El alumno sólo responde a los reactivos que corresponden con su nivel aproximado de aprendizaje; es decir, el sistema va presentando ítems más fáciles o difíciles según las respuestas sean correctas o incorrectas. De esta manera se reduce de manera importante el número de reactivos que cada estudiante tiene que responder.

La aplicación del examen de matemáticas se realizó en los Centros de Evaluación Computarizada de la misma universidad, los cuales están diseñados y equipados para realizar diversos tipos de evaluaciones asistidas por computadora, como es el caso de los exámenes de selección y de certificación del idioma inglés de la UABC.

En esta ocasión el Exumat no se administró en forma adaptativa, ya que se deseaba volver a calibrar todos sus reactivos, para lo cual era necesario que fueran respondidos por el mayor número de estudiantes posible. Por lo anterior, a cada estudiante se le administraron aproximadamente 40 reactivos de un total de 283, procurando que los reactivos fueran distribuidos en forma aleatoria y proporcional entre el total de estudiantes. Esto implicó que no todos los estudiantes contestaran los mismos reactivos, cuidando que las distintas versiones del examen fueran equivalentes en número, contenido y grado de dificultad.

Las respuestas de los estudiantes fueron capturadas en una tabla de doble entrada y analizadas con el programa BILOG (V.3), con el modelo de dos parámetros. Este programa analiza las respuestas de los estudiantes y calcula tanto el grado de dificultad de cada reactivo, como el nivel de habilidad de los estudiantes

(Bock & Mislevy, 1982). Posteriormente, los resultados fueron analizados y graficados con el paquete estadístico SPSS (v.10).

Los resultados obtenidos se presentan en las siguientes gráficas y tablas que muestran según el grupo analizado la distribución de sus habilidades matemáticas, el número de estudiantes evaluados, la proporción de aciertos, la habilidad matemática, su desviación estándar, el nivel de habilidad y el grado escolar correspondiente a su nivel de habilidad matemática.

La Figura 2 muestra las frecuencias de las habilidades matemáticas de la totalidad de los estudiantes que participaron en este estudio. Se puede notar una distribución normal con valores escasos en los extremos; especialmente, en el extremo derecho, que corresponde a los niveles de mayor habilidad. Lo anterior se traduce en pocos estudiantes con las habilidades que se suponen deben poseer al finalizar su bachillerato.

Con base en estos resultados y utilizando la clasificación de habilidades matemáticas que se muestra en el anexo, la Tabla II presenta la cantidad y porcentaje de alumnos que alcanzan cada uno de los niveles de logro, así como los grados escolares a que corresponden sus habilidades. Aquí se puede notar que la gran mayoría de estudiantes se concentra entre los niveles 5 y 8, y que

Figura 2
Histograma de frecuencias de habilidades matemáticas de la población total (N = 884)

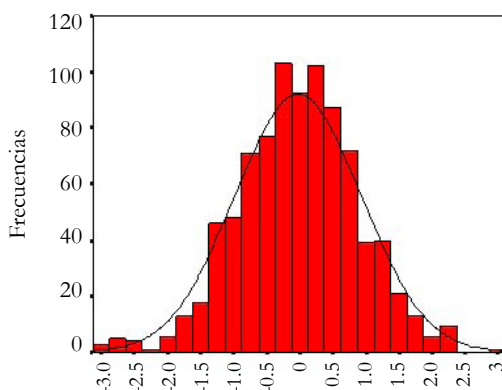


Tabla II

Frecuencia y porcentaje de alumnos clasificados en los 12 niveles de habilidad matemática

Nivel de habilidad matemática		Número de alumnos	% de alumnos	% acumulado de alumnos
1	4° - 6° grado de primaria	14	1.6	1.6
2	1° grado de secundaria	5	.6	2.1
3	1° grado de secundaria	25	2.8	5.0
4	2° grado de secundaria	77	8.7	13.7
5	2° grado de secundaria	131	14.8	28.5
6	3° grado de secundaria	189	21.4	49.9
7	1° semestre de bachillerato	199	22.5	72.4
8	2° semestre de bachillerato	135	15.3	87.7
9	3° semestre de bachillerato	69	7.8	95.5
10	5° semestre de bachillerato	25	2.8	98.3
11	5° semestre de bachillerato	11	1.2	99.5
12	6° semestre de bachillerato	4	.5	100.0

Tabla III

Resultados obtenidos en las sedes de Ingeniería de Ensenada y Mexicali de la UABC

Facultad Ingeniería	Número de estudiantes	Porcentaje promedio de aciertos	Media habilidad matemática	D.E. habilidad matemática	Nivel de habilidad matemática	
Ensenada	178	47%	0.07	0.89	7	1° B
Mexicali	706	46%	-0.05	0.97	6	3° S
Total	884	46%	-0.03	0.95	6	3° S

Donde: D.E = Desviación estándar, 1° B = Primero semestre de bachillerato, 3° S = Tercero año de secundaria

menos del 13% alcanzan una clasificación por arriba del nivel 8; es decir, equivalente al tercer semestre de bachillerato o grados superiores.

En la Tabla III se muestra un concentrado de las ejecuciones de los alumnos de ambas facultades. Podemos apreciar que los 884 estudiantes tienen una habilidad matemática promedio de -0.03, equivalente al tercer grado de secundaria. Considerando la desviación estándar obtenida de 0.95, sabemos que el 68% de los estudiantes se ubican entre las puntuaciones de -0.98 y 0.92, habilidades matemáticas que corresponden a los grados escolares de segundo grado de secundaria y segundo semestre de bachillerato.

En esta misma tabla se puede observar que los estudiantes de la Facultad de Ingeniería-Ensenada tienen una habilidad matemática ligeramente superior a los estudiantes de la sede

Mexicali. Los primeros se ubican en el nivel 7 (primer semestre de bachillerato), mientras que los segundos en el nivel 6 (tercer grado de secundaria). Asimismo, los estudiantes de Ensenada muestran una desviación estándar (D.E.) menor que los de Mexicali, lo cual significa que su nivel de matemáticas es más homogénea que la de los estudiantes de Mexicali.

Desagregando esta información entre los diversos grupos de estudiantes de Ingeniería-Ensenada, tal y como quedaron conformados para recibir la instrucción, podemos apreciar en la Tabla IV que los grupos básicamente se dividen en dos tipos: los que en promedio tienen una habilidad equivalente al primer semestre de bachillerato (E03, E02, E07 y E05) y los que tienen una habilidad de tercero de secundaria (E01, E04 y E06).

Igualmente, observando su desviación estándar se puede apreciar que hay grupos más heterogéneos que otros. El grupo E04 presenta la mayor desviación estándar (1.11), lo que implica que en dicho grupo las diferencias en las habilidades matemáticas de los estudiantes son mayores; condición que deberá tomar en cuenta el profesor a la hora de impartir su cátedra.

Por su parte, los resultados de los grupos de estudiantes en Mexicali se presentan en la Tabla V. Aquí se puede observar que los estudiantes difieren considerablemente en cuanto a su habilidad matemática, habiendo grupos que se ubican en el nivel 8, equivalente al 2º semestre de bachillerato (M11, M02 y M01) hasta grupos del nivel 5, correspondiente al 2º año de secundaria (M20 y M08), pasando por grupos con niveles intermedios de habilidad. Al igual que con la sede Ensenada, la dispersión de las habilidades matemáticas varía entre grupo y grupo, llegando al extremo de que su desviación estándar en algunos casos es un 75% mayor (compárese los grupos M10 y M16).

Por otra parte, es importante analizar el tipo de bachillerato de procedencia de los estudiantes de ambas facultades en relación con sus niveles de habilidad matemática, con el fin de proporcionar

dicha información a estas dependencias. Las tablas VI y VII presentan estos resultados.

Para el caso de los alumnos de Ensenada (ver Tabla VI) el rango de niveles de habilidad matemática varía sustancialmente entre los distintos tipos de escuelas preparatorias. El más alto tiene el nivel 8, equivalente al segundo semestre de bachillerato (Cobach incorporada) y el más bajo se ubica en el nivel 5, equivalente al segundo grado de secundaria (UABC incorporada).

Por otro lado, las escuelas preparatorias de Mexicali (ver Tabla VII) son más homogéneas entre sí, pudiéndolas clasificar en dos tipos: las que alcanzan el nivel 7 (primer semestre de bachillerato) y las que se ubican en el nivel 6 (tercer grado de secundaria). En este caso hay que notar lo homogéneo de la dispersión de los resultados.

Finalmente, hay que advertir que estas comparaciones no tienen la significancia estadística deseable, debido al escaso número de estudiantes evaluados y a la gran dispersión de sus resultados de algunos de sus bachilleratos (ej. UABC incorporada). Sin embargo, los datos en sí mismos son importantes para que las autoridades responsables del egreso de estos estudiantes de nivel medio superior tomen las medidas pertinentes para mejorar la calidad de la educación que imparten.

Tabla IV
Resultados por grupos de la Facultad de Ingeniería-Ensenada

Grupo escolar	Número de estudiantes	Porcentaje promedio de aciertos	Media habilidad matemática	D.E. habilidad matemática	Nivel de habilidad matemática	
E03	32	53%	0.43	0.72	7	1º B
E02	42	52%	0.36	0.80	7	1º B
E07	11	48%	0.10	0.49	7	1º B
E05	15	47%	0.01	0.71	7	1º B
E01	25	43%	-0.12	0.82	6	3º S
E04	38	41%	-0.22	1.11	6	3º S
E06	15	39%	-0.45	0.83	6	3º S

Donde: D.E. = Desviación estándar, 1º B = Primero de bachillerato y 3º S= Tercero de secundaria.

Tabla V
Resultados por grupos de la Facultad de Ingeniería-Mexicali

Grupo	Número de estudiantes	Porcentaje promedio de aciertos	Media habilidad matemática	D.E. habilidad matemática	Nivel de habilidad matemática	
M11	45	59%	0.60	1.06	8	2° B
M02	44	54%	0.44	0.88	8	2° B
M01	42	54%	0.33	0.94	8	2° B
M04	36	51%	0.15	0.93	7	1° B
M12	40	48%	0.13	0.99	7	1° B
M14	43	51%	0.10	1.05	7	1° B
M13	29	49%	0.03	1.09	7	1° B
M06	27	44%	-0.07	0.85	6	3° S
M15	26	47%	-0.07	0.83	6	3° S
M18	47	43%	-0.08	0.72	6	3° S
M10	43	43%	-0.17	1.14	6	3° S
M19	30	42%	-0.21	0.71	6	3° S
M03	38	42%	-0.23	0.86	6	3° S
M09	30	39%	-0.25	0.78	6	3° S
M07	39	42%	-0.26	1.12	6	3° S
M05	42	40%	-0.29	0.67	6	3° S
M17	32	40%	-0.37	0.84	6	3° S
M16	9	44%	-0.39	0.65	6	3° S
M20	31	37%	-0.56	1.00	5	2° S
M08	33	35%	-0.59	1.02	5	2° S

Donde: D.E. = Desviación estándar, 1° B = Primero de bachillerato, 2° B = Segundo bachillerato, 2° S = Segundo de secundaria y 3° S = Tercero de secundaria.

Tabla VI
Resultados por tipo de bachillerato de procedencia: Facultad de Ingeniería-Ensenada

Bachillerato de procedencia	Número de estudiantes	Porcentaje promedio de aciertos	Media habilidad matemática	D.E. habilidad matemática	Nivel de habilidad matemática	
Cobach incorporada	11	55%	0.55	1.02	8	2° B
Cobach Oficial	35	50%	0.24	0.52	7	1° B
DGETI	63	49%	0.20	0.75	7	1° B
SEP incorporada	12	42%	-0.14	0.89	6	3° S
Otros estados	15	43%	-0.19	0.88	6	3° S
UABC incorporada	10	28%	-0.90	1.60	5	2° S

Donde: Cobach = Colegio de Bachilleres; DGETI = Dirección General de Educación Técnica Industrial; D.E. = Desviación estándar, 1° B = Primero de bachillerato, 2° B = Segundo bachillerato, 2° S = Segundo de secundaria y 3° S = Tercero de secundaria.

Tabla VII

Resultados por tipo de bachillerato de procedencia: Facultad de Ingeniería-Mexicali

Bachillerato de procedencia	Número de estudiantes	Porcentaje promedio de aciertos	Media habilidad matemática	D.E. habilidad matemática	Nivel de habilidad matemática	
CETYS	16	56%	0.42	0.84	7	1° B
Cobach Oficial	144	48%	0.16	0.89	7	1° B
Otros estados	34	47%	0.07	0.86	7	1° B
SEP oficial	11	48%	0.03	0.82	7	1° B
DGETI	101	45%	-0.03	0.82	6	3° S
Cobach incorporada	33	43%	-0.09	0.92	6	3° S
UABC incorporada	248	43%	-0.20	1.07	6	3° S
SEP incorporada	12	39%	-0.44	0.70	6	3° S

Donde: CETYS = Centro de Enseñanza Técnica y Superior, Cobach = Colegio de Bachilleres, DGETI = Dirección General de Educación Técnica Industrial, D.E. = Desviación estándar, 1° B = Primero de bachillerato, 2° B = Segundo bachillerato, 2° S = Segundo de secundaria y 3° S = Tercero de secundaria.

Discusión y conclusiones

Las matemáticas son esenciales para desarrollar las habilidades de razonamiento numérico y ocupan un espacio muy importante en todo el *currículum* escolar: desde el nivel de educación básica hasta el nivel superior (Cortés, 2001). En la gran mayoría de carreras universitarias se encuentran presentes, desde aquellas relacionadas con las Ciencias Sociales hasta las ingenierías y las Ciencias Naturales. Así, aproximadamente, el 80% de la oferta educativa de la UABC requiere que el estudiante tenga un dominio básico del conocimiento matemático al ingresar a la universidad.

A pesar de la importancia que representan las matemáticas en el *currículum* escolar, es bien conocido que los estudiantes llegan al nivel superior con serias deficiencias en este campo del conocimiento. Así, nos encontramos con una gran cantidad de estudiantes que desconocen el significado de π , que no tienen el concepto de fracción, que no manejan los porcentajes simples o que no saben despejar una ecuación elemental (Backhoff & Tirado, 1992). Estas deficiencias hacen que muchos de ellos tengan serios tropie-

zos escolares que los hacen reprobar o, incluso, desertar de la universidad.

Es bien conocido que cerca de la mitad de las deserciones a nivel universitario ocurren en el primer año de estudios, y que una de las causas de mayor incidencia es la reprobación y las bajas notas en la asignatura de matemáticas (Poder Ejecutivo de Baja California, 2001). Por lo anterior, es necesario que los profesores y directores universitarios conozcan con precisión el nivel de competencias matemáticas con que ingresan sus alumnos, especialmente en las carreras técnicas como las ingenierías, donde el conocimiento matemático es esencial para el éxito que se tenga en los estudios y en la vida profesional.

Este razonamiento nos llevó a diseñar y desarrollar el Exumat, así como su interfaz computarizada (SEA). Para la construcción de este examen, partimos de tres premisas: 1) crear una escala de matemáticas que midiera los aspectos básicos y centrales de la disciplina, desde la aritmética hasta el cálculo diferencial básico pasando por la geometría, el álgebra, la trigonometría y la geometría analítica; 2) que dicha escala siguiera una lógica curricular de la enseñanza de las matemáticas y 3) que la dificultad conceptual de los

temas a evaluar tuviera una correspondencia con su dificultad empírica (medida por los resultados de los estudiantes).

Por otro lado, para construir la interfaz computarizada partimos de los siguientes propósitos: 1) que el sistema fuera capaz de presentar los reactivos en forma adaptativa de acuerdo a la Teoría de Respuestas al Ítem y 2) rebasar el formato de opción múltiple, haciendo que el sistema pudiera calificar reactivos de respuesta abierta o construida.

Actualmente, tanto el Exumat como el SEA se encuentran en desarrollo; el examen está en su fase de calibración y validación, y el sistema computarizado en su fase de prototipo. Es importante señalar en este punto, que la escala utilizada para ubicar niveles de desempeño que se presenta en el anexo, igualmente, requiere de una revisión, actualización y ajuste; lo cual estamos haciendo tanto para México como para el caso de Cuba. No obstante, en su estado actual, este examen computarizado está lo suficientemente desarrollado para conocer y ubicar el nivel de habilidades matemáticas con que llegan los estudiantes a la universidad, y con ello tomar las medidas remediales pertinentes.

Por esta razón la Facultad de Ingeniería de la UABC, en sus *campi* de Ensenada y Mexicali, solicitaron que se evaluara a sus estudiantes de recién ingreso. El resultado fue muy alentador ya que el sistema probó ser bastante confiable y el examen proporcionó información útil para conocer el nivel de habilidades matemáticas de los estudiantes evaluados, y con ello tomar las medidas remediales pertinentes.

Como era de esperarse, el nivel de habilidades matemáticas de los estudiantes que ingresaron

a estas dos facultades es relativamente bajo, ya que en una escala de 1 a 12, se ubica en el nivel 7, que corresponde al primer semestre de bachillerato. Por supuesto, los niveles cambian de acuerdo al grupo de estudiantes de cada facultad, habiendo grupos cuyas habilidades se ubican en el segundo semestre de bachillerato y grupos cuya habilidad corresponde al segundo grado de secundaria. Asimismo, los resultados de los estudiantes también dependen del bachillerato de procedencia.

Lo importante de esta información es que le permite a las autoridades académicas y docentes de una facultad saber: 1) qué nivel y tipo de habilidades matemáticas poseen sus estudiantes, 2) cómo están conformados sus grupos, 3) qué tan heterogéneos son y 4) qué tan alejados se encuentran académicamente de los objetivos curriculares de la asignatura.

Con esta información, se espera que los programas universitarios se preparen para recibir estudiantes con los niveles de aprendizaje anteriormente expuestos, preparando diversos cursos de nivelación para estudiantes de recién ingreso, organizando programas de asesoría individualizada, escribiendo guías y monografías temáticas, etcétera. Asimismo, se espera que los programas de bachillerato pongan atención en las habilidades que los estudiantes no logran alcanzar, que refuercen los aprendizajes básicos que permiten avanzar en el conocimiento matemático, que identifiquen debilidades en sus programas y prácticas educativas. Ambas acciones, seguramente, ayudarán a mejorar la calidad de la enseñanza que se imparta en el sistema educativo nacional.

ANEXO

Clasificación de los niveles de habilidad matemática del Exumat*

Habilidad	Ejemplos de habilidades matemáticas	Grado escolar
Nivel 1 (-3 a -2.5)	<ul style="list-style-type: none"> • Sumar, restar y escribir números naturales hasta de cinco dígitos. • Ubicar números naturales en la recta numérica. • Calcular porcentajes sencillos. • Calcular áreas fáciles de triángulos. • Sumar, restar, multiplicar, dividir y escribir números enteros hasta de cinco dígitos 	4° a 6° año primaria
Nivel 2 (-2.49 a -2.0)	<ul style="list-style-type: none"> • Sumar, restar, simplificar y graficar fracciones de números enteros de igual denominador. • Determinar números enteros en la recta numérica. • Sustituir valores enteros en una expresión algebraica. 	1° año secundaria
Nivel 3 (-1.99 a -1.50)	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer los sistemas de numeración y hacer conversiones entre ellos • Resolver problemas sobre regla de signos para suma y resta, valor absoluto, orden y comparación. 	
Nivel 4 (-1.49 a -1.00)	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar ángulos en triángulos y rectas. • Solucionar problemas de ángulos en triángulos y rectas. • Restar y dividir monomios algebraicos. • Sumar, restar, multiplicar y dividir números enteros, empleando las reglas de los signos. • Determinar el mínimo común múltiplo y el máximo común divisor de 2 y 3 números enteros. 	2° año secundaria
Nivel 5 (-0.99 a -0.50)	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificar y determinar el perímetro de triángulos, conociendo sus lados. • Solucionar problemas sencillos en los números enteros que involucren el concepto de valor absoluto. • Multiplicar y dividir números enteros con exponentes, de acuerdo a sus propiedades y reglas de signos. • Determinar la equivalencia entre fracciones y números decimales. • Solucionar ecuaciones de primer grado con una incógnita, que involucren las propiedades de la multiplicación, la resta y la división. • Sumar, restar y multiplicar monomios y binomios algebraicos, aplicando las reglas de signos y de exponentes. 	
Nivel 6 (-0.49 a 0.00)	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular porcentajes sucesivos. • Multiplicar binomios conjugados, binomios con un término común y obtener el cuadrado de un binomio, utilizando productos notables. • Determinar fracciones equivalentes, propias, impropias y mixtas de números enteros, y multiplicar fracciones. • Sumar, restar y multiplicar números enteros, aplicando las reglas de signos y de agrupamiento. • Factorizar trinomios de segundo grado y polinomios algebraicos, por el método de factor común. • Calcular el valor absoluto de la diferencia de dos números enteros. • Sumar, restar, multiplicar y dividir monomios y polinomios algebraicos, aplicando las reglas de signos y de agrupamiento, simplificando términos semejantes. • Resolver ecuaciones lineales con una incógnita y con signos de agrupamiento. 	

Nivel 7 (0.01 a 0.50)	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular el volumen de cubos. • Calcular el perímetro y área de triángulos, rectángulos y círculos. • Calcular la probabilidad de eventos, utilizando las reglas de suma, independencia y esperanza matemática. • Resolver sistemas de ecuaciones lineales con dos incógnitas. • Sumar, restar, multiplicar y dividir monomios y polinomios algebraicos con varios signos de agrupamiento, aplicando las reglas de signos y simplificando términos semejantes. • Factorizar diferencias de cuadrados algebraicos. • Restar, multiplicar y dividir fracciones con diferentes denominadores. 	1° semestre bachillerato
Nivel 8 (0.51 a 1.00)	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular el área y el perímetro de paralelogramos; obtener el volumen de paralelepípedos y clasificar triángulos y cuadriláteros. • Expresar valores en notación científica. • Calcular el cuadrado de binomios simples y binomios conjugados, empleando productos notables. • Solucionar ecuaciones de segundo grado. • Factorizar trinomios de segundo grado y polinomios por agrupamiento. • Solucionar inecuaciones y ecuaciones lineales con valor absoluto. • Calcular probabilidades utilizando análisis combinatorio. • Convertir radianes a grados y viceversa. • Calcular los lados y ángulos de triángulos, utilizando funciones trigonométricas. • Resolver problemas sencillos de logaritmos. 	2° semestre bachillerato
Nivel 9 (1.01 a 1.50)	<ul style="list-style-type: none"> • Solucionar ecuaciones lineales racionales con una incógnita. • Calcular los lados y ángulos de triángulos oblicuángulos, con la ley de los senos y la ley de los cosenos • Calcular una función trigonométrica de ángulos, empleando la circunferencia unitaria. 	3° semestre bachillerato
Nivel 10 (1.51 a 2.00)	<ul style="list-style-type: none"> • Encontrar las ecuaciones de rectas perpendiculares a otras. • Encontrar el centro de circunferencias, dada su ecuación. • Encontrar el vértice de parábolas, dada su ecuación. • Encontrar las coordenadas del centro de elipses, dada su ecuación 	4to. semestre bachillerato
Nivel 11 (2.01 a 2.50)	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular funciones algebraicas al sustituir $f(x+h)$ y sus dominios, empleando inecuaciones. • Determinar el límite de funciones, factorizando y simplificando fracciones algebraicas. • Derivar la suma, resta, multiplicación y división de funciones algebraicas y trascendentes. • Derivar cocientes y productos de dos funciones algebraicas y trascendentes. • Derivar funciones, algebraicas y trascendentes, utilizando la regla de la cadena. 	5to. semestre bachillerato
Nivel 12 (2.51 a 3.00)	<ul style="list-style-type: none"> • Resolver integrales indefinidas y definidas sencillas de funciones algebraicas y trascendentes. 	6° semestre bachillerato

* Clasificación de las habilidades matemáticas que mide el Exumat en 12 categorías. Para cada una de ellas se ubica el grado escolar donde “principalmente” se espera que el estudiante las adquiera. Se ejemplifican solo algunas de las habilidades matemáticas de cada categoría. Como existen diferentes programas de estudio de bachillerato, lo que refleja este anexo es la esencia de las habilidades mínimas a lograr en el grado o semestre correspondiente, en el entendido de que no están reflejados todos los contenidos curriculares; solo son ejemplos tal y como se especifica en la tabla.

Referencias

- ACKERMAN, Terry A. *et al.* (2003). "Using multidimensional item response theory to evaluate educational and psychological tests", *Educational Measurement: Issues & Practice*, Vol. 22(3).
- BACKHOFF, E., *et al.* (2000). *Sistema Computarizado de Exámenes Adaptativos de Matemáticas*, Trabajo presentado en el IV Foro de Evaluación Educativa, Ciudad Juárez, Chihuahua.
- BACKHOFF, E. *et al.* (1995). "Sistema Computarizado de Exámenes (SICO-DEX)", *Revista Mexicana de Psicología*, Vol. 12, No. 1.
- (1994). *Versión computarizada del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos*, Trabajo presentado en el 23° Congreso Internacional de Psicología Aplicada, Madrid.
- BOCK, R. D. & M. Aitkin (1981). "Marginal maximum likelihood estimation of item parameters: application of an EM algorithm", *Psychometrika*, 46.
- R. J. Mislevy (1982). "Biweight estimates of latent ability", *Educational and Psychological Measurement*, 42.
- BUNDERSON, C. V. *et al.* (1993). "The four generations of computerized educational measurement", en R. L. Linn (Ed.) *Educational Measurement*, 3rd ed., New York, MacMillan Publishing.
- CORTÉS, J. (2001). *Análisis de las estrategias de cálculo estimativo que utilizan los estudiantes de 2° de secundaria en Baja California*, Tesis de Maestría en Ciencias Educativas, México, UABC.
- DIBUT, L., *et al.* (2005). *Resultados de la aplicación del EXUMAT 2.0 en la Universidad Autónoma de Baja California en el año 2004*, Documento mimeografiado, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- DIBUT, L. *et al.* (2004, julio). *On-line exams of Mathematics: an experience of collaboration between the University of Cienfuegos and the Autonomous University of Baja California*, Trabajo presentado en el X International Congress on Mathematical Education, Copenhagen.
- HARGREAVES, M. *et al.* (2004). "Computer or paper? That is the questions: Does the medium in which assessment questions are presented affect children's performance in mathematics?", *Educational Research*, 46(1).
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. F. (2002). *Comparación de las teorías clásica de test (tct) y de la respuesta al ítem (TRI): implicaciones prácticas para la selección de aspirantes a ingreso a la Educación Superior*, Trabajo presentado en el V Foro de Evaluación Educativa. Ensenada, Baja California.
- PODER EJECUTIVO de Baja California (2001). *Primer Informe de Gobierno*, Documento en Internet consultado el 25 de julio de 2005 en: http://www.bajacalifornia.gob.mx/informe/1er_informe/presentacion.htm
- RAIKES, N. & Harding, R. (2003). "The horseless carriage stage: replacing conventional measures", *Assessment in Education*, 10(3).
- SANGWIN, C.J. (2003). "New opportunities for encouraging higher level mathematical learning by creative use of emerging computer aided assessment", *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 34(6).
- THREALFALL, J. & Pool (2004). *How might the assessment of mathematics through dynamic interactive computer items be different from that in conventional test?*, Trabajo presentado en el X International Congress on Mathematical Education, Copenhagen.