



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOE 2014

Nuevos escenarios
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias, 7 al 10 de octubre de 2014
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

EVALUACIÓN DE LA DIFICULTAD DE PRUEBAS EN LA ASIGNATURA ESTÁTICA CON DIFERENTES TIPOS DE PREGUNTAS

Jorge Luis Restrepo Ochoa, Jaime Leonardo Barbosa Pérez, Andrés Restrepo Cadavid

Universidad EAFIT
Medellín, Colombia

Resumen

Un sistema de evaluación y entrenamiento ha sido desarrollado por parte de la escuela de ingeniería de la Universidad EAFIT. El sistema permite a estudiantes de algunos programas de ingeniería la opción de ejecutar diferentes tipos de ejercicios de un tema específico de una asignatura. La implementación del sistema de evaluación ha mostrado buenos resultados en el mejoramiento del nivel de aprendizaje de los estudiantes.

El sistema está implementado para hacer preguntas de selección múltiple con única respuesta. Este tipo de ítems pueden presentar algunos factores que no permitan evaluar de forma adecuada, entre ellos está el factor de adivinanza, o tenga sesgos inducidos por el enunciado o por las opciones de respuesta.

En este trabajo se presenta un análisis de dificultad de una prueba generada con el sistema aplicada a los estudiantes que cursan la asignatura Estática en el 2014-1. La prueba consiste en generar un examen en el cual se evalúan dos capítulos del curso (cables y presión hidrostática), la mitad de los estudiantes que presentan el examen resuelven el primer problema con ítems de selección múltiple con única respuesta (cables) y el segundo problema con ítems de respuesta numérica (presión hidrostática), mientras que la otra mitad de los estudiantes resuelven el primer problema con ítems de respuesta numérica (cables) y el segundo problema con ítems de selección múltiple con única respuesta (presión hidrostática).

Con los resultados obtenidos se hace un estudio estadístico en el cual se determina el grado de dificultad de los ítems de la prueba, tanto con respuestas dadas en selección múltiple como con respuesta numérica, para, finalmente analizar la incidencia que puede tener el tipo de ítem en el parámetro de dificultad. Con esta prueba se busca mejorar el sistema de evaluación y entrenamiento.

Palabras clave: sistema de evaluación; pruebas dinámicas; ítems de evaluación; selección múltiple única respuesta; respuesta numérica; estática

Abstract

An evaluation system has been developed by the Engineering school from the EAFIT University. This system allows the students to execute different assessments of a same topic to evaluate his abilities in some engineering subjects. The evaluation system has shown good results in the learning processes improvement by the students.

The system is supposed to generate multi-choice questions. This kind of items may present some factors which are not the best way to evaluate the students' knowledge, some of these could be a guessing factor, or that the assessment has bias.

This paper shows a difficulty parameter analysis of a test generated with the evaluation system, this test is presented by the students that are taking the Statics course in 2014-1. The assessment generated contains two fundamental chapters of the course (Cables and Hydrostatic pressure) and some others, a half of the group of students that take the test have to solve an assessment that contains a Cables exercise with Multi-choice questions items and a Hydrostatic pressure exercise with numerical response questions items, while the rest of the group solve another assessment that contains a Cables exercise with numerical response question items and a Hydrostatic pressure exercise with Multi-choice questions items

Based on the obtained results, a statistical study is made which intends to determine the difficulty level of each of the test items, both for the Multi-choice question items and the numerical response question items, in order to finally determine how much a different type of question can influence in the difficulty parameter. This will help to improve the evaluation system.

Keywords: evaluation system; evaluation items; multi-choice questions; numerical response questions; statics

1. Introducción

Las evaluaciones en un curso de Estática se hacen con el fin de medir el logro de algunos conceptos, procedimientos y habilidades por parte de los estudiantes en algunos campos de la ingeniería y para ello se hace uso de ejercicios que se encuentran en los libros guía dedicados a la asignatura, por lo tanto la validez y confiabilidad de estas pruebas puede ser asumida. [1] [2] [3] [4]. El sistema de evaluación y entrenamiento para la asignatura de Estática desarrollado en la escuela de ingeniería de la Universidad EAFIT se basa en ejercicios como los mencionados anteriormente utilizando preguntas de selección múltiple con única respuesta.

Este trabajo analiza la diferencia de dificultad que tiene una prueba cuando los ítems evaluados son construidos con dos tipos de preguntas: preguntas selección múltiple con única respuesta y preguntas de respuesta numérica. El análisis se realiza sobre los resultados de un examen aplicado a los estudiantes de Estática en el semestre 2014-1 para medir las habilidades en los cálculos estáticos de compuertas sumergidas y cables con cargas puntuales.

Se aplicaron dos tipos de examen:

Examen tipo uno: un ejercicio del tema de compuertas con presión hidrostática con cinco ítems de selección múltiple con única respuesta y otro ejercicio del tema de cables con cinco ítems de respuesta numérica.

Examen tipo dos: un ejercicio del tema de compuertas con presión hidrostática con cinco ítems de respuesta numérica y un ejercicio del tema de cables con cinco ítems de selección múltiple con única respuesta.

A cada ítem se le mide el parámetro de dificultad utilizando un modelo IRT (Item response theory, por sus siglas en inglés) haciendo uso del software Xcalibre 4.2 desarrollado por assessment systems [5].

2. Sistema de Evaluación

El sistema de evaluación para la asignatura de Estática fue implementado sobre la plataforma Chamilo y el lenguaje Java. El sistema permite a los estudiantes practicar los conceptos del curso a través de la solución de problemas propuestos por el sistema y que están clasificados en varios niveles de dificultad. El sistema cuenta con un algoritmo capaz de generar diferentes versiones para varios problemas de cada tema del curso. [6] [7] [8]

3. IRT

La teoría de respuesta al ítem (IRT) se usa para diseñar, analizar, y medir habilidades a partir de resultados de pruebas. Hay varios modelos IRT y cada uno de ellos predice la probabilidad de que cierta persona de cierta respuesta a determinado ítem y a su vez también determina parámetros como la dificultad, discriminación y adivinanza. El modelo de dos parámetros predice la probabilidad de responder bien un ítem a partir de la habilidad y determina los parámetros de dificultad y discriminación. El modelo de dos parámetros está definido por la ecuación 1 ([9] [10]):

$$P_{ij}(\theta_j, b_i, a_i) = \frac{\exp[a_i(\theta_j - b_i)]}{1 + \exp[a_i(\theta_j - b_i)]} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P_{ij} es la probabilidad de que una persona "j" conteste el ítem "i" correctamente; θ_j es la habilidad de la persona "j"; b_i es la dificultad del ítem "i"; a_i es la discriminación del ítem "i" y "exp" es la función natural exponencial, $e^{(x)}$.

4. La prueba

A continuación se describen los dos tipos de exámenes aplicados. En ambos casos se evalúan los temas de compuertas sumergidas y Cables, pero variando los tipos de pregunta.

4.1 Examen tipo 1

Este examen está conformado por cinco ítems de selección múltiple con única respuesta para evaluar el tema de cálculos estáticos sobre compuertas sumergidas y cinco ítems de respuesta numérica para evaluar el tema de Cables. Este examen lo presentaron 65 estudiantes.

4.1.1 Enunciado del ejercicio de compuertas sumergidas:

La placa mostrada en la Figura 1, tiene un espesor $t = 0.3 \text{ m}$, se encuentra pivotada en A por medio de un pasador y tiene un contrapeso en C. Si la densidad del agua es de 1000 Kg/m^3 y la gravedad es de 9.81 m/s^2 .

Determinar:

- La fuerza horizontal ejercida sobre la compuerta, por el líquido:

a. 3298.0 N	b. 5768.2 N	c. 6633.5 N	d. 7628.5 N
-------------	-------------	-------------	-------------
- La fuerza vertical ejercida sobre la compuerta, por el líquido:

a. 2493.7 N	b. 4361.6 N	c. 5768.2 N	d. 6633.5 N
-------------	-------------	-------------	-------------
- La fuerza resultante ejercida sobre la compuerta, por el líquido:

a. 8157.5 N	b. 14267.0 N	c. 21699.0 N	d. 24954.0 N
-------------	--------------	--------------	--------------
- La magnitud del contrapeso en C para que la compuerta comience a abrirse:

a. 4857.7 N	b. 6424.3 N	c. 11236.0 N	d. 17064.0 N
-------------	-------------	--------------	--------------
- La magnitud de la reacción en el pasador A cuando la compuerta comience a abrirse:

a. 15500.0 N	b. 17825.0 N	c. 23550.0 N	d. 41230.0 N
--------------	--------------	--------------	--------------

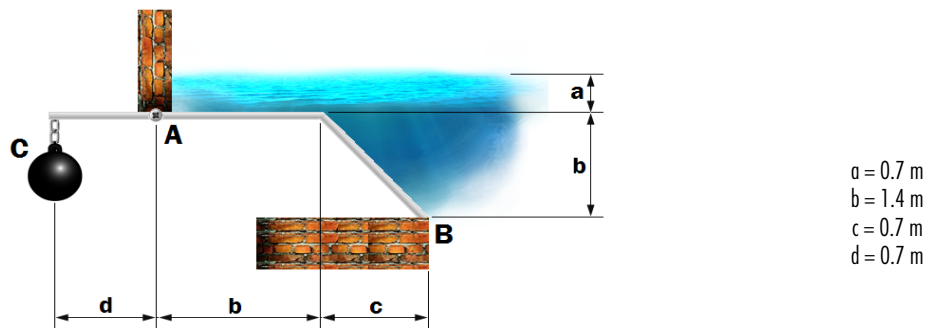


Figura 1. Placa sumergida sometida a fuerzas de presión hidrostática.

4.1.2 Enunciado del ejercicio de cables:

El cable, AE, se encuentra sujetado en sus extremos y está cargado como se muestra en la Figura 2.

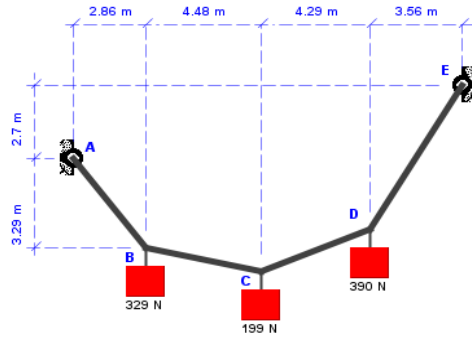


Figura 2. Cable con cargas puntuales.

Determinar:

- La reacción HORIZONTAL en el apoyo fijo E (R_{xE}). _____
- La reacción VERTICAL en el apoyo fijo A (R_{yA}). _____
- La reacción VERTICAL en el apoyo fijo E (R_{yE}). _____
- La tensión del tramo BC. _____
- La tensión máxima en todo el cable. _____

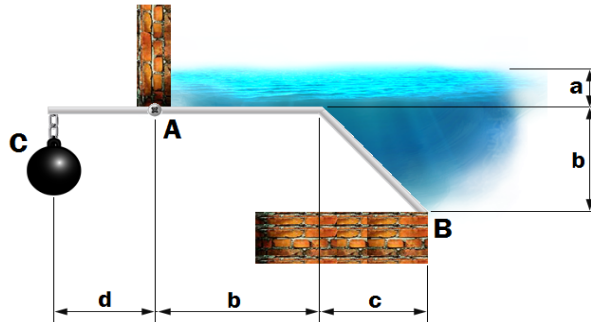
4.2 Examen tipo 2

Este examen está conformado por cinco ítems de respuesta numérica para evaluar el tema de cálculos estáticos sobre compuertas sumergidas y cinco ítems de selección múltiple con única respuesta para evaluar el tema de Cables. Este examen lo presentaron 67 estudiantes.

4.2.1 Enunciado del ejercicio de compuertas sumergidas:

La placa mostrada en la

Figura 3, tiene un espesor $t = 0.3$ m, se encuentra pivotada en A por medio de un pasador y tiene un contrapeso en C. Si la densidad del agua es de 1000 Kg/m^3 y la gravedad es de 9.81 m/s^2 .



- $a = 0.7$ m
- $b = 1.4$ m
- $c = 0.7$ m
- $d = 0.7$ m

Figura 3. Placa sumergida sometida a fuerzas de presión hidrostática.

Determinar:

- La fuerza horizontal ejercida sobre la compuerta, por el líquido. _____
- La fuerza vertical ejercida sobre la compuerta, por el líquido. _____
- La fuerza resultante ejercida sobre la compuerta, por el líquido. _____
- La magnitud del contrapeso en C para que la compuerta comience a abrirse. _____
- La magnitud de la reacción en el pasador A. _____

4.2.2 Enunciado del ejercicio de Cables:

El cable, AE, se encuentra sujetado en sus extremos y está cargado como se muestra en la figura.

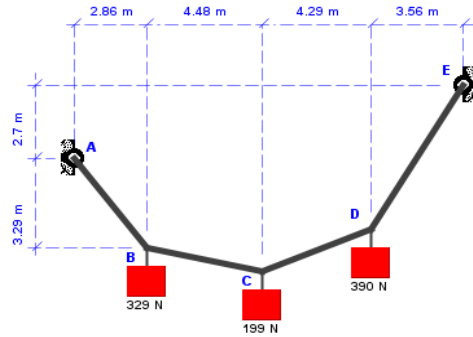


Figura 4. Cable con cargas puntuales.

Determinar:

- La reacción HORIZONTAL en el apoyo fijo E (R_{xE}):
 a. 459.6 N b. 500.2 N c. 254.7 N d. 347.3 N
- La reacción VERTICAL en el apoyo fijo A (R_{yA}):
 a. 633.5 N b. 768.5 N c. 399.55 N d. 576.2 N
- La reacción VERTICAL en el apoyo fijo E (R_{yE}):
 a. 663.5 N b. 728.5 N c. 398.0 N d. 518.5 N
- La tensión del tramo BC:
 a. 354.4 N b. 624.9 N c. 120.6 N d. 216.2 N
- La tensión máxima en todo el cable:
 a. 624.1 N b. 762.5 N c. 328.0 N d. 576.2 N

5. Análisis y resultados

Para obtener el parámetro de dificultad definido en el modelo IRT, ver ecuación 1, de cada uno de los ítems utilizados en la prueba se hace uso del programa Xcalibre versión 4.2.

A cada uno de los ítems se les determinó el índice de dificultad, b , y la desviación estándar, SE , de ese valor. Los resultados obtenidos en el examen tipo 1 se muestran a continuación, tanto para el ejercicio de cables, Tabla 1, como para el ejercicio de compuertas sumergidas, Tabla 2.

Ítem	b (ca)	SE b (ca) Desviación Estándar
1	-0,619	0,168
2	-0,621	0,169
3	-0,668	0,166
4	0,001	0,176
5	-0,202	0,158

Tabla 1 Cables con preguntas de respuesta numérica

Ítem	b (pm)	SE b (pm) Desviación Estándar
6	-3,133	0,636
7	-2,671	0,631
8	-1,817	0,380
9	0,147	0,289
10	0,444	0,278

Tabla 2 Presión Hidrostática con preguntas de selección múltiple con única respuesta

Los resultados obtenidos en el examen tipo 2 se muestran a continuación, tanto para el ejercicio de compuertas sumergidas, Tabla 3, como para el ejercicio de cables, Tabla 4.

Ítem	b (pa)	SE b (pa) Desviación Estándar
1	-0,095	0,208
2	-0,497	0,207
3	0,379	0,168
4	1,05	0,190
5	1,204	0,205

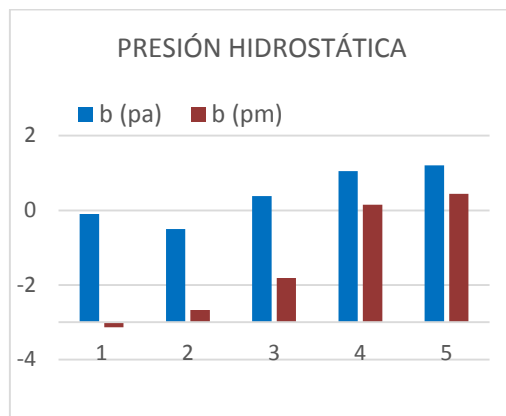
Tabla 3 Presión Hidrostática con preguntas de respuesta numérica

Ítem	b (cm)	SE b (cm) Desviación Estándar
6	-0,925	0,219
7	-0,879	0,185
8	-0,858	0,178
9	-0,2	0,201
10	-0,527	0,17

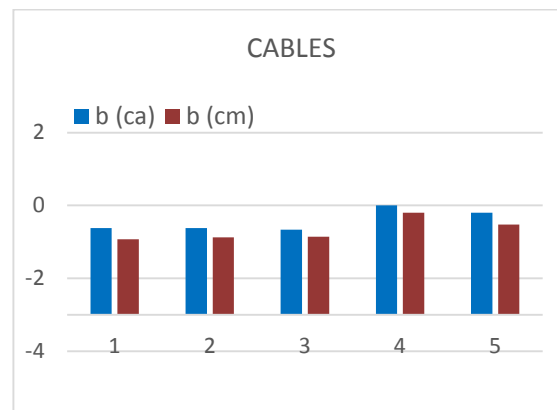
Tabla 4 Cables con preguntas de selección múltiple con única respuesta

En la Gráfica 1 se presentan los parámetros de dificultad (b) para los ítems de los ejercicios de Presión Hidrostática en ambos exámenes. A partir del gráfico se puede observar que los ítems, aunque la pregunta sea la “misma”, tienen una diferencia considerable de dificultad. La dificultad que se presenta en los ítems de selección múltiple es menor a la de los ítems de respuesta numérica, por ejemplo el ítem 3 tiene una dificultad de 0.379 en el ejercicio de pregunta de respuesta numérica, b (pa), y una dificultad de -1.817 en el ejercicio de pregunta de selección múltiple con única respuesta, b (pm).

En la Gráfica 2 se presentan los parámetros de dificultad (b) para los ítems de los ejercicios de Cables en ambos exámenes. A partir del gráfico se puede observar que los ítems, aunque la pregunta sea la “misma”, tienen una ligera diferencia de dificultad. La dificultad que se presenta en los ítems de selección múltiple es ligeramente menor a la de los ítems de respuesta numérica, por ejemplo el ítem 2 tiene una dificultad de -0.621 en el ejercicio de pregunta de respuesta numérica, b (ca), y una dificultad de -0.879 en el ejercicio de pregunta de selección múltiple con única respuesta, b (cm).



Gráfica 1. Comparación dificultades para el punto de Presión Hidrostática



Gráfica 2. Comparación dificultades para el punto de Cables

6. Conclusiones

En todos los casos se encontró que la dificultad del ítem cuando se utiliza el tipo de pregunta de selección múltiple con única respuesta es menor que la dificultad cuando se utiliza el tipo de pregunta de respuesta numérica, lo que es de esperarse por varias razones. Una primera razón tiene que ver con el factor de adivinación (en las preguntas de selección múltiple la probabilidad de adivinar la respuesta correcta es del 25%, mientras que en las preguntas de respuesta numérica es prácticamente nula). Otra razón es que en las preguntas de selección múltiple el estudiante tiene la opción de corroborar si la respuesta calculada está incluida en las opciones de respuesta, de lo contrario tiene la oportunidad de corregir sus cálculos. También esto se puede deber a que las opciones de respuesta no estén diseñadas adecuadamente y faciliten o dificulten a la hora de responder el ítem.

La diferencia de dificultad entre ítems de preguntas de selección múltiple con única respuesta e ítems de preguntas con respuesta numérica es más marcada en el ejercicio de Compuertas sumergidas (Presión Hidrostática) que en el ejercicio de Cables. Mientras que en los ítems del ejercicio de compuertas sumergidas hay diferencias de hasta 3 unidades en el parámetro de dificultad, b (Tabla 2, Tabla 3 y Gráfica 1), en los ítems del ejercicio de Cables la diferencia es de menos de 0.3 unidades en el parámetro de dificultad, b (Tabla 1, Tabla 4 y Gráfica 2).

Los resultados obtenidos para el parámetro de dificultad en los ítems de estas pruebas tienen una dispersión del orden del 20%, excepto en los ítems de preguntas de selección múltiple con única respuesta del ejercicio de compuertas sumergidas (Presión hidrostática) para los cuales llega a ser hasta

del 60%, esto puede deberse, entre otras razones, al factor de adivinación. En futuros trabajos se utilizará un modelo IRT de tres parámetros que incluya el factor de adivinación (dificultad, discriminación y adivinación) con el fin de obtener resultados más confiables cuando se incluyan ítems de preguntas de selección múltiple con única respuesta.

7. Referencias

- [1] Héctor Mora Nawrath. "Breve guía de procedimientos para explorar validez y confiabilidad de cuestionarios. Aplicaciones con spss 11.0"
- [2] Bedford. (2008). *Mecánica para ingeniería ESTÁTICA*. Pearson, México, pp. 486
- [3] Beer, y Johnston. (2007). *Estática y Mecánica de Materiales*. McGraw-Hill, Inc. ER.
- [4] Boresi P, and Schmidt R (2011). *Engineering Mechanics: Statics General Engineering*. Brooks/Cole, Pennsylvania State University, pp. 553.
- [5] Assessment Systems. "Xcalibre 4.2" Software. Accessed (2014) Web page (<http://assess.com/xcart/product.php?productid=415>).
- [6] J. Restrepo (2011). "Generador automático de tareas como apoyo a los procesos de evaluación, asignatura estática".
- [7] Restrepo, J.L., Barbosa, J.L., Zapata, L.F. Resultados experimentales de la aplicación de un sistema de evaluación dinámico en la asignatura de Estática. En: *Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education (LACCEI, ISSN 1935-0295)*. Vol. 7, No. 1 (2013), pp. 1-11.
- [8] Zapata, L.F, Restrepo, J.L., Barbosa, J.L. improving student results in a statics course using a computer-based training and assessment system. En: *FIE 2013 CONFERENCE PROCEEDINGS, Oklahoma City, Oklahoma, Octubre 2013*.
- [9] Restrepo, J.L., Barbosa, J.L., Restrepo, A. Medición de los parámetros irt de una tarea dinámica en la asignatura estática. En: *World Engineering Education Forum, WEEF 2013, Cartagena, Colombia, septiembre 2013*. pp. 1-9.
- [10] I. Partchev (2004). "A visual guideto item response theory".

Sobre los autores

- **Jorge Luis Restrepo Ochoa**, Doctor en Ingeniería. Jefe Departamento y Carrera Ingeniería Mecánica. Universidad EAFIT. jrestrep@eafit.edu.co
- **Jaime Leonardo Barbosa**, Magister en Ingeniería. Profesor de planta en Ingeniería Mecánica. Universidad EAFIT. jbarbosa@eafit.edu.co
- **Andrés Restrepo Cadavid**, Estudiante de Maestría en Ingeniería. Profesor de cátedra en Ingeniería Mecánica. Universidad EAFIT. arestr44@eafit.edu.co

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)