

NIVEL DE APRENDIZAJE DE LA “ESTÁTICA” EN INGENIERIA MECÁNICA Y CARRERAS AFINES EN MEDELLÍN

COURSE OF “STATIC” IN MECHANICAL ENGINEERING AND SIMILAR PROGRAMS IN MEDELLÍN: DEGREE OF LEARNING

JORGE IVÁN GÓMEZ G

Msc., Profesor, Universidad Nacional de Colombia - Medellín, jigomezg@unal.edu.co

FRANCISCO JAVIER CASTRILLÓN M

Msc., Profesor, Universidad Nacional de Colombia – Medellín, fjcastri@unal.edu.co

JULIO CÉSAR JARAMILLO M.

Est., Ing. M., Universidad Nacional de Colombia – Medellín, jecaramillomo@unal.edu.co

Recibido para revisar Abril 4 de 2011, aceptado Junio 21 de 2011, versión final Agosto 17 de 2011

RESUMEN: Se evaluó el nivel de aprendizaje de la asignatura Estática dictada en las carreras de Ingeniería Mecánica y afines en la ciudad de Medellín. Para ello se desarrolló una prueba escrita, tipo selección múltiple con única respuesta. La prueba fue respondida por 42 estudiantes muestreados entre quienes habían aprobado la asignatura en el primer semestre de los años 2007 y 2008, en 6 instituciones universitarias de esta ciudad. Los resultados de la prueba, considerando los promedios, muestran como el proceso enseñanza-aprendizaje no satisface el mínimo exigido para aprobar una asignatura, según el sistema de calificación seguido en los pregrados en Colombia.

PALABRA CLAVE: Estática, nivel de aprendizaje, Ingeniería Mecánica, Taxonomía de Bloom, Medellín.

ABSTRACT: It was evaluated the level of learning of a Mechanical Engineering-Statics course in the city of Medellin. To this end, a written test with multiple-choice questions was developed. The test was taken by 42 students sampled from those who had passed the subject in the first terms of 2007 and 2008 at six academic institutions in the city. The test results, considering the average score, show how the teaching-learning process does not meet the minimum requirements to pass a subject, according to the grading system followed in undergraduate programs in Colombia.

KEYWORDS: Statics, level of learning, mechanical engineering, Bloom's taxonomy, Medellin

1. INTRODUCCIÓN

En el 2008, al dictarse la asignatura “*Mecánica de Materiales*” incluida en el pensum de Ingeniería Mecánica en la Universidad Nacional de Colombia - Medellín, se pudo detectar como varios estudiantes mostraban incompetencia al resolver ejercicios asignados en el texto guía, debido principalmente a la dificultad para solucionar la parte concerniente a la “*Estática*” implícita en éstos. Este hecho era llamativo, dado que todos los estudiantes ya habían aprobado la asignatura *Estática* dentro de los estándares regulares de exigencia. Cuando se compartió esta experiencia con otros docentes, no se percibió una sensación unánime frente a esta situación. Este hecho y sus circunstancias, motivaron indagar por el nivel de aprendizaje que se

viene dando con relación a la *Estática*, en las carreras de Ingeniería Mecánica y afines en la ciudad de Medellín.

2. LA “ESTÁTICA” Y POR QUÉ EVALUAR SU NIVEL DE APRENDIZAJE

2.1 Razón 1

El principal motivo para evaluar el nivel de aprendizaje de la *Estática*, yace en la necesidad de constatar si es fundada la sospecha de una formación deficiente en un tema de conocimiento esencial para el desempeño de las ingenierías: mecánica, mecatrónica y electromecánica. La importancia de la *Estática* en estas carreras, se constata documentalmente, revisando

los correspondientes planes de estudio y comprobando que estos incluyen los temas de la *Estática*, en el grupo de *asignaturas obligatorias*.

2.2 Razón 2

Si bien los autores han observado que un número significativo de estudiantes de Ingeniería Mecánica no logra apropiarse adecuadamente de algunos conceptos impartidos en el curso de *Estática*, estiman que este no es un fenómeno exclusivo de esta asignatura. Entonces, ¿porqué evaluar el nivel de aprendizaje de ésta con preferencia a otras? Además de ser una asignatura clave en las carreras aludidas, la *Estática* pertenece al grupo de asignaturas cuya conceptualización y manejo reside en conocimientos físicos, los de la *mecánica clásica*. En este tipo de asignaturas, los temas y conceptos tienen un nivel de estructuración y sistematización alta, aspectos que las hace exigentes por la rigurosidad lógica como deben manejarse, comparadas con otras de índole diferente como: fundición, humanidades y metodología de diseño, por ejemplo. A pesar de ser una materia comprendida en el grupo que requiere más rigurosidad lógica, luce bastante sencilla entre éstas; por lo que puede asumirse, que un rendimiento limitado del estudiante en *Estática*, indicaría un desempeño limitado en otras asignaturas con estructura lógica similar como: *Dinámica*, *Mecánica de Sólidos* y *Mecánica de Fluidos* entre otras, en el caso de ingeniería mecánica.

2.3 Razón 3

La promulgación de la ley 30 de 1992, que reglamenta la educación superior en Colombia, “...*crea el Sistema Nacional de acreditación, para garantizar que las instituciones que voluntariamente hacen parte de él cumplen los más altos requisitos de calidad y realizan sus propósitos y objetivos*” [1] Pág. 18. El acuerdo 06 de 1995 del Consejo Nacional de Educación Superior-CESU- fija las políticas que deben seguirse en materia de acreditación [1], Pág. 19. Actualmente, hay varios programas de ingeniería mecánica acreditados; así mismo, un número significativo de Universidades han recibido la acreditación institucional. Podría decirse entonces, que Colombia ha entrado en la cultura del cumplimiento de los más altos requisitos de calidad en Educación Superior. Así las cosas, conviene constatar si las exigencias de calidad trascienden la formación de los ingenieros, específicamente en los conocimientos

que se les “*imparten*”. El averiguar que sucede con la *Estática* entonces, brindaría *indicios* de la repercusión de dichas exigencias de calidad.

Los autores consideran pues, que una evaluación del nivel de aprendizaje de la *Estática* en las carreras de ingeniería mecánica y afines, permite conocer la eficacia que se está alcanzando en la enseñanza-aprendizaje de esta; además, indicaría el nivel de aprendizaje logrado en otras asignaturas con estructura y sistematización parecida. Para darle viabilidad al presente estudio, este se circunscribe a Medellín, aprovechando que en esta ciudad existen varios programas de ingeniería mecánica y carreras afines.

3. CONSIDERACIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN

Evaluar el nivel de conocimiento y manejo de un tema conlleva riesgos, especialmente cuando dicha evaluación es utilizada para descalificar y excluir; pero el no hacerlo, indicaría que las cosas marchan bien, o que se está conforme con el proceso de enseñanza-aprendizaje seguido. De otro lado, según la naturaleza del tema a enseñar, se emplean diferentes formas de medir el grado de dominio que un estudiante alcanza de una asignatura; tanto en el manejo de conceptos como en las destrezas al aplicarlos. Entre los que sólo pretenden medir encontramos: la respuesta escrita u oral a preguntas específicas; la elaboración de ensayos escritos; las entrevistas; la elaboración de mapas conceptuales [2]; y la solución cuantitativa a problemas de tipo cerrado. La realización de proyectos y la solución a problemas de tipo abierto [3], aunque utilizados para medir el conocimiento alcanzado, conllevan otra finalidad, la de ser un método de enseñanza. La escogencia y combinación de uno u otro medio de evaluación para medir el conocimiento en un curso particular, dependen de aspectos como: tipo de asignatura, preferencias del profesor, y circunstancias inter y extra curriculares que acompañan el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para hacer operativo este trabajo y poder establecer un indicador objetivo del nivel de aprendizaje alcanzado de la *Estática* y dada la nula interacción previa con la mayoría de los participantes, se consideró pertinente recurrir al *examen escrito*.

En Medellín existen 5 instituciones universitarias que ofrecen el programa de ingeniería mecánica, y dos

instituciones más, que ofrecen programas afines como las ingenierías mecatrónica y electromecánica; es decir, 7 programas, para un total de estudiantes que aprueban la asignatura por semestre cercano a 250. Como no se contaba con estímulo económico para motivar y garantizar la participación de los estudiantes que se seleccionarían para presentar la prueba, y a fin de propiciar su colaboración, se consideró que el tiempo y el esfuerzo que debía invertir un estudiante a la hora de responder el *examen escrito*, fuese acorde con el de una actividad de esta naturaleza cuando se participa de manera voluntaria. Así mismo, el elevado número de estudiantes por semestre, obligaba a evaluar una muestra en vez de toda la población.

De otro lado, para favorecer la confiabilidad de la investigación, era necesario diseñar un examen reproducible; es decir, que los aspectos ajenos al tema de conocimiento a evaluar, tuvieran mínima incidencia en el resultado. Las circunstancias expuestas, obligaron a descartar las pruebas que normalmente se aplican en un curso de ingeniería como éste y recurrir al formato empleado en pruebas tipo *Exámenes de Estado para el Ingreso a la Educación Superior -EEIES-* que imparte el ICFES [4], o el *Examen de Ciencias Básicas -EXIM-* [5]. Es decir, el formato de examen escrito escogido para este proyecto fue: *preguntas de selección múltiple con única respuesta*.

Se puede afirmar que todo estudiante que haya aprobado la asignatura *Estática* en cualquier centro universitario del país, necesariamente ha presentado: el EEIES; los exámenes escritos particulares para el ingreso a la institución donde está matriculado; al igual que una serie de pruebas en los cursos que ha tenido que aprobar para permanecer en la Universidad. Según el formato de la prueba pues, ningún estudiante que fuese convocado a un *examen escrito* debería tener dificultades resolviéndolo.

4. DISEÑO DE LA PRUEBA, ALTERNATIVAS Y CRITERIOS CONSIDERADOS

Una preocupación al diseñar una prueba es que esta llegue a medir lo pretendido; inquietud que adquiere más fuerza, si se atienden las objeciones que suele hacerse a las pruebas de “lápiz y papel”. Mírese el comentario de Tobón [6] pág. 100, con relación a la prueba EEIES: “*Revisando el tipo de preguntas que se*

hacen en el EEIES, encontramos...se corresponden con una característica general adscrita a las competencias, como el desempeño. Sin embargo, este se evalúa en el marco de una prueba escrita y no ante una situación real de la vida cotidiana”. Al respecto, se estima que la evaluación que se haga de la *Estática* a alguien que la vio y que aún no ha concluido la carrera, debe apuntar fundamentalmente a establecer un *saber hacer teórico*, más que un *saber procedimental en contexto*; pues si bien es una asignatura cuyo objeto de aplicación es eminentemente práctico, como herramienta de aplicación su campo reside en una actividad teórica, donde precisamente el “lápiz y el papel” son elementos indispensables para llevarla a cabo.

Superada la objeción de la *prueba escrita* como herramienta que pudiera evaluar un conocimiento relacionado con la *Estática*, se pensó estructurar el examen a la manera de la prueba EXIM [5], por la similitud con uno de los temas evaluados y el campo profesional a quien va dirigida. Dicha prueba evalúa competencias desarrolladas por los estudiantes en las áreas de matemática, física, química y biología que se ven a nivel de pregrado en las carreras de ingeniería. Dicha prueba busca medir competencias generales, según siete capacidades, agrupadas en tres categorías. Categoría 1- “*capacidad de abstracción, análisis y síntesis*”; categoría 2- “*capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica*”; y categoría 3- “*capacidad de identificar, plantear y resolver problemas*” [5], págs. 10 y 11. Por los ejemplos expuestos, [5], págs. 41 a 43, la prueba se ve bien estructurada y demandando las *capacidades* mencionadas; sin embargo, se encontró dificultades para adaptarla a los tests de este *proyecto*, ya que diferentes capacidades, algunas de ellas antagónicas, son agrupadas en una misma categoría, pasando a ser cada categoría un tipo de competencia. Dicho agrupamiento hace ambiguo y difícil discernir en las categorías 1 y 3, donde radicaría la impericia, cuando no se responde correctamente una pregunta. También se encontró que los términos incluidos en varias categorías de competencias, apuntan a destrezas diferentes, que en opinión de los autores, no alcanzan a ser desarrolladas por los estudiantes en un curso de *Estática*. Por ejemplo, la capacidad de síntesis demanda destrezas como *coleccionar, combinar, crear, diseñar*, cuyo desarrollo no se contemplan en una asignatura como la *Estática*, por ser este un curso de fundamentación. Estos fueron entonces los motivos

para no considerar el modelo de prueba EXIM en este proyecto.

Otro modelo considerado fue el de las pruebas EEIES. Con la publicación del documento “*Exámenes de estado: una propuesta de evaluación por competencias*” [7], se produjo un cambio en la forma de los EEIES. En este documento, se plantea un viraje de la evaluación memorística, hacia uno en el cual se busca determinar la capacidad adquirida en la resolución de problemas; es decir, la competencia adquirida en el manejo de conocimientos. Una revisión hecha a un modelo de formulario de preguntas para la prueba en el tema de física [8], permitió ver como las preguntas demandaban para su respuesta acertada, un conocimiento contextualizado en vez de uno memorístico. Si bien se admite un progreso en el diseño de esta prueba con relación a lo que se hacía antes, un enfoque exclusivo en la parte aplicativa del conocimiento impide apreciar donde podría estar presentándose la falla cuando no se acierta responder una pregunta dentro de un subtema. Por esta razón, tampoco se adoptó de manera exclusiva para las pruebas, el diseño de preguntas vigente hoy en los EEIES en áreas como la física.

Dado el cambio que se dio en el procedimiento de acreditación de los programas de pregrado de Ingeniería en EUA hacia el año 2000, por la *Accreditation Board for Engineering and Technology -ABET-* [9] y de algunas herramientas que se desarrollaron con el fin de poder concretar los objetivos educacionales de una carrera en la implementación de un curso [10], se consideró pertinente mirar si estas herramientas servirían en el diseño de la prueba entre manos.

Conviene recordar que un grupo de expertos en educación de EUA, asoció la taxonomía de Bloom en el dominio cognitivo [11] y la taxonomía de Krathwohl en el dominio afectivo [12] con los once “outcomes” fijados por la ABET en el tercer criterio de acreditación. *Outcome* se traduce aquí por: *logro posible de verificar*, se entiende que en lo concerniente a: *conocimientos, destrezas y actitudes* que debe tener un egresado, en concordancia con los objetivos educacionales del programa. Para cada combinación de un elemento componente de los “outcomes”, con un nivel de aprendizaje según las taxonomías citadas, asociaron *verbos*, a manera de habilidades, que expresan acciones observables y cuantificables [13]. Esto fue dispuesto en

una matriz, en la que los elementos de los “outcomes” (primera columna) y los niveles de aprendizaje (fila superior) son las entradas, con los *verbos (habilidades)* como las salidas. De esta manera, dependiendo del grado de *habilidad* requerido en un “outcome”, se selecciona uno o más verbos, los cual se conectan al tema de conocimiento.

La taxonomía de Bloom [11], permite definir el nivel de aprendizaje que se busca adquiriera un estudiante en una asignatura cursada. Dicha taxonomía en su dominio cognitivo consta de seis niveles, que en orden de exigencia creciente son: *conocer, comprender, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar*. En su desempeño profesional, es deseable que un ingeniero mecánico, o afín, demuestre un dominio de la *Estática* al nivel de *sintetizar y evaluar*; sin embargo, los autores consideran que estos niveles sólo se alcanzan cuando se obtiene el título de ingeniero; o después, tras una experiencia práctica en ingeniería que demande el concurso activo de la *Estática*.

De acuerdo a lo observado en la matriz donde se detallan las acciones que explicitan habilidades específicas para un “outcome” o elemento de éste, con relación al nivel cognitivo alcanzado [13], los autores consideran que un estudiante al finalizar el curso de *Estática*, debería tener un manejo de la asignatura que llegue hasta el *análisis*. Ahora bien, aquí se adopta como nivel máximo de competencia a medir, el de *aplicación*. Esta determinación se hizo para viabilizar la participación voluntaria de los estudiantes convocados. Se considera además, que esta delimitación de la prueba a los tres primeros niveles de la taxonomía de Bloom no es estricta, pues algunas habilidades descriptivas de los elementos del “outcome” A, el aplicable a la *Estática* en el nivel del *análisis*, están presentes en el de *aplicación*. Por ejemplo, el “outcome” A corresponde al logro de la habilidad de aplicar conocimientos de *matemática, ciencia e ingeniería*; y el alcanzarlo demanda: *identificar, escoger, y usar* herramientas; de índole más procedimental en el nivel cognitivo *aplicación*, y más conceptual y teórica en el del *análisis*.

Finalmente, el diseño adoptado para la prueba fue: **a)** Tres cuestionarios independientes, uno para el nivel *conocimiento*, otro para el de *comprensión* y uno para el de *aplicación*. **b)** Cada cuestionario contenía preguntas sobre 8 subtemas de la *Estática*, así: 1- Generalidades.

Conceptos de fuerza y momento; 2- Vector y la matemática correspondiente a su manejo; 3- Equilibrio de partícula; 4- Equilibrio de cuerpo rígido; 5- Fuerzas distribuidas y centroides; 6- Análisis de estructuras; 7- Fuerzas internas en vigas; 8- Fricción. **c)** Las preguntas en los cuestionarios de *conocimiento* y *comprensión* estuvieron en la medida de lo posible, relacionadas únicamente con un subtema. **d)** En el cuestionario sobre *aplicación* se omitió el subtema 1. Si bien cada pregunta del cuestionario 3 se buscó circunscribirla a un solo subtema, debe entenderse que el concurso de otros subtemas es necesario a la hora de resolver un problema. **e)** El primer cuestionario contenía 24 preguntas para ser respondido en un lapso de 30 minutos. El formato de selección múltiple escogido para este cuestionario favoreció las habilidades: *identificar* y *reconocer*, sobre

la de *describir* (términos, conceptos y principios). **f)** El segundo cuestionario contenía 24 preguntas, las cuales debieron ser respondidas con base en lecturas previas, 7 en total, en un lapso de 60 minutos. El formato escogido para éste, favoreció las habilidades: *diferenciar*, *interpretar* y *comparar* sobre la de *explicar* (términos, conceptos y principios). **g)** El último cuestionario fue diseñado con doce preguntas relacionadas con 10 enunciados, para ser resuelto con “libro abierto”. Los enunciados consisten en problemas como los que traen los textos clásicos; es decir, problemas de tipo cerrado. El lapso para responder este cuestionario fue de 90 minutos. Finalmente, el diseño de la prueba se ajustó en extensión, y en precisión de las preguntas, aplicándolo previamente en cuatro personas con conocimientos de *Estática*; 2 profesores y 2 estudiantes.

Tabla 1. Cuantificación del número de estudiantes por institución y por semestre que: aprobaron la asignatura; fueron convocados; aceptaron participar y acudieron a la prueba.

Institución	A		B		C		D		E		F	
	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
Semestre	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
Año	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Aprobaron	13	26	63	27	40	48	19	24	25	30	52	39
Convocados	3	6	12	4	10	8	6	4	6	4	8	6
Aceptaron	1	4	8	4	5	6	4	3	4	4	8	5
Se presentaron	1	3	5	1	5	5	3	2	3	3	6	5

Tabla 2. Caracterización de las calificaciones obtenidas por cada institución en la prueba de *Conocimiento*.

Institución	Media	Mediana	Desv. Estándar	Calif. Máxima	Calif. Mínima
A	57.29	58.33	5.24	62.50	50.00
B	50.69	45.83	10.11	62.50	37.50
C	50.41	50.00	10.84	70.83	37.50
D	66.66	62.50	11.02	83.33	54.17
E	39.58	35.42	12.00	58.33	29.17
F	61.74	62.50	17.36	87.50	33.33

Tabla 3. Caracterización de las calificaciones obtenidas por cada institución en la prueba de *Comprensión*.

Institución	Media	Mediana	Desv. Estándar	Calif. Máxima	Calif. Mínima
A	55.20	54.17	13.77	70.83	41.67
B	64.58	62.50	12.84	83.33	50.00
C	60.00	60.47	8.15	70.83	45.83
D	67.50	62.50	9.03	79.17	58.33
E	39.58	35.42	16.19	62.50	20.83
F	70.83	62.50	10.70	83.33	50.00

5. PROCEDIMIENTO SEGUIDO EN LA APLICACIÓN DE LA PRUEBA

Se muestrearon estudiantes que hubiesen aprobado la asignatura con base en la lista reportada por cada institución. De los cinco programas de Ingeniería Mecánica existentes en Medellín, se trabajó con cuatro de ellos; los ofrecidos por las Universidades de: Antioquia,

Eafit, Nacional y Pontificia Bolivariana. Para carreras afines, se trabajó con las Ingenierías Electromecánica del Instituto Tecnológico Metropolitano, y Mecatrónica de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

La limitante económica y el número de estudiantes que aprueban la asignatura semestralmente, obligaron fijar la muestra en 60 estudiantes. Para homogenizar

el muestreo se tuvo en cuenta la periodicidad con que se dicta la asignatura en las diferentes instituciones. Se acordó obtener la muestra entre los estudiantes que hubiesen aprobado la asignatura en los semestres 01 de 2007 y 01 de 2008. De acuerdo a las listas reportadas por las instituciones participantes, se contabilizó un universo de 406 estudiantes. El muestreo aleatorio fue proporcional al número de aprobados por universidad y según el semestre. Como no todos los estudiantes inicialmente convocados atendieron la invitación, fue necesario efectuar una segunda selección buscando completar los 60 de la muestra. La no aceptación se debió a: no disposición de tiempo; cambio de programa o por no continuar en la universidad. En la tabla 1 se resume para cada institución, según semestre y año del cual se tomó la muestra, los estudiantes que aprobaron la asignatura; número de estudiantes convocados (entre primer y segundo muestreo); los que aceptaron presentarla y el número de estudiantes que finalmente presentó la prueba. En razón a la confidencialidad demandada por las instituciones participantes, se omitió identificarlas por su nombre.

A los estudiantes que aceptaron presentar la prueba se les envió un instructivo en el cual se les explicaba en qué consistía el examen y de paso se les pedía: hicieran un repaso somero de la asignatura y llevaran un texto guía así como una calculadora. La prueba se programó para cada institución por separado, procurando con ello, mayor asistencia de los participantes. La prueba se aplicó en los meses de abril y mayo de 2009.

6. RESULTADOS

Cada *examen* se calificó entre 0 y 100. Posteriormente, los resultados se agruparon por institución y tipo de prueba, con el fin de determinar: *media*, *mediana*, *desviación estándar* y las *calificaciones máxima y mínima*. Los resultados aparecen en las tablas 2, 3 y 4. La tabla 5 presenta el consolidado (promedio aritmético) de las tres pruebas para cada institución.

Adicionalmente se encuestó al menos uno de los profesores que impartió los conocimientos de la *Estática* en los semestres muestreados en cada institución, con el fin de conocer *similitudes* y *diferencias* en contenidos y metodología. Seguidamente se destacan las más relevantes, sin identificar al docente ni a la institución para garantizar la confidencialidad. **a)** En todas las

instituciones se tuvo como guía y apoyo al curso uno o más textos. Los siguientes fueron los más reportados: Beer 1997 [14], Hibbeler 2004 [15], Bedford 2002 [16], Meriam 2002 [17]. **b)** En todas, la metodología seguida es una combinación de clase magistral y clase práctica (solución de problemas del libro por parte del estudiante con orientación del profesor). **c)** Sólo dos de las instituciones reportaron como parte de la metodología, el recurrir al aprendizaje basado en problemas (realización de un trabajo a lo largo del curso, sobre un problema más general y abierto que los ofrecidos en los textos; por ejemplo, definir y valorar las fuerzas a las que están sometidos los componentes de un dispositivo mecánico real). **d)** Sólo una de las instituciones contempla como parte de su metodología de enseñanza, sesiones de clase experimental. **e)** Cuatro instituciones ven la *Estática* como una asignatura independiente en un solo semestre; aunque en estas hay diferencias en la intensidad horaria, fluctuando entre 5 (la máxima) y 3 h/s (la mínima). **f)** Otras dos instituciones tienen programados los conocimientos de *Estática* con los de *Dinámica* en una sola asignatura, para un semestre con 6 h/s de intensidad. **g)** Solo una de las instituciones participantes incluye la totalidad de los temas tratados en los libros texto, las restantes exceptúan los temas de *trabajo virtual* así como *momentos* y *productos de inercia*

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este análisis no se establece correlaciones de los resultados con las *metodologías* y el *contexto* particular de cada institución; más que calificar el desempeño de cada institución frente a la *Estática*, se desea ver el comportamiento global en el proceso *enseñanza-aprendizaje en Medellín*. Adicional a esta, dos pautas generales fueron tenidas en cuenta en este análisis: una atinente a la representatividad de los datos recolectados; otra, el puntaje que se empleó como criterio para ver si el desempeño alcanzado puede considerarse satisfactorio.

Si bien la aceptación y participación de los estudiantes convocados no fue completa, este hecho no necesariamente afectó la aleatoriedad de la muestra, pues el tamaño inicial definido, se aumentó en número, para reemplazar las *unidades muestrales* inexistentes. Para ver si se logró una buena estimación con los tests, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk [18], la

cual es usada para chequear la normalidad. En el consolidado de los tres tests se tuvo un estadístico de prueba $W = 0,09602$ y un valor- $p = 0,15$. También se aplicó la prueba Shapiro-Wilk a cada uno de los test por separado, siendo todos ellos aproximadamente

normales, ver tabla 6. En dicha tabla se aprecia que todos los *valores-p* son relativamente altos, y si se trabaja con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$, se logra asegurar la normalidad aun en el test de *comprensión*.

Tabla 4. Characterization of the grades obtained by each institution in the test application.

Institución	Media	Mediana	Desv. Estándar	Calif. Máxima	Calif. Mínima
A	43.75	41.67	17.18	66.67	25.00
B	49.99	58.33	5.28	66.67	50.00
C	54.99	58.33	20.49	83.33	16.67
D	58.33	58.33	27.00	91.67	16.67
E	33.33	29.17	12.91	58.33	25.00
F	50.75	50.00	15.12	75.00	25.00

Tabla 5. Consolidado de las calificaciones obtenidas por cada institución en las tres pruebas.

Institución	Media	Mediana	Desv. Estándar	Calif. máxima	Calif. mínima
A	53.75	51.67	7.98	65.00	46.67
B	56.11	57.50	10.78	70.00	36.67
C	55.16	55.83	8.03	66.67	38.33
D	64.00	61.67	11.50	83.33	58.33
E	38.33	35.00	12.61	56.67	25.00
F	63.18	61.67	11.73	83.33	43.33

Para establecer si el proceso *enseñanza- aprendizaje* de la *Estática* en Medellín se puede considerar satisfactorio, se escogió el puntaje de 60. Podría objetarse que un puntaje de 60 en una escala de 0 a 100 representa solo el 60% de los conocimientos y competencias que debería tener un estudiante que haya aprobado dicha asignatura; no obstante, como la escala de calificación utilizada en los pregrados en Colombia va de 0,0 a 5,0; con el 3,0 como la nota mínima aprobatoria, se ve adecuado escoger a 60 como el puntaje para calificar la efectividad del proceso enseñanza-aprendizaje transcurrido un tiempo. Además este valor, al menos nominalmente, está acorde con las exigen-

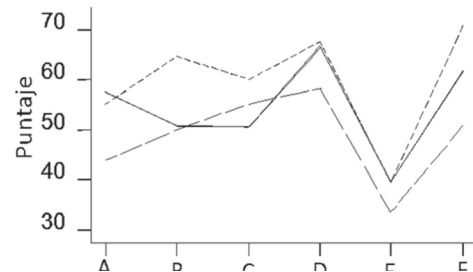


Figura 1. Puntajes discriminados por institución en los tres tests: línea continua - *conocimiento*;

trazos cortos - *comprensión*; trazos largos - *aplicación*

cias que cada institución impuso a los diferentes participantes cuando aprobaron la asignatura.

En las tablas 2, 3 y 4 se aprecia según el promedio de los puntajes por institución y por test, que el mejor desempeño fue para el de *comprensión*, ya que cuatro de las instituciones estuvieron por encima de 60. Le siguió el test de *conocimiento*, donde solo dos instituciones estuvieron por encima de 60 puntos. En el test *aplicación* se dio el peor resultado, pues ninguna institución superó los 60 puntos. En la figura

Tabla 6. Aplicación de la prueba de *Shapiro-Wilk*

Prueba	Estadístico de prueba, W	Valor-p
Resultado Consolidado	0.9602	0.1500
Conocimientos	0.9581	0.1262
Comprensión	0.9478	0.0540
Aplicación	0.9716	0.3720

1 se grafica el comportamiento obtenido por cada institución en las tres pruebas. La tabla 5 presenta el consolidado del puntaje promedio de los tres tests para cada institución. Este comportamiento puede verse de manera gráfica en la figura 2.

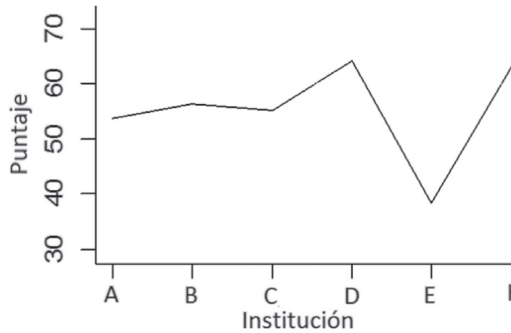


Figura 2. Puntaje consolidado de las instituciones participantes.

Tabla 7. Calificación consolidada de las tres pruebas por subtemas para cada institución.

Institución \ Tema	A	B	C	D	E	F	Σ
1. Concepto de fuerza y momento	75.0	33.3	53.3	46.7	44.4	63.6	316.3
2. Vectores y su manejo	71.9	68.8	62.5	82.5	39.6	69.3	394.6
3. Equilibrio de partícula	46.4	47.6	60.0	57.1	40.5	63.6	315.2
4. Equilibrio de cuerpo rígido	50.0	73.8	61.4	71.4	42.9	74.0	373.5
5. Fuerzas distribuidas y centroides	56.3	79.2	53.8	55.0	35.4	68.2	347.9
6. Análisis de estructuras	46.9	45.8	50.0	67.5	33.3	56.8	300.3
7. Fuerzas internas en vigas	40.6	52.1	56.3	80.0	31.3	64.8	325.1
8. Fricción	53.6	50.0	51.4	65.7	21.4	53.2	295.3

En la tabla 7 se muestra el puntaje promedio consolidado de cada institución para cada uno de los 8 temas evaluados. El puntaje para cada tema es el acumulado entre todas las instituciones y totalizado en la última columna, " Σ ". Es pertinente destacar lo siguiente: **a)** Solo en 2 temas la sumatoria del resultado entre todas las instituciones participantes supera los 360 puntos, que corresponde a una calificación de 3,0; dichos temas fueron el de *vectores* con una nota de 3,3 y el de *equilibrio de cuerpo rígido*, con una nota de 3,1. **b)** Los 2 temas que menos se dominan son *análisis de estructuras*, con una nota equivalente de 2,5; y el de *fricción*, con una nota de 2,4.

Cabe preguntar, qué porcentaje entre los estudiantes participantes aprobaron la prueba. De nuevo tomando a 60 puntos como la nota aprobatoria y considerando los diferentes percentiles [19] para cada prueba y el consolidado, se halló que en la prueba de *conocimiento*

De acuerdo a la taxonomía de Bloom, se esperaba que el mejor desempeño se hubiese dado en el test de *conocimiento*, seguido por el de *comprensión* y por último el de *aplicación*. Al echar una mirada a los puntajes de los tres tests, se aprecia como dicho comportamiento no se cumple. En opinión de los autores el test que no sigue el comportamiento esperado es el de *comprensión*, pues los textos incluidos en dicha prueba, más que describir situaciones que involucren el uso de términos y conceptos de la *Estática* de manera *problemática*, corresponden a conocimientos expuestos en los libros, pero redactados de manera densa.

De las tablas 2, 3, 4 y 5 puede apreciarse que no existe una diferencia significativa entre media y mediana, algo que estaría corroborando la normalidad de la distribución antes señalada cuando se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk.

el 60,9% de los participantes la reprobaron. En la prueba de *comprensión* el 42,9% no la aprobaron. La prueba de *aplicación* fue reprobada por el 78,6%. La tabla 8 presenta el porcentaje de estudiantes que superaron la prueba.

Al separar la muestra, entre los estudiantes que aprobaron la asignatura en el semestre 01-2007 y los de la cohorte del 01-2008, ver tabla 9, se percibe un desempeño mejor, en el grupo de estudiantes que la cursaron más recientemente. Esto mostraría el efecto del tiempo, 1 año, en la retención de conocimientos.

Tabla 8. Percentiles de aprobación de las diferentes pruebas y el consolidado.

Prueba	Percentiles sobre 60
Consolidado	38.1
Conocimiento	30.1
Comprensión	57.1
Aplicación	21.4

Tabla 9. Puntajes promedios según semestre en que fue cursada.

Prueba	01-2008	01-2007
Consolidado	60.00	52.82
Conocimiento	58.77	50.90
Comprensión	64.03	58.51
Aplicación	54.38	45.28

8. RECAPITULACIÓN, CONCLUSIÓN Y CONSIDERACIONES

- Se diseñó e impartió una prueba para evaluar el nivel de aprendizaje de la Estática en estudiantes de Ingeniería Mecánica y afines en la ciudad de Medellín.
- Dicha prueba estuvo compuesta de 3 cuestionarios enfocados cada uno en evaluar los 3 primeros niveles del dominio cognitivo según la taxonomía de Bloom.
- El formato escogido para los cuestionarios fue el de selección múltiple con única respuesta.
- Estudiantes de 6 entre 7 instituciones que contemplan el programa de Ingeniería Mecánica o una carrera afín, presentaron la prueba.
- Se omitió dar una clasificación del desempeño y establecer una correlación con el contexto en que se imparte dicha asignatura en cada institución, a fin de preservar la confidencialidad exigida por las instituciones.
- Los puntajes obtenidos en las pruebas, una vez promediados, muestran que el nivel de aprendizaje de la Estática está por debajo del 3,0, en la escala de calificación de 0 a 5, que es la nota mínima para aprobar una asignatura en los pregrados que se cursan en Colombia.
- El cuestionario donde se presentó un mejor desempeño fue en el de *comprensión* -segundo nivel cognitivo-. En este cuestionario, 4 de las 6 instituciones participantes superaron la nota mínima aprobatoria.
- El cuestionario donde se dio el peor desempeño, fue en el de *aplicación* -tercer nivel cognitivo-. Ninguna de las instituciones obtuvo un promedio de nota que

superara el 3,0.

- Los temas contemplados en la prueba fueron: **a)** Fuerza y Momento; **b)** Vectores y su manejo; **c)** Equilibrio de partícula; **d)** equilibrio de cuerpo rígido; **e)** Fuerzas distribuidas y centroides; **f)** Análisis de estructuras; **g)** Fuerzas internas en vigas; **h)** Fricción.
- Según el *consolidado* de los temas evaluados de la Estática, el que arroja un mayor dominio entre todos los participantes es el correspondiente al tema de *vectores y su manejo*, seguido por el de *equilibrio de cuerpo rígido*. Estos fueron los únicos temas en el que el puntaje superó el mínimo aprobatorio.
- Según el *consolidado*, de los temas evaluados el de más bajo dominio fue el de *fricción*, seguido por el de *análisis de estructuras*.
- Entre los estudiantes que presentaron la prueba, solo el 38,1% superó la calificación de 3,0 en el *consolidado* de los 3 tests.
- Se percibe una merma en el dominio de la asignatura con el transcurrir del tiempo.
- Se concluye entonces que, después de transcurrido el año de haber aprobado la *Estática*, en Medellín, más del 60% de los estudiantes que cursan ingeniería mecánica o una carrera afín, muestran un desempeño inferior a 3,0.
- Cabe considerar con base en los resultados, hasta donde los procesos de acreditación están repercutiendo en la estructura, planeación y didáctica de asignaturas como la *Estática*, de tal manera que se de una formación con calidad.
- Es válido suponer con base en los resultados, que un porcentaje considerable de estudiantes que cursan asignaturas cuya conceptualización y manejo reside en la física clásica, no logran asimilarlas de manera significativa.

RECONOCIMIENTOS

Esta investigación fue posible gracias a la financiación dada por la Dirección de Investigación de la UNAL - Medellín, y al tiempo concedido por la Universidad Nacional de Colombia a los profesores participantes.

REFERENCIAS

- [1] CONSEJO NACIONAL DE ACREDITACIÓN. Lineamiento para la acreditación de Programas. CNA. Bogotá, 128 P. 2006.
- [2] Novak, J. D, y Gowin, B., Aprendiendo a aprender. Ediciones Martínez Roca S.A. Barcelona, 228 P. 1999.
- [3] García, E., Prácticas Externas. Capítulo en: Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias – Mario De Miguel Díaz coordinador. Alianza Editorial. Madrid, 230 P. 2006.
- [4] Marín, R., Examen de Estado. Evaluación por Competencias. Inglés. Editorial Panamericana. Bogotá, 32 P. 2000.
- [5] ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE FACULTADES DE INGENIERÍA, EXIM -Examen de ciencias básicas. Informe año 2007. ACOFI, Bogotá, 46 P. 2008.
- [6] Tobón, S., Competencias en la Educación Superior. Políticas hacia la calidad. Ediciones Ecoe Ltda. Bogotá, 220 P. 2006.
- [7] Hernández, C. A., Rocha, A. y Verano, L., Exámenes de Estado. Una propuesta de evaluación por competencias. ICFES. Bogotá, 1998.
- [8] López, A., Pre ICFES / Pre Universitario. Distribuidora Escar EU. Colombia, 145 P. sin fecha de publicación.
- [9] Felder, R. M. and Brent, R., The ABC'S of engineering education: ABET, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on. Proceedings of the 2004 American's Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. Session 1375, 12 P. 2004
- [10] Felder, R. M. and Brent, R. Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria. Journal of Engineering Education, January. pp. 7-25, 2003.
- [11] Bloom, B.S.,-Editor, Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 1. Cognitive domain. David McKay Co. USA, 207 P. 1956.
- [12] Krathwohl, D. R., Bloom, B. S. and Massia, B. B., Taxonomy of Educational Objectives. Handbook 2. Affective Domain. Addison-Wesley. New York, 1984.
- [13] Besterfield-Sacre, M. E., et al., Defining the outcomes: A framework for EC 2000. IEEE Transactions on Engineering Education 43 (2); pp. 100-110. 2000.
- [14] Beer, F.P. and Johnston, E.R., Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Sexta Edición., McGraw- Hill/ Interamericana Editores, México, 599 P. 1999.
- [15] Hibbeler, R. C., Mecánica Vectorial para Ingenieros – Estática. Décima Edición. Pearson Educación, México, 656 P. 2004.
- [16] Bedfor, A. and Fowler, W.T., Mecánica para Ingeniería – Estática. Quinta Edición. Pearson Educación, México, 656 P. 2008.
- [17] Meriam, J.L. and Kraige, L.G.. Engineering Mechanics STATICS. Fifth edition. John Wiley & Sons, Inc. USA, 494 P. 2002.
- [18] Lehmann, E.L., Elements of Large-Sample Theory. Springer Texts in Statistics. New York, pp. 349-437. 1999.
- [19] Seffing, R.J., Approximation Theorems of Mathematical Statistics. John Wiley & Sons. New York, 1980.