



**Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:  
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOOC DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO**

**Jorge Luis Restrepo Ochoa, Jaime Leonardo Barbosa Pérez, Julián Arenas Berrío**

**Universidad EAFIT  
Medellín, Colombia**

## **Resumen**

Debido al bajo rendimiento de los estudiantes en la asignatura Estática hasta 2011, cuyo índice de aprobación era de 48.8%, la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT desarrollo una plataforma virtual para que los estudiantes puedan entrenarse y los docentes evalúen el aprendizaje de la asignatura con ejercicios implementados en un sistema dinámico que genera una versión diferente por cada intento. Desde 2012, la plataforma virtual ha sido utilizada por 1909 estudiantes de ingeniería mecánica, civil y de producción como apoyo para las clases presenciales, logrando que la deserción disminuya un 21% y la aprobación incremente en un 17.2%.

A razón de la experiencia obtenida con el desarrollo de la plataforma virtual y los resultados en cuanto a aprobación del curso, se crea un curso online masivo abierto (MOOC) de introducción a la ingeniería mediante el análisis estático que provee a los estudiantes internos y externos a la universidad los conceptos básicos de la asignatura, en cuanto a manejo de partículas y cuerpos rígidos en dos y tres dimensiones mediante la visualización de videos, lectura de material bibliográfico y desarrollo de actividades como talleres y pruebas evaluativas.

El presente trabajo muestra la metodología utilizada para la construcción del MOOC, la elaboración de los elementos multimedia y la integración de los ejercicios programados en la plataforma virtual de uso interno para estudio y evaluación de los estudiantes matriculados en el curso abierto.

**Palabras clave:** educación en ingeniería; MOOC; estática

## **Abstract**

*Due to the poor performance of students in Statics course until 2011, whose approval rating was 48.8%, the Engineering School of EAFIT university has developed a virtual platform for students to train and for teachers to evaluate the learning of the subject with a series of exercises implemented in a dynamic system that generates a different version of exercises for each attempt. Since 2012, the virtual platform has been used by 1909 students of mechanical, civil and production engineering as support for their face-to-face classes, it was achieved that dropout rates decreased by 21% and approval increased by 17.2%.*

*A reason for the gained experience with the development of the virtual platform and results regarding course approval, an open massive online course (MOOC) called introductory engineering by static analysis is created, it provides to internal and external students the basics of the course, in terms of handling particles and rigid bodies in two and three dimensions by watching videos, reading materials and making activities such as workshops and evaluative tests.*

*This work shows the used methodology to MOOC construction, the development of multimedia elements and the integration of programming exercises in the internal virtual platform to study and evaluation of students enrolled in the open course.*

**Keywords:** *engineering education; MOOC; statics*

## **1. Introducción**

La asignatura Estática forma parte del ciclo básico de ingenierías civil, mecánica y de producción, y presenta problemas para su comprensión y aprobación, en el caso de la universidad EAFIT, el índice de aprobación de estudiantes matriculados era de 48.8% y la deserción se encontraba alrededor del 30% en los registros oficiales hasta 2011, por lo cual la Escuela de Ingeniería implementó una plataforma virtual para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes al contar con un herramienta de apoyo a las clases presenciales (Restrepo, 2012; Restrepo, *et al.*, 2012; Restrepo, *et al.*, 2013).

Para el estudio de las ciencias físicas, tal como lo es Estática, es común encontrar trabajos desarrollados en plataformas virtuales para apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde se utilizan laboratorios remotos, tareas dinámicas, materiales multimedia y simulaciones (Conejo, *et al.*, 2008; Akpınar, 2014; Alamán, *et al.*, 2014). En particular para el curso de Estática, se encuentra en la literatura trabajos que reseñan la implementación de plataformas virtuales y su eficiencia para mejorar el desempeño de los estudiantes, según estos estudios son diversas las alternativas aplicadas para lograr el aprendizaje de los conceptos de la Estática por parte de los estudiantes (Dollár, 2006; Steif, 2008; Burkhardt, *et al.*, 2013; Haron, *et al.*, 2014).

Debido a la revolución que han logrado los cursos abiertos masivos en línea o MOOC (Massive Open Online Courses, por sus siglas en inglés), se busca ofrecer a la comunidad educativa un MOOC de introducción a la ingeniería mediante el análisis estático que provee a los estudiantes internos y externos a la universidad los conceptos básicos de la asignatura, en cuanto a manejo de partículas y cuerpos rígidos en dos y tres dimensiones mediante la visualización de videos, lectura de material bibliográfico y desarrollo de actividades como talleres y pruebas evaluativas.

Se desarrolló el MOOC de conceptos básicos de Estática porque al realizar una búsqueda en tres de las principales plataformas donde se imparten dichos cursos educativos, como Coursera, MiriadaX y edX, no se encuentran resultados en español para un curso relacionado con la mecánica vectorial para ingenieros, en consecuencia se pretende suplir esta necesidad para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje en Estática en habla hispana.

En el presente artículo se muestra la metodología seguida para desarrollar el MOOC, enunciando la estrategia educativa definida, la producción del material educativo y la orientación a los estudiantes inscritos en el MOOC de introducción a la ingeniería mediante el análisis estático.

## 2. Método

Estática es una asignatura de primer año de ingeniería cuyos principios y leyes son insumos para cursos avanzados de la carrera y para aplicaciones profesionales en diseño y análisis de sistemas técnicos (Beer, *et al.*, 2013), por ello en el MOOC se introduce al estudiante los conceptos básicos a tener en cuenta cuando trata con fuerzas y momentos aplicados en partículas y cuerpos rígidos analizando su equilibrio estático. A continuación se presenta la metodología aplicada para desarrollar el MOOC la cual es recomendada por Luis Fernando Correa Calle, gerente de Operaciones e Innovación de Universia Colombia y ajustada a los requerimientos de la Universidad EAFIT para desarrollar el curso:

### I. Preliminares

La creación de recursos educativos implica definir los motivos que los originan y establecer el plan de trabajo, por lo cual se consideran los aspectos preliminares para la realización del MOOC.

#### *Selección de los temas del curso*

La asignatura Estática es dictada con base en libros guía de diversos autores y con tradición en la enseñanza de esta parte de la mecánica, es común iniciar el curso con la fundamentación vectorial para tratar la estática de partículas, el equilibrio de partículas, conceptos de cuerpos rígidos y equilibrio de cuerpos rígidos para luego dar paso a las aplicaciones del equilibrio estático con centroides, estructuras, vigas, cables, fricción, momentos de inercia y trabajo virtual. Ante la extensión de los temas, el grupo de trabajo decide desarrollar múltiples MOOCs, el primero, del cual trata este artículo es acerca de los conceptos y la fundamentación para el análisis estático en partículas, y los posteriores tratarán los cuerpos rígidos y las principales aplicaciones en ingeniería.

### *Propósitos*

El objetivo de desarrollar el MOOC consiste en apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje de Estática en habla hispana para una asignatura con altos niveles de pérdida, y a nivel específico, mejorar la plataforma virtual usada con los estudiantes matriculados en la universidad mediante la elaboración de material multimedia que apoye los procesos presenciales. Además, realizar investigación en torno a las barreras que dificultan el aprendizaje de conceptos estudiados en Estática.

### *Indicadores*

Para medir la pertinencia del MOOC se fijan como indicadores el número de estudiantes matriculados y lugar de origen, Porcentaje de estudiantes que terminan el curso respecto a los matriculados, número de estudiantes de EAFIT que toman el curso y las calificaciones obtenidas.

### *Equipo de trabajo*

El proyecto de desarrollo del MOOC estará a cargo del jefe de carrera, Jorge Luis Restrepo Ochoa, el coordinador de la asignatura, Jaime Leonardo Barbosa Pérez y el docente Julian Arenas Berrio, quienes contarán con el apoyo de EAFIT virtual para la elaboración del material multimedia y otros aspectos técnicos.

## **II. Estrategia educativa**

La estrategia educativa considera el diseño instruccional del MOOC, donde se requiere definir los objetivos de aprendizaje, los temas, la estructura y secuencia de estudio, las actividades que realizarán los estudiantes y la información concerniente a la evaluación.

### *Objetivos de aprendizaje*

Con una dedicación semanal de 4 horas durante las cinco semanas de duración del curso, el estudiante estará en capacidad de lograr las siguientes habilidades:

- Calcular componentes cartesianas de fuerzas en el plano y en el espacio
- Obtener la resultante de fuerzas aplicadas en una partícula
- Determinar los momentos originados por fuerzas aplicadas en un cuerpo rígido
- Deducir a partir de un sistema de fuerzas el sistema equivalente fuerza momento
- Definir de forma clara el diagrama de cuerpo libre de fuerzas aplicadas en una partícula
- Definir de forma clara el diagrama de cuerpo libre de fuerzas y momentos aplicados en un cuerpo rígido
- Analizar a partir de las leyes de Newton el equilibrio de fuerzas en una partícula
- Analizar a partir de las leyes de Newton el equilibrio de fuerzas y momentos en un cuerpo rígido
- Encontrar el centroide de un cuerpo rígido y analizar su equilibrio estático

### *Temas*

El curso MOOC está desarrollado alrededor de los fundamentos y conceptos básicos de la asignatura Estática, por lo cual se tratan los siguientes temas: Componentes rectangulares fuerzas en el plano y en el espacio,

Resultante de fuerzas aplicadas en una partícula, Equilibrio de fuerzas en una partícula, Diagramas de cuerpo libre, Momentos en cuerpos rígidos, Resultante de fuerzas y momentos en cuerpos rígidos, Equilibrio de fuerzas y momentos en cuerpo rígido, Centroide de un cuerpo rígido

#### *Actividades de aprendizaje*

Como actividades de aprendizaje se consideran las acciones donde el estudiante se encuentra produciendo algo, por ejemplo, visualizar videos y estudiar el material de texto no se consideran actividades, en consecuencia, las actividades de aprendizaje serán la realización de talleres con ejercicios prácticos de los temas, los cuales tendrán retroalimentación inmediata y niveles de dificultad crecientes para guiar el proceso de aprendizaje.

#### *Evaluación*

En el curso MOOC el estudiante debe aprobar el 75% de los 4 módulos estudiados para obtener el certificado de participación, en caso de requerir el certificado de aprobación debe lograr 100% de todos y cada uno de los módulos. Cada módulo representa un 25% de la nota total del curso

### **III. Preproducción**

En esta etapa de elaboración, se realiza una revisión del material existente utilizado en la plataforma virtual y con posibilidad de incluirse en el MOOC, se cuenta con algunos videos de ejercicios realizados y se toma en cuenta todo el banco de preguntas generado para entrenamiento y evaluación de los estudiantes desde el año 2012.

Se realiza la redacción de guiones para el video introductorio del curso y los videos teóricos prácticos, se opta por explicar la teoría ejemplificando los conceptos con ejercicios prácticos para que no se vuelva complicada al estudiante. Además, se realiza la planeación del material de lectura y los talleres que se incluirán en el curso.

### **IV. Producción**

En la etapa de producción se cuenta con el apoyo de EAFIT Virtual, dependencia de la universidad que asiste en la grabación, edición y montaje de los videos para el curso. El formato utilizado para filmar los videos es tradicional, donde el docente experto en la asignatura escribe en el tablero los conceptos y procedimientos utilizados en la solución de ejercicios, la duración de los videos se limita a 10 minutos, tiempo recomendado por el asesor de Universia.

Los recursos bibliográficos, los talleres y los quices son elaborados en esta etapa buscando secuencias de aprendizaje que faciliten el estudio individual del estudiante, no se utilizan foros ni evaluación por pares para trabajos escritos, que son funcionalidades que ofrecen los MOOCs.

## V. Montaje plataforma

La plataforma seleccionada es MiriadaX por su impacto y presencia a nivel hispano hablante, además se contó con asesoría de Universia Colombia para el proceso de elaboración del MOOC y el proceso de revisión, entidad cofundadora de dicha plataforma.

Para el montaje del MOOC en la plataforma, se debe cumplir con los requerimientos y especificaciones para cursos de este tipo, luego se configuran fechas y condicionales, espacios de interacción, secuencias de aprendizaje, carga de contenido y validación del funcionamiento a cargo del personal técnico de la plataforma.

## VI. Difusión

Los MOOCs en MiriadaX tienen un mes de difusión con el fin de lograr la mayor cantidad posible de alumnos matriculados, que generalmente es superior a mil estudiantes de diversos países (Miriada X, 2016). También se realizan boletines de prensas en medio informativos, promoción por correo electrónico, publicación en blogs temáticos y en redes sociales

## 3. Resultados

Se obtiene un MOOC de introducción a la ingeniería mediante análisis estático que cubre los conceptos básicos para solucionar problemas que involucran partículas donde se requiere plantear el equilibrio de fuerzas.

La secuencia de aprendizaje se estructura de la siguiente manera: Estudiar en primer lugar las componentes rectangulares de fuerzas en el plano y en el espacio, luego de tener la habilidad para encontrar las componentes se obtiene la resultante de fuerzas aplicadas y el equilibrio de fuerzas en una partícula.

### Equilibrio ESTÁTICO

El arreglo de cables mostrado en la figura es utilizado para sostener un cilindro con un peso  $W$ . Se sabe que la fuerza ejercida por el cable AD es de 2970 kg y además que  $n = 13$  cm,  $p = 6$  cm,  $a = 2.0$  m  $b = 0.8$  m,  $c = 1.5$  m y  $d = 1.8$  m. Determinar.

1. El vector dirección de la fuerza AB.
2. El vector dirección de la fuerza AC.
3. El vector dirección de la fuerza AD.
4. La magnitud de la fuerza AB.
5. La magnitud de la fuerza AC.
6. El peso  $W$  del cilindro.

Figura 1. Ejemplo de presentaciones de estudio en el MOOC

La fecha de publicación y difusión del MOOC se realizará en el segundo semestre de 2016 para incluir los estudiantes internos de la universidad que toman el curso y supone una población de 300 estudiantes, además contar con estudiantes externos que se matriculen por la plataforma Miriadax.

El material de estudio resultante consiste en videos teóricos prácticos tal como se muestra en la fig 2. el docente plantea el ejercicio, realiza las ecuaciones y los cálculos durante la grabación para mantener al estudiante concentrado siguiendo el procedimiento. Además, se obtiene material de lectura con la teoría condensada cubriendo los conceptos básicos, y un banco de preguntas de selección múltiple con única respuesta para que el estudiante pueda desarrollar ejercicios.

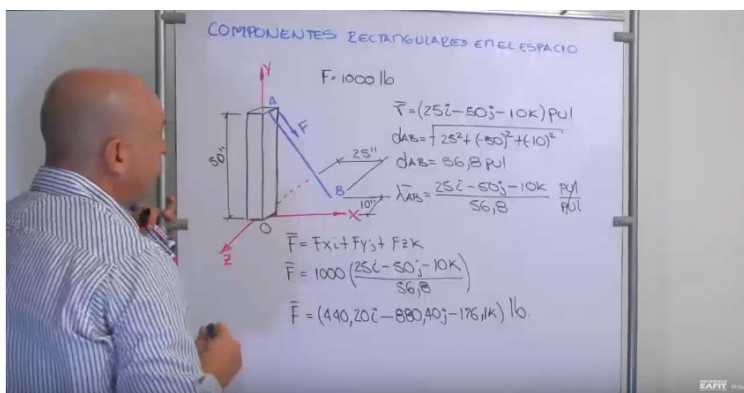


Figura 2. Ejemplo video sobre solución de ejercicios

#### 4. Conclusiones

En el presente trabajo se mostró la metodología seguida para realizar un MOOC de introducción a la ingeniería mediante análisis Estático, el cual busca suplir una necesidad en las plataformas que albergan estos cursos y no cuenta con la asignatura Estática en español.

Se brinda a los estudiantes los conceptos básicos de partículas, futuros trabajos consisten en desarrollar MOOCs sobre cuerpos rígidos y las aplicaciones en ingeniería como continuación del MOOC de conceptos básicos para partículas.

Se realizaron los videos de ejercicios mediante el formato tradicional en el cual el docente escribe en el tablero debido a que es un formato económico de producir y mantiene al estudiante concentrado en el procedimiento que se va realizando en la explicación.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la universidad EAFIT por su soporte logístico y financiero para realizar el presente trabajo, en especial a la dependencia de EAFIT Virtual por su apoyo en la elaboración de materiales multimedia.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas

- Akpinar, E. (2014). The Use of Interactive Computer Animations Based on POE as a Presentation Tool in Primary Science Teaching. *Journal of Science Education and Technology*, 23(4), 527-537.
- Burkhardt, J. (2013). The Effectiveness of Additional Class Contact Time on Student Performance in Statics. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 41(2), 169-177.
- Dollár, A., & Steif, P. (2006). Learning Modules for Statics. *International Journal of Engineering Education*, 22(2), 381-392.
- Dollár, A., & Steif, P. (2008). An Interactive, Cognitively Informed, Web-Based Statics Course. *International Journal of Engineering Education*, 24(6), 1229-1241.

### Libros

- Beer, F., Johnston, R., & Mazurek, D. (2013). *Mecánica vectorial para ingenieros* Décima edición. México: McGraw Hill.

### Memorias de congresos

- Alamán, X., Carro, I., Claros, R., Cobos, L., Echeverría, J., Gómez, P., & Haya, F. (2014). Exploring on e-learning enhancement by mean of advanced interactive tools: The GHIA (Group of Advanced Interactive Tools) proposals. *Frontiers in Education Conference*. Madrid.
- Conejo, R., Barros, B., Guzmán, E., & Gálvez, J. (2008). Formative evaluation of the SIETTE collaborative testing environment. *Proceedings of the 16th International Conference on Computer in Education, ICCE08*. Taipei.
- Haron, H., Hussain, N., Salim, K., Ali, R., & Harun, H. (2014). Confirming Self-Regulation Construct Items for Students Learning Statics. *2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering*.
- Restrepo Ochoa, J. L. (2012). GENERADOR AUTOMÁTICO DE TAREAS COM APOYO A LOS PROCESOS DE EVALUACIÓN, ASIGNATURA ESTÁTICA. *Reunión Nacional ACOFI 2012*. Medellín.
- Restrepo, J., Barbosa, J., & Restrepo, A. (2013). Medición de los parámetros IRT de una tarea dinámica en la asignatura Estática. *World Engineering Education Forum*. Cartagena.

### Fuentes electrónicas

- Miriada X. (09 de junio de 2016). *Miriada X - Nuestro números*. Obtenido de <https://miriadax.net/web/guest/nuestros-numeros>



## Sobre los autores

- **Jorge Luis Restrepo Ochoa**, Doctor en Ingeniería. Jefe Departamento y Carrera Ingeniería Mecánica. Universidad EAFIT. [jrestrep@eafit.edu.co](mailto:jrestrep@eafit.edu.co)
- **Jaime Leonardo Barbosa**, Magister en Ingeniería. Profesor de planta en Ingeniería Mecánica y coordinador área expresión gráfica y Estática. Universidad EAFIT. [jbarbosa@eafit.edu.co](mailto:jbarbosa@eafit.edu.co)
- **Julián Arenas Berrío**, Estudiante maestría en Ingeniería. Profesor de cátedra en Ingeniería Mecánica. Universidad EAFIT. [jarenas5@eafit.edu.co](mailto:jarenas5@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 © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)