

The effect of a virtual assessment system on the academic performance in a Statics course in engineering.

Jaime Leonardo Barbosa Pérez, Magister¹, Jorge Luis Restrepo Ochoa, PhD¹, Andrés Restrepo Cadavid, Magister¹, Juan Pablo Roman Calderon, PhD¹ y Carlos Andres Restrepo Garcia, Bachelor Engineering¹

¹EAFIT University, Colombia, jbarbosa@eafit.edu.co, jrestrep@eafit.edu.co, arestr44@eafit.edu.co, jromanca@eafit.edu.co, crestr19@eafit.edu.co

Abstract— *The engineering department of EAFIT University have developed and implemented an evaluation and training virtual system directed to the engineering students that take the Statics course. The system allows the students of several engineering programs to execute different exercises about specific topics included in the syllabus. The system also allows assessing the students' knowledge through weekly quizzes.*

With the implementation of the evaluation system, the engineering department aimed at improving the academic performance and the learning process of the students.

This paper presents the results of a structural equation modeling analysis. The variables included in the analysis were; time of use of the system, results in quizzes and midterm exams grades assigned by the lecturers. The purpose of the analyses was to test the effect of time of use of the system and grades in the quizzes on academic performance represented by midterm grades (paper-based format). The analysis was performed with the data obtained from both, the virtual system and the course grades during year 2014.

The findings suggest that both the time of use of the virtual system and good results in the quizzes have a positive influence on the midterm exams results. Therefore, it is concluded that the use of the virtual evaluation system has a positive effect on the students' academic performance.

Keywords-- *Evaluation system, Statics, academic performance, assessment, LMS Platforms*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.117>
ISBN: 978-0-9993443-1-6
ISSN: 2414-6390

Efecto de un sistema de evaluación de ambiente virtual sobre el rendimiento académico en un curso de Estática en ingeniería.

Jaime Leonardo Barbosa Pérez, Magister¹, Jorge Luis Restrepo Ochoa, PhD¹, Andrés Restrepo Cadavid, Magister¹, Juan Pablo Roman Calderon, PhD¹ y Carlos Andres Restrepo Garcia, Bachelor Engineering¹

¹EAFIT University, Colombia, jbarbosa@eafit.edu.co, jrestrep@eafit.edu.co, arestr44@eafit.edu.co, jromanca@eafit.edu.co, crestr19@eafit.edu.co

Abstract– The engineering department of EAFIT University have developed and implemented an evaluation and training virtual system directed to the engineering students that take the Statics course. The system allows the students of several engineering programs to execute different exercises about specific topics included in the syllabus. The system also allows assessing the students' knowledge through weekly quizzes.

With the implementation of the evaluation system, the engineering department aimed at improving the academic performance and the learning process of the students.

This paper presents the results of a structural equation modeling analysis. The variables included in the analysis were; time of use of the system, results in quizzes and midterm exams grades assigned by the lecturers. The purpose of the analyses was to test the effect of time of use of the system and grades in the quizzes on academic performance represented by midterm grades (paper-based format). The analysis was performed with the data obtained from both, the virtual system and the course grades during year 2014.

The findings suggest that both the time of use of the virtual system and good results in the quizzes have a positive influence on the midterm exams results. Therefore, it is concluded that the use of the virtual evaluation system has a positive effect on the students' academic performance.

Keywords-- Evaluation system, Statics, academic performance, assessment, LMS Platforms.

Resumen–La escuela de ingeniería de la Universidad EAFIT desarrolló e implementó un sistema virtual de evaluación y entrenamiento para los estudiantes de la asignatura Estática. El sistema virtual permite ejecutar diferentes tipos de ejercicios de un tema específico de la asignatura. El sistema también es usado para evaluar semanalmente el conocimiento de los estudiantes a través de pruebas cortas. La implementación del sistema pretendía mejorar el rendimiento académico y el aprendizaje de los estudiantes.

En este artículo se presentan los resultados de análisis de modelos de ecuaciones estructurales. Las variables analizadas fueron: tiempo de uso del sistema virtual, resultados en las pruebas cortas y rendimiento en las evaluaciones parciales en formato físico y calificadas por los profesores de la asignatura Estática. Los análisis tenían como objetivo validar la influencia del tiempo de uso del sistema virtual y los resultados en las pruebas cortas, sobre el rendimiento académico representado por los exámenes parciales (presentación en formato papel). El análisis se realizó con los datos que arrojó el sistema virtual durante el año 2014, y con las calificaciones de las correspondientes evaluaciones parciales.

Los resultados de los análisis muestran que efectivamente, tanto el tiempo de uso del sistema, como buenos resultados en las pruebas

cortas, tienen una influencia positiva con respecto al rendimiento en los exámenes parciales. De esta manera se puede concluir que el uso del sistema virtual de evaluación tiene un efecto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería en la asignatura de Estática.

Palabras claves: Sistema virtual de evaluación, Estática, rendimiento académico, evaluación, plataformas LMS

I. INTRODUCCIÓN

La asignatura Estática es uno de los cursos básicos de los pregrados en ingeniería [1, 2]. Como asignatura básica, es fundamental para el desempeño académico de los estudiantes en futuras asignaturas, y para la formación de los profesionales de ingeniería. El buen entendimiento de los conceptos básicos y la habilidad para resolver problemas de Estática es importante para actividades como el cálculo de estructuras, de propiedades de los materiales, de propiedades termodinámicas, entre otras. Ahora bien, Estática es una asignatura que presenta dificultades para su comprensión [3, 4, 5, 6]. En términos generales, el rendimiento académico en la asignatura de Estática de los estudiantes de pregrado en ingeniería de la Universidad EAFIT no ha sido satisfactorio. El porcentaje de estudiantes que aprobaron la asignatura de Estática varió del 50% a aproximadamente el 60% entre los años 2006 y 2012. Este porcentaje bajó en los años 2007 y 2008 hasta llegar aproximadamente al 30%.

La escuela de Ingeniería de la Universidad Eafit comenzó en 2012 la implementación de un ambiente virtual para la asignatura Estática. El objetivo final de este desarrollo/implementación fue mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje en dicha asignatura [7]. A través del desarrollo e implementación de técnicas como los entornos de trabajo flexibles centrados en los estudiantes, es posible fomentar el aprendizaje autónomo y autorregulado [8, 9]. Además, algunas investigaciones han demostrado que las ayudas virtuales tienen una relación positiva con el rendimiento académico [10, 11, 12, 13].

En el presente estudio se indagó acerca de la influencia sobre el desempeño académico de los estudiantes por el uso de un sistema informático en ambiente web. En particular, en este estudio se analizaron los datos arrojados por la plataforma y los docentes para conocer hasta qué punto, el uso de dichos

sistemas informáticos, influye en el desempeño académico de los estudiantes.

II. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO DE EVALUACIÓN DE AMBIENTE VIRTUAL

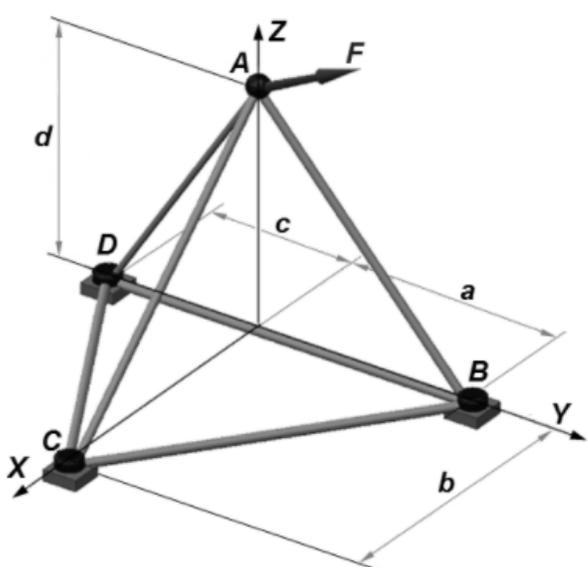
Con el objetivo de mejorar los procesos de aprendizaje de los estudiantes de la asignatura de Estática, en 2012 la Escuela de ingeniería diseña un sistema de evaluación que fue implementado en una plataforma LMS (Learning Management System) denominada Dokeos [14]. La implementación se realizó a través de programación en lenguaje Java. Las plataformas LMS han sido utilizadas en el contexto de la enseñanza para implementar actividades tales como laboratorios virtuales y cursos remotos [15, 16, 17, 18].

El sistema informático de evaluación de ambiente virtual diseñado por la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT fue posteriormente implementado en las plataformas Chamilo [19] en 2010 y Moodle [20] en 2013. En el caso de Moodle, el sistema permite a los estudiantes practicar los conceptos del curso a través de la solución de problemas propuestos. Además, Moodle cuenta con un algoritmo capaz de mostrar diferentes versiones para varios problemas de cada tema del curso. Los encargados del proyecto consideraron que estos cambios de plataforma mejoraban los procesos de creación y ejecución de las evaluaciones ya que Moodle tiene un tiempo de ejecución más rápido y también permite un mejor manejo de las bases de datos que contienen los resultados de los estudiantes. Es de anotar que algunos autores han cambiado con éxito la forma de evaluación o de dictar la clase en sus cursos, adaptando diferentes técnicas entre las que se encuentran la implementación de LMS, entre otros [21, 22, 23].

En la Fig.1 se presenta uno de los ejercicios de Estática propuestos a los estudiantes de ingeniería mecánica, civil y de producción de la Universidad EAFIT. Se observa un ejercicio completo que contiene un enunciado, una imagen/problema para el contexto gráfico del ejercicio y cuatro preguntas. El estudiante cuenta con un tiempo máximo para la solución del problema. Este tiempo varía entre 20 y 30 minutos, dependiendo de la complejidad del ejercicio. El estudiante también cuenta con un horario específico para la solución de la prueba corta. El horario y el tiempo de solución se configuran desde la misma plataforma.

En este caso específico, la base de datos de Moodle se alimenta a través de archivos generados en Java en un formato predeterminado para la plataforma, estos archivos pueden contener diferentes versiones de varios ejercicios. Por ejemplo, para el ejercicio mostrado, cada vez que se ejecuta el programa, cada una de las variables (“a”, “b”, “c”, “d” y “F”) pueden cambiar, generando así varias versiones para un mismo ejercicio. Si a esto se le suma que hay otros ejercicios a los cuales también se les puede generar varias sub-versiones del mismo, podemos asegurar que la probabilidad de que a un

La armadura espacial mostrada en la figura se encuentra en equilibrio y bajo la acción de la fuerza F con componentes rectangulares $(-818\mathbf{i} + 912\mathbf{j} - 1070\mathbf{k})$ N, si se sabe que $a = 8$ m, $b = 9$ m, $c = 12$ m y $d = 12$ m. Determinar:



1. El vector dirección de la fuerza AC.
2. La magnitud de la fuerza AC.
3. La magnitud de la fuerza AD.
4. La magnitud de la fuerza AB.

Fig. 1 Ejemplo de ejercicio de la plataforma Moodle

estudiante le salga el mismo ejercicio cuando se está entrenando con el sistema es baja.

La evaluación a través de Moodle cubre todos los temas de la asignatura de Estática (ver anexo 1 para consultar los temas). Por cada tema del curso se programaba una prueba corta. Los exámenes cortos se aplicaron semanalmente. Previamente, los estudiantes de la asignatura podían realizar voluntariamente prácticas en Moodle el tiempo que consideraran necesario. Además de la evaluación en Moodle, cada tema de la asignatura de Estática fue evaluado a través de evaluaciones en papel. Esto es, se utilizaron dos formatos de evaluación a lo largo del curso. La calificación en el caso de las evaluaciones en formato de papel era asignada por el profesor.

En particular, los autores se preguntaron si el uso de la plataforma Moodle influenciaría positivamente el rendimiento académico. Vale la pena mencionar que el rendimiento académico ha sido utilizado como variable proxy del aprendizaje [22].

La pregunta acerca de la influencia del uso de Moodle sobre el rendimiento de los estudiantes de la asignatura de Estática se basó en experiencias como las reportadas por

Cramer y colegas [10]. Estos autores encontraron que independientemente de la sección del curso de la que se trate, existe una relación positiva entre el uso que hacen los estudiantes de ayudas virtuales, y sus notas parciales. Ahora bien, el estudio de Cramer y colegas no propone un lazo de causalidad entre las variables en mención. El presente estudio pretende analizar la relación causal entre el uso de ayudas virtuales y el rendimiento académico entendido como notas parciales del curso. El uso de la plataforma fue operacionalizado en este estudio como tiempo de uso de las ayudas virtuales y rendimiento en las evaluaciones realizadas en la plataforma virtual Moodle. Específicamente, los autores proponían las siguientes hipótesis, representadas en el modelo teórico presentado en la Fig. 2.

- $h1, h1i, \dots, h1n$: El tiempo de uso de la plataforma Moodle, correspondiente al tema semanal del curso (13 temas en total), tiene un efecto positivo sobre el rendimiento en la evaluación parcial realizada en formato papel.
- $h2, h2i, \dots, h2n$: El rendimiento en la evaluación (prueba corta) realizada en la plataforma Moodle (2013), correspondiente al tema semanal del curso (13 pruebas cortas en total), tiene un efecto positivo sobre el rendimiento en la evaluación parcial realizada en formato papel.
- $h3, h3i, \dots, h3n$: El rendimiento en una evaluación parcial, realizada en formato papel, tiene un efecto positivo sobre las evaluaciones parciales del tema siguiente (en Anexo 1 se presenta una tabla con las relaciones de dependencia entre algunos de los 13 temas del curso).
- $h4, h4i, \dots, h4n$: El rendimiento en la evaluación parcial realizada en formato papel tiene un efecto positivo sobre las evaluaciones parciales de temas subsiguientes (ver anexo1).

III. METODOLOGÍA

A. Muestra y procedimiento

En el estudio fueron utilizados los datos arrojados por la plataforma Moodle correspondientes al uso que hicieron en el año 2014, 243 estudiantes universitarios de la ciudad de Medellín durante el semestre académico (13 semanas). Los estudiantes cursaban el curso de Estática como parte de sus estudios de ingeniería. Los datos arrojados por la plataforma (tiempo y resultado en pruebas cortas) se compararon con las notas de los estudiantes en las evaluaciones con formato físico (exámenes parciales). Este apareamiento se realizó de acuerdo a la temática, buscando la coherencia entre los tópicos evaluados en las pruebas cortas en Moodle, el tiempo de uso de la plataforma para el estudio de dicha temática, y los temas examinados en los exámenes parciales (exámenes escritos). Los datos de 168 estudiantes fueron utilizables para los análisis estadísticos. Los demás datos fueron dejados de lado puesto que no contenían la información necesaria para el análisis de los datos cuantitativos. El 30.86% de los estudiantes cuyos datos fueron analizados pertenecía al pregrado de ingeniería mecánica, mientras que 50.62% y 18.52% pertenecían a los pregrados de ingeniería civil e ingeniería de producción respectivamente con edades que oscilan entre los 18 y 21 años. En términos de género, la muestra final se distribuyó así: 30.04% mujeres y 69.96% hombres.

B. Instrumentos

El uso de la herramienta virtual Moodle fue operacionalizado de dos maneras. De un lado, una prueba corta semanal/por tema fue programado para que los estudiantes lo resolvieran en la plataforma Moodle. Las pruebas cortas eran calificadas automáticamente en la plataforma. Por otro lado, se utilizó la medición que Moodle realizó del tiempo de uso/semana por cada estudiante.

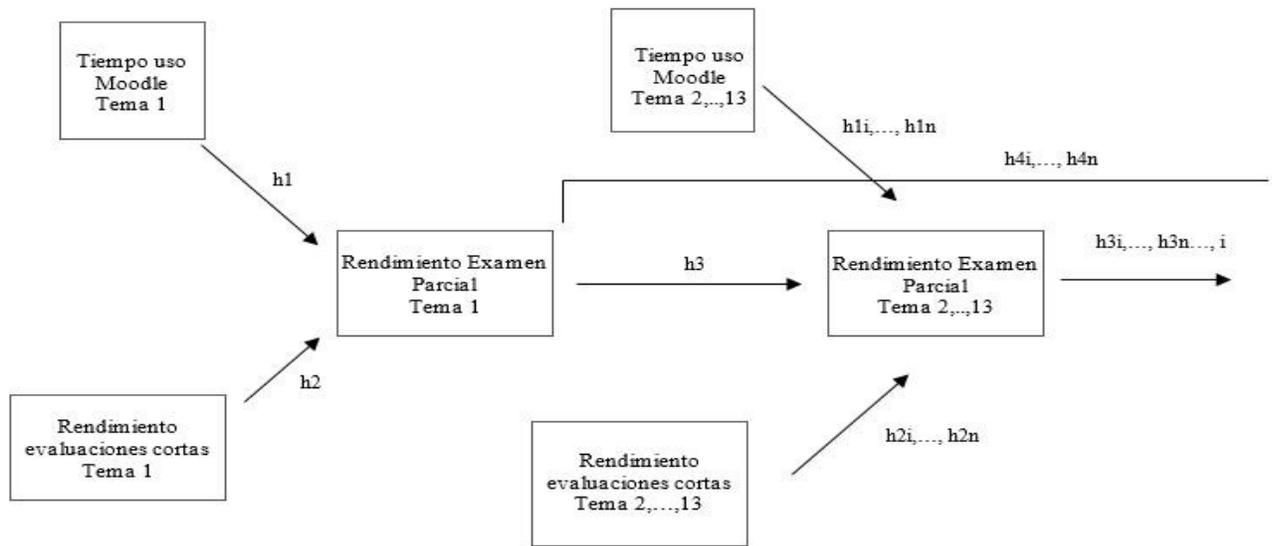


Fig. 2 Modelo esquemático de las hipótesis planteadas

El rendimiento académico de los estudiantes del curso de Estática fue operacionalizado como sus notas de clase [23]. Se realizaron tres evaluaciones parciales escritas durante el semestre. Los tres exámenes parciales fueron calificados por los docentes. Estas evaluaciones estaban compuestas por problemas relacionados con las temáticas que los estudiantes habían estudiado en la plataforma, y que habían sido evaluadas a través de Moodle (2013) de manera semanal a través de las pruebas cortas. Esta manera de medir el rendimiento de los estudiantes tiene la ventaja, con respecto a las pruebas cortas Moodle, que evita que la relación entre uso de la plataforma Moodle y el rendimiento académico sea inflada a causa de los sesgos producidos por un mismo método de medición [24]. En el caso del presente estudio, la relación estudiada habría podido ser inflada por el hecho de medir uso y rendimiento a través de la misma plataforma, y por la comparación de puntajes dados por el mismo calificador (Moodle). Es por ello que las pruebas cortas, no fueron consideradas como rendimiento académico, sino una variable de uso de la plataforma.

C. Análisis

Se usó el programa estadístico SPSS [25] con el fin de evaluar si las variables respetaban el supuesto de normalidad y la multicolinealidad entre las variables antecedentes del rendimiento académico. Con el fin de validar o rechazar el

supuesto de normalidad se dividieron los coeficientes de asimetría y curtosis por sus respectivos errores estandarizados. Valores entre -2.58 y 2.58 indican que puede aceptarse el supuesto de normalidad [26]. Para evaluar el grado de multicolinealidad se utilizaron los coeficientes de tolerancia y el factor de inflación de la varianza (FIV). Los valores críticos para estos coeficientes son 0.10 y 10 respectivamente [26].

El programa estadístico Mplus [27] se utilizó para realizar el análisis de secuencias a través de la modelación por ecuaciones estructurales. Este tipo de análisis ya ha sido utilizado en investigación acerca de los antecedentes de los logros académicos [28].

Para validar el modelo teórico (ver el análisis de secuencias representado en Fig. 3), se utilizó como método de estimación el de máxima verosimilitud. El ajuste general del modelo hipotético se evaluó a través de tres coeficientes. La relación entre el coeficiente χ^2 y los grados de libertad del modelo (χ^2/df). Para declarar que el modelo se ajusta adecuadamente a los datos dicha relación debe ser menor a 3. El uso de esta relación como índice de ajuste es preferido al coeficiente χ^2 y su correspondientes p valor. Esto se debe a que el χ^2 es sensible al tamaño de la muestra. Dado que en el presente estudio se contó con un número reducido de participantes, se eligió el coeficiente χ^2/df por encima del χ^2 .

El segundo coeficiente utilizado para evaluar el ajuste del

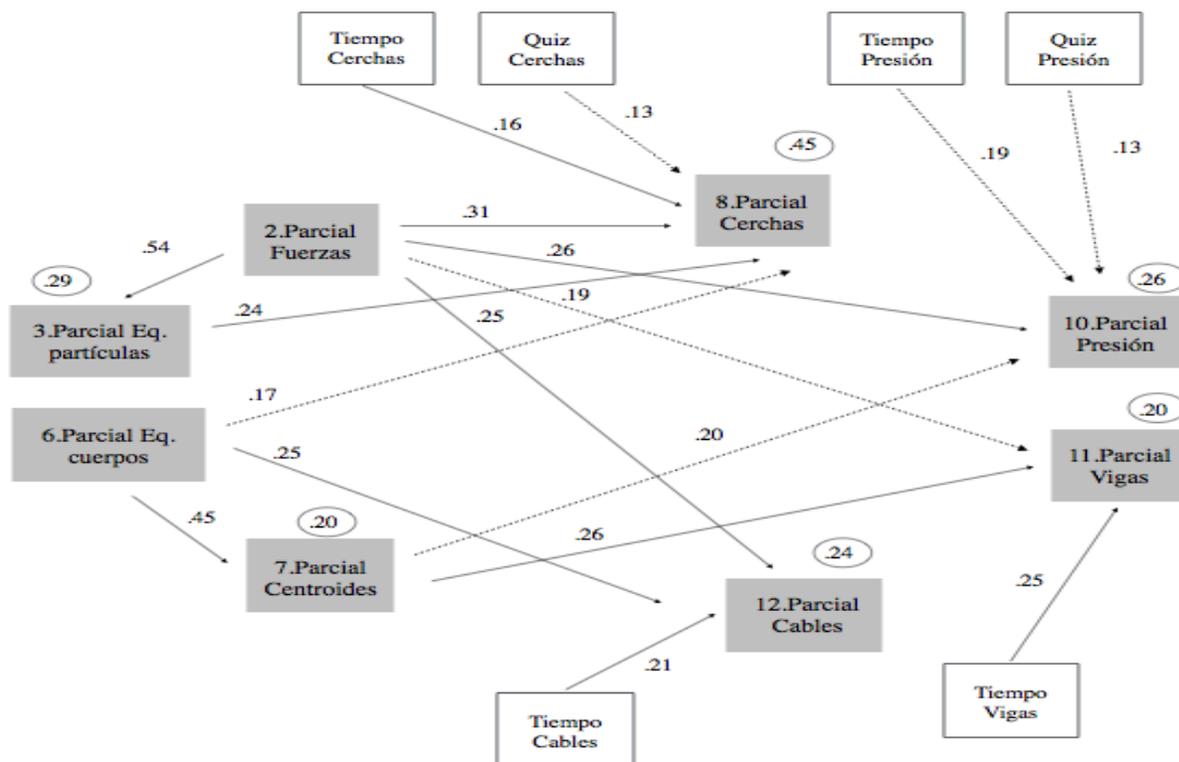


Fig. 3 Modelo de análisis de secuencias

Nota: n = 168; flechas continuas betas significativos al nivel $p < .01$; flechas punteadas beta significativo al nivel $p < .05$. Variables en blanco representan el uso de Moodle; tiempo de uso y resultados de las evaluaciones calificadas por la plataforma. Variables en gris representan el rendimiento académico evaluado por escrito por parte de los profesores. Variantes explicadas en elipses

modelo a los datos fue el Índice Comparativo de Adecuación (CFI). Valores cercanos o superiores a .95 en este coeficiente indican un ajuste satisfactorio a los datos, mientras que valores superiores a .90 sugieren un ajuste aceptable a los datos [29]. Finalmente, se evaluó el ajuste del modelo a los datos con el coeficiente SRMR. El valor límite para dicho coeficiente es < 0.08 [29].

IV. RESULTADOS

De las 13 variables que conformaron el modelo de análisis de frecuencias solo 2 (tiempo semana 8 y tiempo semana 10) superaron los valores límites para la aceptación del supuesto de normalidad. Otra de las variables (tiempo semana) solo superó el valor límite en términos de asimetría. De allí que, para la validación del modelo teórico, se haya seleccionado el método de estimación de máxima verosimilitud con errores típicos robustos (MLR; siglas en inglés). Este es un método de estimación robusto para distribuciones que presentan anormalidad [27]. Con respecto al diagnóstico de multicolinealidad, todas las variables respetaron los valores críticos de tolerancia y FIV.

Los índices de adecuación general del modelo de análisis de secuencias (Fig. 3) resultaron satisfactorios ($\chi^2(46) = 59.40$, $p > 0.05$; CFI = 0.95; TLI = 0.93; RMSEA = 0.04, $p > 0.05$). Como se observa en la Fig. 3, solo algunas de las relaciones causales propuestas en el modelo teórico resultaron estadísticamente significativas. Por ejemplo, el rendimiento en los parciales y uso de Moodle en relación a los temas trigonometría, momentos, partículas, máquinas, fricción no pudieron ser integrados al modelo de análisis de secuencias. Sin embargo, vale anotar que 8 de los 13 temas del curso quedaron incluidos en el modelo como se aprecia en la Fig. 3. Adicionalmente, según los resultados del estudio, el uso de Moodle no afectó de manera estadísticamente significativa el rendimiento en los temas fuerzas, equilibrio de partículas, equilibrio de cuerpos rígidos y centroides. Con respecto al hecho que el rendimiento en el tema trigonometría (semana 1) no resultara incluido en el modelo, y que el uso de Moodle no tuviera una incidencia estadísticamente significativa sobre 4 de los 8 temas del curso que quedaron en el modelo de análisis de secuencias puede ofrecerse la siguiente explicación. Se trata del rendimiento con respecto a los temas abordados durante las primeras semanas del curso. Es probable que la influencia de Moodle sobre el rendimiento en parciales escritos se dé solo a partir de la semana en que los estudiantes se han familiarizado con la plataforma. Lo que sugiere este hallazgo es que se requiere un tiempo de habituación a la plataforma para que ella tenga un efecto positivo estadísticamente significativo sobre el rendimiento académico.

Los coeficientes beta tipificados permiten establecer la importancia relativa de las variables predictoras [26]. Al observar la Fig. 3 se nota que el uso, operacionalizado como tiempo en Moodle, comienza a tener influencia sobre la evaluación parcial escrita a partir de la semana 8. La

influencia de la variable uso tiempo Moodle sobre las evaluaciones parciales escritas se incrementa de la semana 8 a la semana 12, y luego decrece mínimamente en la semana 13. Estos hallazgos apoyan la afirmación anterior según la cual, para que el uso tenga impacto positivo sobre el rendimiento académico se necesita cierto tiempo de habituación de los estudiantes a la plataforma misma. Luego de ocho semanas de uso de Moodle, llega a ser significativa la influencia que tienen tanto el tiempo de uso de la plataforma como el rendimiento de los estudiantes en la plataforma, sobre el rendimiento en los parciales escritos calificados por el profesor. Es probable que este sea el momento en que los estudiantes se habitúan al uso de la plataforma. De hecho, puede observarse que en particular en las semanas 11 y 12, la sola influencia del tiempo de uso de Moodle casi iguala, en términos de varianza explicada, la influencia que en las primeras semanas tienen los parciales escritos en los exámenes escritos del tema subsiguiente. En este último caso es muy probable que exista esta influencia, pues se trata de temas relacionados y de evaluaciones con el mismo formato. En el caso de las semanas 11 y 12 el porcentaje de variación de los puntajes en los exámenes parciales es similar al del caso de las semanas 3 y 7, pero explicado por el tiempo de uso de la plataforma virtual. Este hallazgo sugiere que la influencia que tiene el tiempo de uso de la plataforma se incrementa y estabiliza al final del curso.

V. DISCUSIÓN

Ese artículo presenta un estudio dirigido a determinar si el uso de sistemas virtuales de entrenamiento y evaluación tiene un efecto sobre el rendimiento académico de estudiantes de ingeniería que cursan la asignatura Estática. Los hallazgos sugieren que en 4 de los 13 temas del curso dicha relación es positiva y estadísticamente significativa. Sin embargo, los resultados del estudio señalan que dicha relación no se verifica en todos los tópicos de la asignatura de Estática. Por ejemplo, aunque el tema de fuerzas es un concepto base, y efectivamente en el estudio se detectó la dependencia de los otros temas con respecto al rendimiento en este tópico de la asignatura, el uso de la plataforma durante la semana correspondiente no ejerció un efecto significativo sobre el rendimiento de los estudiantes con respecto a dicho tema.

Una explicación puede ofrecerse con respecto a la falta de efecto del uso del sistema virtual sobre el rendimiento en los primeros temas del curso. Es probable que dicho efecto dependa de la habituación de los estudiantes al uso del sistema virtual. Al inicio, los estudiantes no solo deben aprender los temas del curso, sino además habituarse a su interacción con la plataforma y al funcionamiento del sistema virtual. Este esfuerzo adicional puede afectar sus resultados en las pruebas cortas; dichos resultados no solo reflejarían el aprendizaje del tema, sino el aprendizaje en cuanto al uso del sistema de evaluación virtual. Esto a su vez puede impedir que se pueda dar una relación entre los resultados de los estudiantes en las

pruebas cortas, y su desempeño en las evaluaciones parciales. Para una mejora en el rendimiento académico de los estudiantes de ingeniería -asignatura Estática-, la futura programación de ejercicios en el sistema de evaluación virtual, deberá tener en cuenta otros de los temas en los cuales el tiempo de uso y/o los resultados en pruebas cortas no tuvieron influencia significativa sobre el desempeño en los exámenes parciales. De acuerdo a los resultados presentados en este artículo, la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT está revisando por ejemplo los ejercicios correspondientes al tema 7 (Centroides). En el caso de este tema, la ausencia de relación entre el uso de la plataforma y el rendimiento académico, puede deberse a que los ejercicios propuestos en la plataforma exigen un procedimiento numérico muy dispendioso. Ello a su vez podría conllevar a que los estudiantes traten de evitar dichos ejercicios.

Con respecto a la ausencia de influencia del tema 6, Equilibrio de cuerpo rígido, sobre los temas 10, presión y 11, vigas, existe una explicación de carácter práctico que toca al diseño del curso.

Es probable que esa influencia no haya sido encontrada a partir de los análisis estadísticos, ya que en esos dos temas (presión y vigas), el equilibrio de cuerpo rígido no es el concepto principal que se evalúa. De hecho, en la evaluación de estos dos últimos temas se le da más énfasis a la evaluación de los conceptos de fuerzas distribuidas y fuerzas internas.

Finalmente, la ausencia de influencia del rendimiento en el tópico Equilibrio de cuerpo rígido sobre el rendimiento en el tema subsiguiente, Centroides, llama la atención. Este resultado puede deberse precisamente a que ya en la semana 6 (Equilibrio de cuerpo rígido) se abarca una temática de cierta dificultad, a saber: el cálculo de momentos en 3 dimensiones. El abordaje de dicho tema puede dificultar el rendimiento de los estudiantes en la semana 6, lo que haría que un buen rendimiento en este tema no se vea reflejado necesariamente en una mejora en el rendimiento en el tema subsiguiente (Centroides).

VI. CONCLUSIONES GENERALES

El impacto positivo que se ha generado con esta forma de entrenar y evaluar a los estudiantes se refleja en los resultados encontrados en este estudio en los que se evidencia que el uso del sistema de evaluación tiene un efecto positivo sobre el rendimiento académico en varios temas, y que además éste se incrementa con el tiempo.

Con la implementación del sistema de evaluación de la materia Estática SIEVAL, desde el primer semestre del 2012, se ha disminuido el número de estudiantes que abandonan y pierden la materia. Tener certeza de la influencia positiva del sistema de evaluación sobre el rendimiento académico es alentador para continuar trabajando y mejorando la plataforma, establecerla definitivamente y que tal vez se expanda hacia otras asignaturas.

Con el fin de analizar la poca influencia del rendimiento entre algunos capítulos de la asignatura se propone hacer una exhaustiva revisión en la programación de los capítulos que presentan esta característica, por ejemplo, revisando las preguntas que se están haciendo en éstos, añadiendo algunas que se crean pertinentes y/o mejorando las que puedan estar mal formuladas. En caso de que haciendo esto no se encuentre una relación directa entre algunos temas de la asignatura podría deberse a que los temas son realmente independientes o quizá la relación es inversa, y al cambiar el orden de los temas se encuentre esa relación.

A. Limitaciones y futura investigación

Futuras investigaciones deben considerar la posibilidad de incluir un número mayor de participantes. Una muestra de mayor tamaño dará mayor significancia a los hallazgos acerca de la influencia del uso de sistemas virtuales de evaluación sobre el rendimiento de los estudiantes de Estática. La necesidad de realizar estudios que incluyan muestras mayores se debe asimismo a las exigencias de los análisis estadísticos conducidos en el estudio. De hecho, los datos correspondientes a algunos de los temas del curso de Estática no pudieron ser incluidos en el modelo de análisis de secuencia puede deberse precisamente a la escasez de datos.

Finalmente, además del rendimiento académico, otras variables relacionadas con el aprendizaje de los estudiantes deberán ser incluidas en futuros estudios. De hecho, aunque en algunos autores han utilizado el rendimiento como variable proxy del aprendizaje [30], este proceso debería ser medido directamente a través de instrumentos diseñados para este fin.

De igual manera, estudios que quieran ahondar sobre el tema, deberán incluir otros antecedentes para poder ponderar frente a la influencia que estos tienen sobre el aprendizaje, el efecto del uso de los sistemas virtuales de evaluación. Por ejemplo, algunos autores han demostrado que variables actitudinales influyen la utilización de cursos en línea; esta a su vez tiene un efecto sobre el rendimiento de los estudiantes que, aunque menor, es también significativo [31].

REFERENCES

- [1] M. I. Bordas y F. Cabrera. "Estrategias de evaluación de los aprendizajes centrados en el proceso". Revista Española de pedagogía. 61. 218. pp. 25-48. Enero-abril 2001. ISSN: 0034-9461
- [2] R. McDonald, D. Boud, J. Francis Y A. Gonczi. "Nuevas perspectivas sobre la educación". Boletín Cinterfor. 149. pp. 41-72. Mayo-agosto 2000. 21 de abril de 2015. URL: http://www.oei.es/etp/nuevas_perspectivas_evaluacion.pdf
- [3] T. Goldfinch, A. Carew y G. Thomas. (2009). "Students views on engineering mechanics education and the implications for educators". Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education. Adelaide, Australia. 2009.
- [4] D. Hestenes, M. Wells y G. Swackhamer. "Force concept inventory". The Physics Teacher. 30. 3. pp. 141-158. 1992. ISSN: 0031-921X. DOI: <http://dx.doi.org/10.1119/1.2343497>
- [5] P. Karim. "Teaching and learning of statics and mechanics of solids; some problems and solutions. Annual Conference for the Australasian Association for Engineering Education. Sydney, Australia. 2010.
- [6] L. Passmore, T. Litzinger, C. Masters, S. Turns, C. Firetto, y P. Meter. "Sources of students' difficulties with couples and moments in statics".

- Annual Conference American Society for Engineering Education. Louisville, Kentucky, USA. 2010.
- [7] J. L. Restrepo Ochoa, J. L. Barbosa Pérez y A. Restrepo Cadavid. "Medición de los parámetros IRT de una tarea dinámica en la asignatura Estática". World Engineering Education Forum. Cartagena: Colombia. 2013.
- [8] M. De Miguel. "Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias". Alianza Editorial. 1a Edición. pp. páginas consultadas. Madrid, España. ISBN: 978-84-206-4818-7. 2006.
- [9] B. Kramarski y T. Michalsky. "Investigating preservice teachers' professional growth in self-regulated learning". Journal of Educational Psychology. 101. 1. pp. 161-175. Febrero 2009. ISSN: 1939-2176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/a0013101>
- [10] K. M. Cramer, K. R. Collins, D. Snider y G. Fawcett. "Virtual Lecture Hall for In-Class and Online Sections". Journal of Research on Technology in Education. 38. 4. pp. 371-381. Verano 2006. ISSN: 1539-1523. DOI: 10.1080/15391523.2006.10782465
- [11] P. W. Stonebraker y J. E. Hazeltine. "Virtual learning effectiveness. An examination of the process". The Learning Organization. 11. 2/3. pp. 209-225. 2004. ISSN: 0969-6474. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/09696470410532987>
- [12] D. H. Lim y M. L. Morris. "Learner and instructional factors influencing learning outcomes within a blended learning environment". Educational Technology & Society. 12. 4. pp. 1436-4522. Octubre 2009. ISSN: 282-293.
- [13] M. V. López Pérez, M. C. Pérez López y L. Rodríguez Ariza. "Aplicación del aprendizaje combinado en contabilidad. Un análisis comparativo entre diferentes titulaciones universitarias". Revista de educación. 360. pp. 461-482. Enero-abril 2013. ISSN: 1988-592X 0034-8082. DOI: 10-4438/1988-592X-RE-2011-360-123
- [14] (Dokeos, 1999)
- [15] X. Alamán, R. Carro, I. Claros, R. Cobos, L. Echeverría, J. Gómez, P. Haya, F. Jurado, G. Montoro, J. Moreno-Llorena, A. Ortigosa y P. Rodríguez. "Exploring on e-learning enhancement by mean of advanced interactive tools: The GHIA (Group of Advanced Interactive Tools) proposals". Frontiers in Education Conference. Madrid, España. 2014.
- [16] R. do Prado, A. Brandão y L. Brandão. "iPlan: a model of lesson plans to help teaching process in Web learning environment". Frontiers in Education Conference. Madrid, España. 2014.
- [17] P. Orduña, A. Caminero, I. Lequerica, D. G. Zutin, P. Bailey, E. Sancristobal y J. García. "Generic integration of remote laboratories in public learning tools: organizational and technical challenges". Frontiers in Education Conference. Madrid: España. 2014.
- [18] E. Verdú, L. Regueras, M. Verdú, J. de Castro, D. Kohen, E. Gal y M. Ronen. "Intelligent tutoring interface for technology enhanced learning in a course of computer network design". Frontiers in Education Conference. Madrid: España. 2014.
- [19] (Chamilo, 2010)
- [20] Moodle. (2002). Moodle. Retrieved from: <https://moodle.org/>
- [21] O. M. Ashour, S. Sangelkar, R. L. Warley y O. Onipede. "Redesign the engineering teaching and assessment methods to provide more information to improve students' learning". Frontiers in Education Conference. Madrid: España. 2014.
- [22] P. G. Fehrmann, T. Z. Keith y T. M. Reimers. Home influence on school learning: Direct and indirect effects of parental involvement on high school grade. The Journal of Educational Research. 80. 6. pp. 330-337. Julio 1987. ISSN: 1940-0675. DOI: 10.1080/00220671.1987.10885778
- [23] R. W. Blanchard y H. B. Biller. Father availability and academic performance among third-grade boys. Developmental Psychology. 4. 3. pp. 301-305. Mayo 1971. ISSN: 1939-0599. DOI: <http://dx.doi.org/10.1037/h0031022>
- [24] P. M. Podsakoff, S. B. MacKenzie, J. Y. Lee y N. P. Podsakoff. Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. Journal of Applied Psychology. 88. 5. pp. 879-903. Octubre 2003. ISSN: 1939-1854. DOI: 10.1037/0021-9010.88.5.879
- [25] SPSS (v 21; IBM)
- [26] J. Hair, R. Anderson, R. Tatham y W. Black. "Análisis Multivariante". Prentice Hall. Madrid, España. 5a Edición. pp. 61-77, 179-185. ISBN: 84-8322-035-0. 2008.
- [27] L. K. Muthén y B. O. Muthén. "Mplus user's guide". Muthén and Muthén. Los Angeles, USA. 6a Edición. 2010.
- [28] B. J. Zimmerman, A. Bandura y M. Martinez-Pons. "Self-Motivation for Academic Attainment: The Role of Self-Efficacy Beliefs and Personal Goal Setting". American Educational Research Journal. 21. 29. pp. 663-676. Septiembre 1992. ISSN: 1935-1011. DOI: 10.3102/00028312029003663
- [29] L. T. Hu y P. M. Bentler. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. Structural Equation Modeling. 6. 1. pp. 1-55. 1999. ISSN: 1532-8007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10705519909540118>
- [30] P. G. Fehrmann, T. Z. Keith y T. M. Reimers. "Home Influence on School Learning: Direct and Indirect Effects of Parental Involvement on High School Grade". The Journal of Educational Research. 80. 6. pp. 330-337. 1987
- [31] J. K. Ring, F. W. Kellermanns, T. Barnett, A. W. Pearson y R. A. Pearson. "The Use of a Web-Based Course Management System: Causes and Performance Effects". Journal of Management Education. 37. 6. pp. 854-882. 2013. DOI: 10.1177/1052562912459853

Anexo 1. Dependencia entre los temas del curso de Estática

Temas dependientes

Temas	Trigonometría	Fuerzas en una partícula	Equilibrio de partícula	Momentos	Momento partícula	Equilibrio cuerpos rígidos	Centroides	Cerchas	Máquinas	Fricción	Presión	Vigas	Cables
Trigonometría		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fuerzas en una partícula			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Equilibrio de partícula						X	X	X	X	X	X	X	X
Momentos					X	X	X	X	X		X	X	X
Momento partícula											X	X	X
Equilibrio cuerpos rígidos							X	X	X		X	X	X
Centroides											X	X	X
Cerchas													
Máquinas													
Fricción													
Presión													
Vigas													
Cables													