



## Cómo citar el artículo

Contreras, L., Tristancho, J. & Fuentes, H. (2017). Uso de las herramientas informáticas educacionales para la enseñanza de la resistencia de materiales. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 50, 299-321. Recuperado de <http://revistavirtual.ucn.edu.co/index.php/RevistaUCN/article/view/825/1343>

# Uso de las herramientas informáticas educacionales para la enseñanza de la resistencia de materiales\*

## Leonardo Emiro Contreras Bravo

Ingeniero Mecánico

Magister en ingeniería, materiales y procesos

Docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Grupo de investigación DIMSI (Diseño, Modelamiento y Simulación).

lecontrerasb@udistrital.edu.co

## Julián Alfonso Tristancho Ortiz

Ingeniero mecánico

Magíster en ingeniería

Doctor en ingeniería

Docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

jatristanchoo@udistrital.edu.co

## Héctor Javier Fuentes López

Economista

Magíster en economía

Docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

hjfuentesl@udistrital.edu.co

**Recibido:** 6 de febrero de 2016.

**Evaluado:** 6 de agosto de 2016.

**Aprobado:** 8 de agosto de 2016.

**Tipo de artículo:** investigación científica y tecnológica.

\* Artículo resultado del proyecto de investigación "Uso de las TIC para el fortalecimiento de estrategias didácticas del área de diseño y manufactura en ingeniería industrial". Grupo de investigación DIMSI (Diseño, modelamiento y simulación). Financiado por el CIDC de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Participantes: Leonardo Contreras, Julián Tristancho, Carlos Toledo, Héctor Fuentes. Línea de investigación: educación en ingeniería



## Resumen

El presente artículo tiene como finalidad realizar un análisis de las Tecnologías de la Información y comunicación (TIC) disponibles en la web y, especialmente, del *b-learning* en la educación superior y su incidencia en el currículo, los docentes y los alumnos. Se presenta un proyecto piloto que se implementa con los estudiantes de mecánica aplicada de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Primero se trabaja un marco teórico y referencial asociado con las herramientas informáticas educacionales y metodologías de enseñanza tradicional y bimodal (*b-learning*), para luego realizar un planteamiento de la problemática existente en estos cursos, así como una propuesta de evolución del tipo de enseñanza tradicional, practicado actualmente en la Universidad, por una metodología que permita una mayor participación y responsabilidad de parte del alumno en su propio aprendizaje y que presente una oportunidad de desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo. Al final del artículo se presentan una serie de estadísticas y algunas observaciones.

## Palabras clave

*B-learning*, Entornos virtuales, Formación de ingenieros, TIC.

## Use of the Educational Computing Tools for Teaching Strength Materials Course

## Abstract

The objective of this article is to analyze the information and communication technologies (ICT) tools available in the web and, especially the *b-learning* in higher education and its influence on the curriculum, teachers and students. We present a pilot project implemented with the students of applied mechanics of the Industrial Engineering Program of the District University Francisco José de Caldas, Colombia. First a theoretical and context framework related to the educational computing tools and traditional and bimodal (*b-learning*) teaching methodologies, after that a proposal of the

existent problems in this courses was made, and a proposal for evolving from a traditional teaching, currently performed in this university, towards a methodology that allow more participation and higher responsibility of students for their own learning and that allow opportunities for developing autonomous learning competencies. In this article are also presented some statistics and some related comments.

## Keywords

*B-learning*, Virtual environments, Education of engineers, ICT.

## Utilisation des outils logiciels éducatifs pour l'enseignement de la résistance des matériaux

## Résumé

Cet article a comme objectif de réaliser une analyse des technologies de l'information et de la communication (TIC) disponibles dans le web et, particulièrement, de l'apprentissage mixte (*b-learning*) dans l'éducation supérieure et leur influence sur le curriculum, les professeurs et les étudiants. On présente un projet pilote qui se développe avec les étudiants de mécanique appliquée de génie industriel de l'Université Distrital Francisco José de Caldas, Colombie. D'abord on travaille une cadre théorique et référentiel lié aux outils logiciels éducatifs et méthodologies d'enseignement traditionnel et bimodal (*b-learning*), après on réalise une proposition du problème qui existe dans ces cours, de même que une proposition pour l'évolution du type d'enseignement traditionnel actuel de cette université vers une méthodologie qui permet une participation et responsabilité plus grande des étudiants pour son propre apprentissage et qui représente une opportunité pour le développement de habiletés d'apprentissage autonome. Finalement on présente un ensemble de statistiques et quelques observations.

## Mots-clés

Apprentissage mixte (*B-learning*), Environnements virtuelles, Educations des ingénieurs, TIC.

## Introducción

Los docentes de ingeniería —especialmente quienes impartimos la asignatura de Resistencia de materiales— notamos con mucha frecuencia que los estudiantes poseen unos pobres conocimientos o presaberes al ingresar a la misma, aun sabiendo que la base de este tipo de asignaturas son el área de física y matemáticas. En general, conocen fórmulas, en mayor o menor cantidad, que procuran utilizar en función de los datos del problema, resolviéndolos de manera mecánica e irreflexiva sin pensar en lo que están haciendo y calculando. En muchos casos se confunde a un buen alumno de física con un alumno que se caracteriza por su capacidad de resolver problemas, con un dominio hecho con manipulaciones matemáticas superficiales, pero sin que aplique un análisis profundo (Rodríguez, 2014, p. 2)

Así, las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), con un enfoque pedagógico adecuado (Gil, 1997; Esquembre et al, 2004, como se citó en Rodríguez, 2014, P. 2), pueden ayudar a los profesores a encontrar nuevas formas de enseñar, que destierren el mal conocimiento sobre esta materia, motiven a los alumnos, aumenten su interés y los inciten a sentirse atraídos por el aprendizaje de esta ciencia.

De igual manera, los constantes cambios y evolución de la sociedad respecto al uso de las tecnologías en general, y en el ámbito educativo en particular, están potenciando el hecho innegable de que es importante hacer uso de las TIC (Sáez, 2010, p. 262). Esto trae como consecuencias el cambio de los ambientes rutinarios de aprendizaje por otros, caracterizados por la transformación y la innovación constante; y las carteleras y los centros de copiado reemplazados por el espacio virtual o correos electrónicos que posibilitan mantener una comunicación en tiempo real. Por lo tanto, los parámetros culturales actuales se encuentran atravesados y teñidos por estas nuevas tecnologías.

Precisamente la incorporación de herramientas informáticas educativas y recursos existentes en internet a la enseñanza, parte del deseo de los docentes del área de diseño y manufactura de enriquecer el desarrollo pedagógico de cada asignatura impartida, con dos elementos claves en todo currículo moderno: la transversalidad de contenidos y enfoques; y la intensiva utilización de las TIC. Esto en tanto, tradicionalmente, las herramientas pedagógicas utilizadas en asignaturas como Mecánica aplicada se distancian de la utilización eficaz del computador como recurso diario: en muchos casos, se limitaban a servicios asistenciales en la confección de informes o como elementos de consulta de información.

Ahora bien, las TIC pueden definirse como el conjunto de procesos y productos vinculados a las nuevas herramientas electrónicas (*hardware* y *software*) que son utilizadas como soportes de la información y canales de comunicación relacionados con la recogida, el almacenamiento, tratamiento, difusión y transmisión digitalizados

de la información (González & Contreras, 2011, p. 3). Las estrategias pedagógicas, por su parte, se definen como elementos esenciales para generar conocimiento que, apoyadas en el uso de las tecnologías y basadas en las competencias que necesita el alumno para el trabajo, facilitan el aprendizaje. Es decir, en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la asignatura se hace necesario integrar la herramienta informática a la pedagogía de aula, esto es, el uso de computadores para realizar simulaciones y conexiones en red, con el fin de que el estudiante observe, comente, estudie y plantee dudas y/o sugerencias ante los diferentes ejercicios y proyectos de aplicación y selección de elementos mecánicos.

Algunas razones para seleccionar a la asignatura mecánica aplicada como fundamento de aplicación y/o cambio de metodología de enseñanza, se sustentan en que es una asignatura de cuarto semestre del plan de estudios, que en los últimos años ha mostrado mayor número de grupos y estudiantes por grupos (en ciertos semestres, algunos estudiantes no pueden tomarla por falta de espacio). Es una asignatura teórico-práctica, enmarcada dentro de las asignaturas básicas de ingeniería. Los indicadores muestran una alta repetencia de los estudiantes en cursos con diferentes docentes, muy por encima de la media de los demás cursos del proyecto curricular de Ingeniería Industrial.

Una razón más parte del análisis de las tendencias curriculares en la formación en programas de pregrado en ingeniería industrial en Colombia, que están determinadas por programas académicos de universidades de Estados Unidos, Europa y Latinoamérica<sup>1</sup>; se puede apreciar que en la formación profesional en ingeniería industrial aparecen como componentes comunes Ingeniería de materiales; Procesos, producción y análisis de operaciones; Estudio y análisis del trabajo; Optimización e investigación de operaciones; Economía; Administración; Contabilidad; y Finanzas.

Por tanto, este proyecto piloto tiene como propósito iniciar con la creación de bases que permitan la inclusión de las TIC en los programas de las asignaturas correspondientes a ingeniería industrial para evaluar ventajas y/o desventajas de uso, especialmente de herramientas tecnológicas y/o educativas existentes en internet como propuesta pedagógica de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura mecánica aplicada de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

---

<sup>1</sup> Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI. Marco de fundamentación conceptual y especificaciones de prueba ECAES Ingeniería Industrial. Versión 6.0., Pág. 6. Julio de 2005. Bogotá, Colombia.

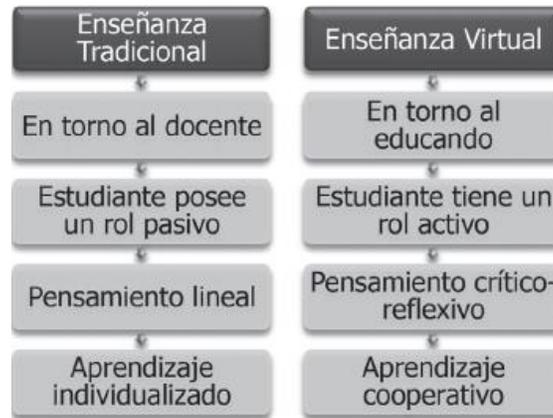
## Marco teórico

### Técnicas tradicionales

La experiencia ha demostrado que la enseñanza a través de un método tradicional, como se hace generalmente en diferentes asignaturas de ingeniería, está caracterizada por un trabajo en el que el docente imparte una serie de conceptos, el estudiante trata de asimilarlos y a su vez son evaluados por *quizzes* y parciales. En esta, el estudiante es un actor pasivo que solo recurre al trabajo grupal en algunos casos al momento de estudiar para las evaluaciones escritas a partir de libros de texto, y a los apuntes tomados en clases magistrales. Por supuesto, muchos líderes, académicos, y prácticos creen que los enfoques tradicionales en la enseñanza, como dependencia en los libros de texto, instrucción masiva, conferencias y pruebas de respuesta múltiple, están obsoletos en la era de la información (Cuban, 2001, p. 15).

Se hace necesario destacar las diferencias que muestra la educación basada en las TIC con respecto a la tradicional: lo concerniente a la modificación de espacios, roles y métodos característicos de la educación virtual frente al paradigma tradicional o presencial, de acuerdo a los medios y manejos que se le den por parte de la institución, y su interrelación con paradigmas contemporáneos, entre ellos la era digital y la globalización como epicentro político, social y económico (Henao, 1992, p. 8). Reforzando esta comparación de medios, se puede hacer un énfasis más detallado en el aspecto de divergencia en la mirada tradicional y la virtual de los roles y las interacciones que pueden coexistir con base en las dinámicas presentadas por cada tipo de formación (Arias et al., 2010, p. 210) (Figura 1).

Tradicionalmente, la asignatura de Mecánica aplicada —o Resistencia de materiales, como es llamada comúnmente— utiliza una metodología centrada en la labor del docente (presentaciones magistrales, solución de problemas teóricos planteados por el docente, prácticas de laboratorio completamente definidas en cuanto a sus metodologías y resultados, etc.), dejando un papel completamente pasivo a los estudiantes; ellos se enfocan en realizar tareas repetitivas e iterativas como la solución de fórmulas y sus cálculos matemáticos respectivos —tal vez sin potencializar o desarrollar en gran nivel competencias de pensamiento y raciocinio, de análisis de fenómenos, de predicción de comportamientos útiles en futuros desarrollos profesionales—, las cuales se centran en las consabidas habilidades memorísticas y procedimentales que suelen premiar a quien recuerde de mejor manera las instrucciones, aunque no comprenda el fenómeno estudiado.



**Figura 1.** Roles e interacciones en la enseñanza tradicional y virtual (Arias et al., 2010)

Como podemos inferir, esta dinámica de clase premia la habilidad memorística recordando ecuaciones y la habilidad matemática en su solución, acumulando la mayor cantidad de conocimientos posible; pero en un mundo rápidamente cambiante esto no es eficiente, al no saber si lo que se está aprendiendo será relevante. De esta manera, se relegan a un segundo plano las conclusiones conceptuales sobre el fenómeno en estudio al que pudiera llegar el estudiante, es decir, no relaciona la solución encontrada con un caso de la vida práctica ingenieril en el cual puede ser necesario, por ejemplo, elegir un material con menor diámetro, aumentar la carga, variar la sección transversal a cuadrada o rectangular, etc.

### e-learning y b-learning

La web 2.0 ha mostrado cambios sustanciales con respecto a su predecesora. Giurgiu & Bársan (2008) consideran que la tecnología web 2.0 viene precedida no solo por una transformación técnico-formal de soportes e infraestructuras en la red, sino que además muestra un cambio en las formas de acceder a la información y los mecanismos por los cuales el usuario, además de un receptor, es un emisor potencial (p. 13).

Así pues, la docencia ha sufrido cambios que son producto de las herramientas virtuales e internet, los cuales se evidencian en la forma de planear las asignaturas e impartir las clases y evaluarlas. De esta manera, han aparecido conceptos nuevos como *blended learning* y enseñanza *online*, así como aprendizaje colaborativo asistido por computador, enseñanza centrada en el alumno (aprendizaje significativo) y otras teorías constructivistas.

Por otro lado, el *e-learning* es principalmente una modalidad de aprendizaje a distancia o virtual, mediante la cual individuos y grupos apropian nuevos conocimientos y destrezas con apoyo de tecnología de redes de computadores; se puede interactuar con los profesores (tutores) por medio de Internet. Posee ciertas

características gracias a las TIC, tales como: la comunicación de forma síncrona o asíncrona, sin limitaciones espaciotemporales entre compañeros “de clase” y docentes; y el soporte de parte de los tutores se da por medio de correo electrónico, chats de texto y voz, mensajes, foros de discusión o incluso videoconferencias. En conclusión, literalmente *e-learning* es “e-aprendizaje”: es decir, aprendizaje con medios electrónicos.

De acuerdo con Pascual (2003), “(...) la ausencia de contacto humano dificulta sentirse parte de una comunidad educativa, el elevado grado de motivación necesaria para seguir un curso on-line” (p. 1), aspecto que se evidencia en el *e-learning*. Esto es contrario a lo que sucede en la educación tradicional, en la que una frase del profesor siempre incluye una expresión facial, un tono o una posición corporal (González & Contreras, 2011, p. 160). Al respecto, el caso *b-learning* aporta solución a este aspecto en la medida en que el estudiante puede interactuar con el tutor-docente para el caso de espacios académicos presenciales y no presenciales.

La inclusión de medios y tecnologías, especialmente en la educación superior, representa retos y cambios en las estrategias de enseñanza respecto al quehacer pedagógico que asume el docente (De Miguel, 2006, p. 317). Actualmente, existe una fuerte apuesta por los contextos *b-learning* entendidos como una combinación de actividades presenciales y las herramientas virtuales de la educación a distancia, en los que se potencia lo mejor de cada uno de los contextos mencionados (Bonk & Graham, 2006, p. 624). Entonces, el *b-learning* se presenta como un contexto en el cual las transiciones pedagógicas y los modelos de formación han dado cabida a integrar diversas perspectivas. Este auge se debe, en parte, a que la mayoría de las universidades colombianas cuentan con campus virtual y herramientas de apoyo basadas en Internet. Este hecho ha posibilitado el surgimiento de una progresiva oferta educativa en la modalidad a distancia (*e-learning*) y últimamente en la mencionada modalidad combinada, o *b-learning* (presencial/virtual).

El *b-learning* se describe como el modo de aprender que combina la enseñanza por medio de actividades presenciales tradicionales con la tecnología no presencial. Por tanto, se aproxima más a un modelo de formación híbrido que tiene la posibilidad de recoger lo mejor de la enseñanza a distancia y lo mejor de la enseñanza presencial; es decir, utiliza correctamente los recursos electrónicos e infraestructura digitales disponibles y emplea los métodos adecuados de la participación activa en clase con el fin de facilitar el aprendizaje.

Un inconveniente que tiene la incursión de las TIC en diferentes campos de la sociedad, es la resistencia al cambio. Al respecto, Pascual (2003) justifica el “blended learning” como una opción “suave” para introducir las tecnologías de la información entre un cuerpo docente reacio:

Las Tecnologías, y especialmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación, ha sido a menudo aclamadas como un catalizador para el cambio, pero este cambio necesita no ser radical. Se pueden incorporar algunas útiles TIC mediante formas fáciles bien planeadas, Sugiero utilizar tecnologías ampliamente disponibles combinadas con planteamientos más familiares de enseñanza y aprendizaje.

## Aprendizaje activo en la formación de ingenieros

La función de un profesional en ingeniería siempre está ligada a la manipulación de materiales, energía e información. La formación de ingenieros en la universidad debe ser dinámica siguiendo los cambios tecnológicos, las necesidades sociales e industriales actuales. Varios autores han tratado de establecer cuál es el perfil, en cuanto a sus habilidades, que un ingeniero debe tener al momento de terminar su formación universitaria de pregrado. Por ejemplo, la organización ABET<sup>2</sup> define como las habilidades que un ingeniero debe tener al momento de terminar su formación las mostradas en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Habilidades esperadas de formación para un ingeniero (adaptada de Shuman et al., 2005)

Habilidades cognitivas	Habilidades profesionales
Aplicar los conocimientos	Funcionar en equipos multidisciplinarios
Diseñar y realizar experimentos, analizar e interpretar datos	Responsabilidad ética y profesional
Diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer necesidades teniendo en cuenta sus impactos	Comunicarse efectivamente Conocimiento de temas contemporáneos
Identificar, formular y solucionar problemas de ingeniería	Comprender los posibles impactos de las soluciones de ingeniería
Usar las técnicas, habilidades, e instrumentos modernos de ingeniería	Compromiso con el aprendizaje durante toda la vida

Al analizar la información sobre las habilidades necesarias para un ingeniero recién graduado que se muestra en la Tabla 1, se puede ver que las técnicas tradicionales de enseñanza no pueden llegar a fomentar muchas de las experiencias necesarias en su desarrollo. Las técnicas tradicionales están centradas en la labor del docente (presentaciones magistrales, solución de problemas teóricos planteados por el docente, prácticas de laboratorio completamente definidas en cuanto a sus metodologías y resultados, etc.), con lo que se deja un papel completamente pasivo a los estudiantes.

<sup>2</sup>ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) es una entidad no gubernamental, sin ánimo de lucro, dedicada a la acreditación universitaria de ciencias aplicadas, ingeniería y tecnología. ABET ha acreditado unos 3100 programas de 660 instituciones en 23 países.

En la Figura 2 se muestra el nivel de apropiación del conocimiento que los estudiantes pueden llegar a tener de acuerdo a la metodología usada, según lo plantea Chrobak (1996). Este estudio divide la educación en dos tipos fundamentales: pasiva y activa, refiriéndose al rol que el estudiante cumple durante su propia formación. La primera logra tener niveles de retención inferiores al 50%, mientras que la segunda obtiene niveles superiores al 70%. Estos tipos de resultados han sido demostrados por varios autores como Hadim et al. (2000), Caro y Reyes (2003), Ruiz et al. (2006) y Fernández-Sánchez y Millán (2013).



**Figura 2.** Metodología de enseñanza y nivel de retención (Ruiz et al., 2006)

Según Kolb (1975), para aprender algo se debe trabajar o procesar la información recibida a partir de una experiencia directa y concreta, o bien de una experiencia abstracta (por ejemplo, de una lectura). Estas experiencias se convierten en conocimiento cuando se elaboran de manera reflexiva, o experimentando de forma activa. El aprendizaje óptimo ocurre cuando se trabajan de manera consecutiva cada una de las fases descritas anteriormente.

## Método

Actualmente, Mecánica aplicada es una asignatura de cuarto semestre del ciclo básico obligatorio en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Los presaberes y/o fundamentos de la misma incluyen la articulación de temas de matemáticas y física. En la primera parte de la asignatura, el análisis se realiza desde los temas de la estática; y en la segunda, desde la

mecánica de los materiales y su aplicación en la selección de elementos de transmisión de potencia sencillos.

Esta investigación es cualitativa: hace registros descriptivos de los fenómenos que son estudiados mediante técnicas como la observación participante y las entrevistas no estructuradas; es decir, el investigador es un observador de la realidad en donde ocurren los eventos. De igual manera, es un proceso de investigación de diseño no experimental, ya que no pretende alterar deliberadamente las variables en estudio, es decir, se trata de una investigación en donde no se hace variar intencionalmente las variables independientes. Se basa en la observación de los fenómenos en su contexto natural para después analizarlos.

### Participantes en la asignatura de Mecánica aplicada

La asignatura posee grupos que tienen en promedio 40 estudiantes de ambos sexos; se compone de 23 temas (producto de análisis entre universidades de carácter nacional e internacional) y tiene una intensidad horaria de 4 horas semanales para clases magistrales de tipo expositivo y 4 prácticas de laboratorio. Tanto la formación teórica como práctica son evaluadas a través de diferentes instrumentos, y con diferentes objetivos. En la Tabla 2 se resume el comportamiento académico de los estudiantes que tomaron la asignatura de Mecánica aplicada en el periodo 2013-2014; se puede observar un bajo rendimiento académico (el comportamiento entre los años 2010, 2011 y 2012, por su parte, es bastante similar).

308

**Tabla 2.** Estadística de la asignatura de Mecánica aplicada durante el periodo 2013-2014

Mecánica aplicada	Periodo 2013-1				Periodo 2013-2				Periodo 2014-1				Periodo 2014-2			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Docente																
Estudiantes inscritos	42	44	40	38	36	40	35	38	41	38	35	42	42	44	40	38
Estudiantes retirados	4	1	2	2	8	1	0	0	9	1	0	0	0	1	1	2
Estudiantes que perdieron	6	7	10	18	10	20	12	13	8	20	0	18	6	7	10	7
Nota media semestre	3,51	3,2	3	3,2	3	2,5	3,2	3,4	2,9	2,7	3,5	3,6	3,4	3,2	3,1	3,3
<b>Nota promedio</b>	3,215				3,025				3,175				3,25			

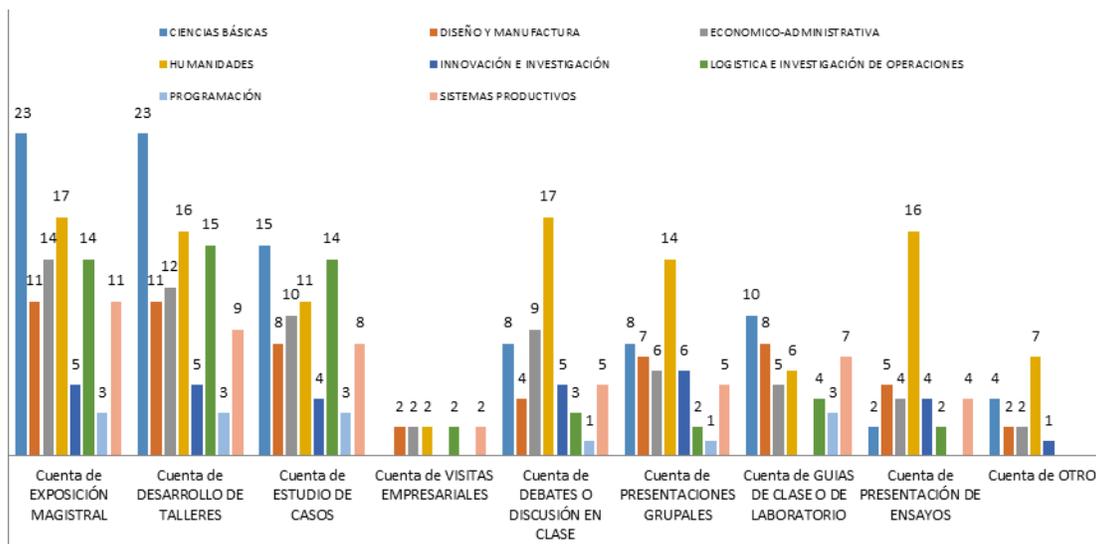
### Enseñanza tradicional actual en mecánica aplicada

La metodología de enseñanza tradicional usada actualmente ha estado basada en la transmisión de conocimientos del profesor a un grupo de alumnos que escucha atentamente, tratando de asimilar las ideas transmitidas. Por ende, se transforma

en una metodología de enseñanza expositiva. A esto se debe agregar la necesidad de desarrollar clases excesivamente largas para acercarse al objetivo de representar las prácticas de manera medianamente clara y entendible al alumno; y además, en la mayoría de los casos, el docente dispone de poco tiempo curricular (Roger & Scaife, 1997, p. 133).

Tales afirmaciones son reafirmadas en el estudio titulado *Proceso de reconocimiento de métodos de enseñanza y aprendizaje - 2014*, llevado a cabo por el proyecto curricular de Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital. Según los resultados de este estudio, las estrategias de enseñanza más utilizadas son exposición magistral, desarrollo de talleres, debates o discusión en clase, presentación de ensayos y presentaciones grupales (Figura 3).

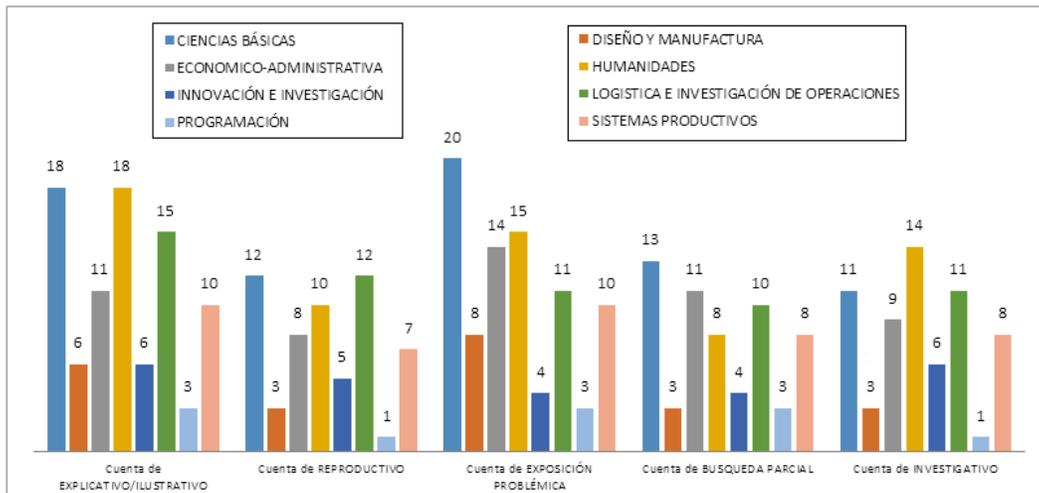
Así, la práctica docente en este campo del conocimiento ha demostrado que al estudiante le faltan recursos audiovisuales, y en especial, informáticos, de aula para lograr la total comprensión de los fenómenos, hecho evidenciable a través de diferentes años en calidad de profesores de la asignatura, opiniones de docentes en reuniones de área y el rendimiento académico de los estudiantes en años anteriores.



**Figura 3.** Tipos de estrategias de enseñanza en Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (fuente: *Proceso de Reconocimiento de Métodos de Enseñanza y Aprendizaje-2014*)

De hecho, también se evidenció que los docentes de ingeniería industrial usan, entre otros, cinco métodos de enseñanza: explicativo ilustrativo, reproductivo, exposición problémica, búsqueda parcial e investigativo. En el área de diseño y manufactura, a la cual pertenece la asignatura de Mecánica aplicada, se usan el primero y el tercero. En el método explicativo ilustrativo, el docente presenta y pone

al estudiante frente al tema, mientras este debe ser capaz de entender y comprender el contenido tal como se le impartió. En la exposición problémica, a su turno, el docente presenta un nuevo problema y es capaz de demostrar cómo se resuelve; entre tanto, el estudiante debe ser capaz de comprender los métodos y las vías para resolverlo (Figura 4).



**Figura 4.** Métodos de enseñanza por áreas académicas en Ingeniería Industrial, Universidad Distrital Francisco José de Caldas (fuente: *Proceso de Reconocimiento de Métodos de Enseñanza y Aprendizaje-2014*)

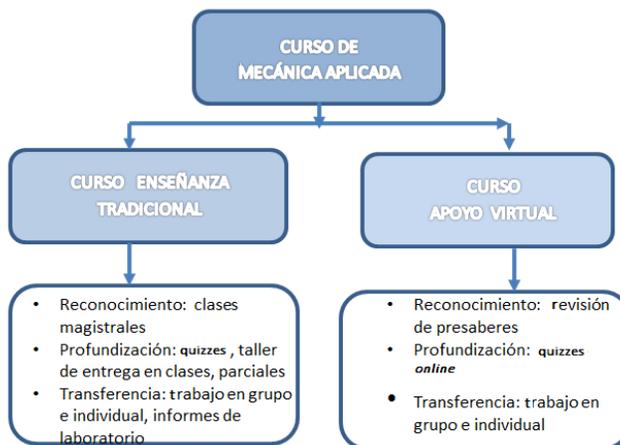
### Fases de aprendizaje en mecánica aplicada propuesta

Con el fin de adelantar un proceso de integración de las herramientas informáticas, didácticas y demás disponibles en internet con las clases presenciales de la asignatura mecánica aplicada, se utilizó como apoyo un curso virtual desarrollado en la plataforma Moodle, teniendo en cuenta metodologías y lineamientos como los establecidos en los cursos virtuales del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) y la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Unad); por ende, fueron creadas 25 actividades. Las características generales de las fases de aprendizaje del desarrollo del curso con apoyo de la herramienta virtual se realizan de la siguiente manera (Figura 5):

- **Reconocimiento:** consiste en crear contextos, condiciones y ambientes para que el estudiante pueda dotarse de métodos, técnicas y herramientas que le faciliten este proceso a partir de experiencias previas; es decir, se lo motiva para que se involucre en los procesos iniciales de aprendizaje y active sus estructuras cognitivas. Ejemplo de esta fase de aprendizaje es la revisión de presaberes.
- **Profundización:** se refiere al conjunto de situaciones y actividades previamente diseñadas de manera didáctica, conducentes a la apropiación de conceptos, teorías, modelos de pensamiento, según los objetivos, competencias y metas de aprendizaje establecidos en el curso. Ejemplo de esta fase de aprendizaje para cada una de las

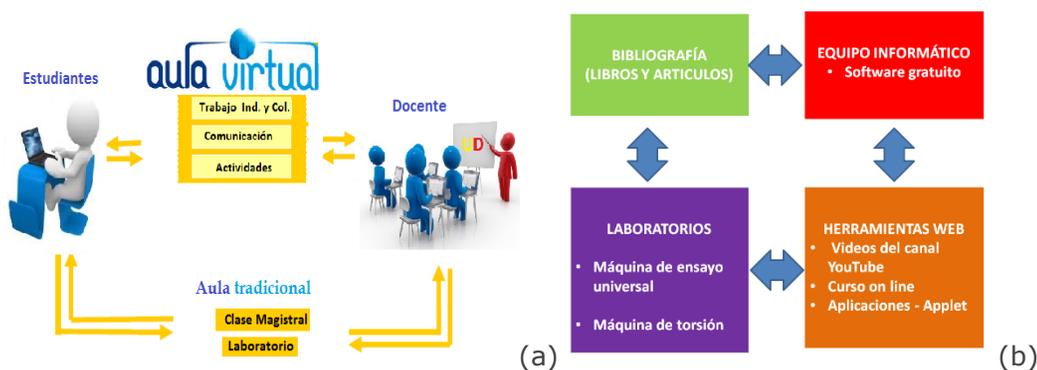
unidades temáticas son los talleres de clase, los *quizzes online* de las unidades temáticas y los parciales (tradicionales).

- **Transferencia:** alude al hecho de que las situaciones y actividades de diseñadas deben agregar valores de productividad al conocimiento que se aprende. Ejemplos de esta fase son el taller de clase, el trabajo grupal colaborativo y el trabajo grupal presencial final de la asignatura.



**Figura 5.** Fases de aprendizaje en el curso de mecánica aplicada

La figura 6a muestra cómo se integran las metodologías *e-learning* y tradicional. El estudiante posee una serie de recursos tecnológicos que se describirán más adelante: pasa de ser un sujeto receptor de información solo en la clase magistral a uno que tiene acceso permanente a diferentes elementos para el desarrollo de su aprendizaje. Dentro de este esquema planteado, el estudiante debe desarrollar en el curso unas horas de trabajo autónomo (HTA), las cuales son el fundamento de la formación y del aprendizaje. Se desarrolla a través del trabajo personal y del trabajo grupal.



**Figura 6.** Diseño conceptual de la metodología de trabajo académico propuesto

Adicionalmente, el estudiante desarrollará horas de trabajo colaborativo (HTC) dedicadas a la orientación que posiblemente requerirán cada uno de los grupos de estudiantes preestablecidos; esto tiene como propósito el aprendizaje por medio de

un equipo de trabajo, lo que implica la socialización de los resultados del trabajo personal, el desarrollo de actividades en equipo y la elaboración de informes según actividades programadas. Y por último, tendrá horas de trabajo directo (HTD) u horas de clases magistrales, en las que el estudiante debe asistir de manera presencial; en este espacio, el docente ejerce acompañamiento al conjunto de estudiantes a su cargo, en el que se analiza la información relevante y sistematizada, y se profundizan los conceptos claves del curso; es decir, se exponen los tópicos esenciales de la mecánica aplicada.

## **Estrategias para la mejora de la enseñanza-aprendizaje**

Inicialmente, el sílabo de la asignatura fue organizado en diferentes unidades temáticas con el fin de facilitar el montaje y comprensión del curso virtual. Los recursos utilizados y material didáctico desarrollado permiten que el estudiante disponga de una serie de recursos multimedia interactivos complementarios para el desarrollo del curso, de modo que adquiera más fácilmente determinados conocimientos y habilidades importantes en las asignatura; estos han sido resumidos en la (b)

**Figura 6b**, intentando aprovechar el máximo de recursos disponibles en beneficio de una mejora en el proceso de aprendizaje de la asignatura.

La metodología está diseñada de forma que el estudiante sea reflexivo sobre el porqué de las actividades que realiza, de modo que tenga un mayor conocimiento del proceso y el resultado. Con ella se establece una enseñanza interactiva aprovechando los recursos de las nuevas tecnologías, con contenidos más atractivos para el estudiante y que genera en él un alto grado de participación. Aún más, otra ventaja del nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje es que el alumno tiene acceso en cualquier momento a este material.

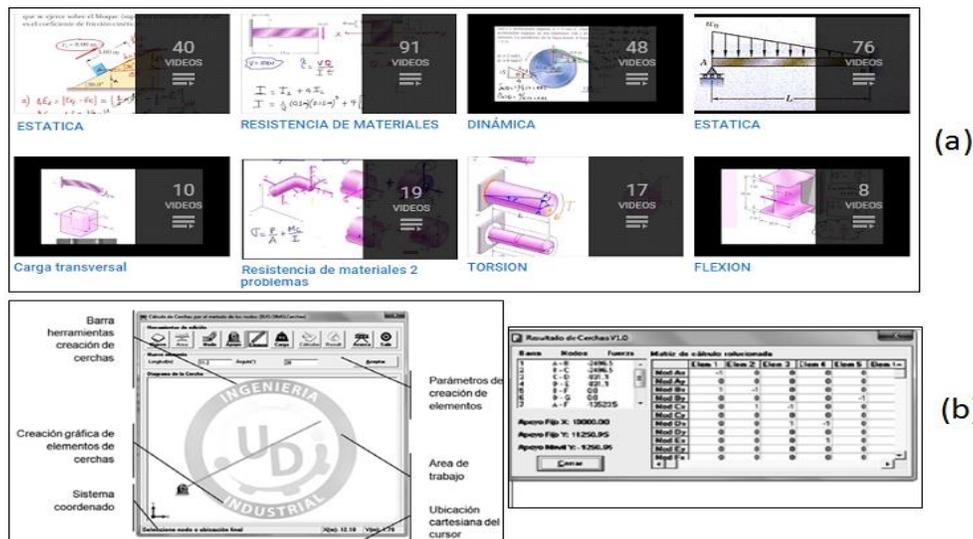
## **Curso virtual de mecánica aplicada**

Dentro del presente proyecto de investigación se desarrolló un curso virtual para la asignatura de Mecánica aplicada. Las actividades *online* se realizan en horas diferentes a las teórico-prácticas, en las cuales los estudiantes pueden conectarse desde cualquier lugar geográfico que tenga conexión a internet. Así, cada estudiante cuenta con una clave de acceso que le permite ingresar a los cursos virtuales; y el docente cuenta con otra que le permite diseñar el curso de apoyo virtual de acuerdo a lineamientos preestablecidos. Al iniciar el curso, se les muestra a los estudiantes el sistema de funcionamiento del mismo con el fin de familiarizarlos. Esta introducción está integrada por el foro "Noticias del curso", el cronograma de actividades de la asignatura (tradicional y virtual) y la página web denominada "Bibliografía y otros recursos".

De igual manera, cada una de las unidades temáticas que componen el curso virtual contiene ciertos elementos que se describirán brevemente a continuación.

## Videos de temáticas de clases

Numerosas universidades tienen sus propios canales de YouTube institucionales, donde publican los resultados de sus proyectos de investigación, materiales multimedia para clase, etc. Para el uso de esta propuesta de trabajo se contó con 88 videos distribuidos en cada unidad temática, que se encuentran alojados en un canal de YouTube<sup>3</sup> (Figura 7a).



**Figura 7.** (a): ejemplo de videos de las temáticas de clases; (b): ejemplo del software Cerchas del grupo de investigación DIMSI, elaborado por los autores

## Teoría y aplicaciones de software

Comprenden la elaboración de transparencias-resúmenes como presentaciones de diapositivas (PowerPoint) para cada bloque temático, así como libros y artículos relacionados, disponibles a través de Internet, referidos al tema en cuestión. En esta sección también se incluye una pequeña hemeroteca virtual con artículos actualizados relacionados con el curso de inglés para fortalecer la interpretación de literatura técnica en este idioma, así como *software* para el desarrollo de problemas ingenieriles y sus trabajos colaborativos del semestre (Figura 7b).

Una de las aplicaciones informáticas de cálculo utilizado en este proyecto fue IIUD.DIMSI. CERCHAS, diseñado en plataforma Microsoft Visual Basic<sup>®</sup> 6. Su diseño permite resolver una cercha bidimensional de geometría variable, con cargas

<sup>3</sup> <https://www.youtube.com/channel/UCkeqD-knV1rd2p2lwX0jrIA>.

aplicadas en las uniones de los elementos y usando el método de los nodos. Está constituido por un área gráfica en la cual el usuario, seleccionando diferentes herramientas como apoyos, elementos estructurales o nodos de unión, puede crear cualquier configuración de cercha bidimensional.

## **Visualizaciones gráficas en entorno interactivo**

En este tipo de asignaturas (teórico-prácticas) es importante la visualización gráfica bidimensional y tridimensional; de ahí que resulta de gran ayuda mostrar los sistemas que se están estudiando en un entorno gráfico, con la posibilidad de interactuar con ellos. Al respecto, uno de los objetivos que persiguió este trabajo fue crear una base de datos interactiva de consulta, encaminada a que el alumno pudiera reforzar conceptos claves necesarios para cursar con éxito la asignatura en cuestión; esto por cuanto algunas veces ocurre que muchos conceptos básicos, que el profesor da por sabidos, no están lo suficientemente claros cuando el alumno empieza a desarrollar ejercicios. Algunas simulaciones usadas fueron producto de las aplicaciones Solidworks y AutoCAD.

## **Aplicaciones web**

Con esto se hace referencia a las herramientas que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador. Es precisamente mediante el uso de esta herramienta donde nace la necesidad de posibilitar al alumno uno de los recursos que actualmente ofrece internet: el acceso a algunas páginas Web que contienen simulaciones virtuales y ejercicios interactivos que pueden consultarse a través de un simple clic.

## **Quizzes online y trabajo colaborativo**

El curso virtual consta de tres (3) *quizzes online* con los que se pretende evaluar los conceptos importantes de las temáticas (no cálculos numéricos). Se plantea una revisión de presaberes con el fin de evaluar los conocimientos previos de los estudiantes al curso, ya que en reunión de docentes se mostró que, para algunas personas, el bajo rendimiento académico en la asignatura durante los últimos cinco años se ha debido a la mala preparación que poseen los estudiantes en las asignaturas precedentes (Materiales industriales, Física, Álgebra y Matemáticas).

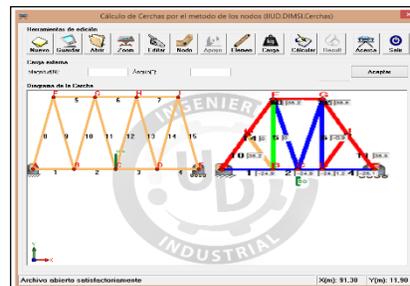
Para el desarrollo de los trabajos grupales existen muchas estrategias de aprendizaje, definidas por diversos autores, que pueden ser implementadas en Moodle, entre las cuales se cuentan las siguientes: aprendizaje basado en problemas (APB), aprendizaje colaborativo, estudio de casos, construyendo casos y aprendizaje basado en proyectos. No obstante, solo esta última se utilizó como estrategia en los trabajos grupales colaborativos (dos en total). Esta actividad tiene las siguientes características: los estudiantes desarrollan todos los trabajos colaborativos con el mismo equipo de trabajo desde el principio hasta el final del semestre; los trabajos

poseen guías con las especificaciones del trabajo, estrategia de aprendizaje, productos esperados y la rúbrica de evaluación del mismo; y pueden desarrollarse en grupo de manera presencial tradicional, o por medio de los foros *online*.

El primer trabajo colaborativo consistía en diseñar y construir una estructura en espagueti comercial (Figura 8a). Con las estructuras de espagueti se pretende establecer una analogía a mínima escala con respecto a los puentes reales. En esta estructura claramente se identifican los puntos de unión llamados Nodos, a partir de los cuales es posible analizar y calcular el valor de las fuerzas a las cuales puede estar sometido un puente. Así, este trabajo tiene como fin ampliar y desarrollar los conocimientos adquiridos en la clase teórica, estableciendo una comparación entre cálculos teóricos, los cálculos elaborados en un software de apoyo (IIUD.DIMSI. CERCHAS) y el ensayo de flexión real; con ello se identifican variables que pueden afectar la estructura y hacer que colapse, entre ellas el coeficiente de deformación del espagueti, la longitud inicial del puente y la sección de área transversal, entre otras (Figura 8b).



(a)



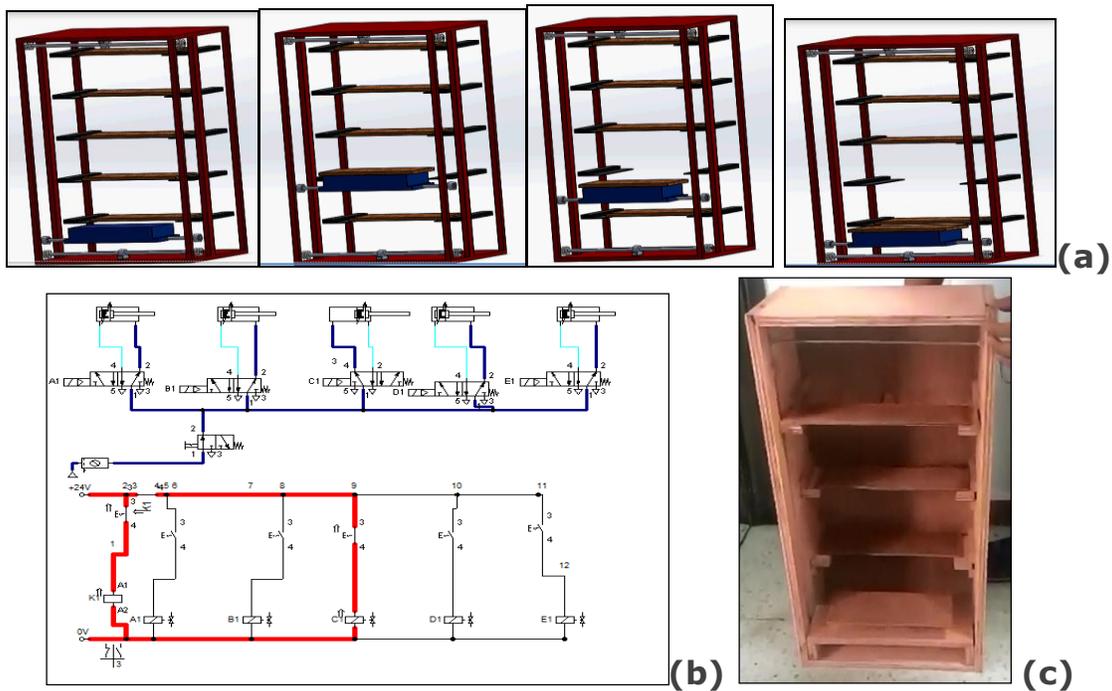
(b)

**Figura 8.** (a) y (b): construcción de la estructura con espagueti; (c): estructura terminada; (d): cálculo de fuerzas y deformaciones con *software*

El trabajo colaborativo final consistía en hacer un rediseño y mejora de un proceso o innovación en un problema real encontrado. Este tiene por objetivo integrar los conocimientos de propiedades de los materiales, resistencia de materiales, dibujo de ingeniería, herramientas informáticas CAD y automatización, en lo posible, con el fin de desarrollar en el alumno habilidades en el diseño de elementos y/o dispositivos mecánicos sencillos.

A continuación se muestra el trabajo de un grupo de estudiantes, el cual consiste en el diseño de una estantería automatizada para la optimización de tiempos en zonas comerciales y de servicio, como tiendas de ropa y bibliotecas públicas: en lugares como estos, muchas veces los objetos son ubicados en zonas muy elevadas y de difícil acceso, no solo para el cliente sino para las personas que laboran en ellos; se debe recurrir por tanto al uso de escaleras, las cuales dan mala imagen al sitio y presentan un elevado nivel de riesgo de accidentes y caída de propietarios o mercancía, lo que afectaría directamente a la empresa en caso de que se presentara un incidente de esa naturaleza.

Para el desarrollo de dicho prototipo se usaron los conceptos aprendidos durante el semestre, apoyados en la ciencia de materiales, la resistencia de materiales y el dibujo en la ingeniería, y soportando todo lo anterior con cálculos numéricos, maqueta (Figura 9c), un factor de seguridad, una ficha técnica del producto final ofrecido y sus respectivos planos, soporte de simulación con el apoyo de sistemas asistidos de computación (CAD) (Figura 9a), y los circuitos electroneumáticos usados en el mismo (Figura 9b).



**Figura 9.** (a): simulación en software Solidworks de la estantería automatizada; (b): circuito neumático en software Fluid Sim; (c): estantería en madera con elementos móviles

## Resultados y discusión

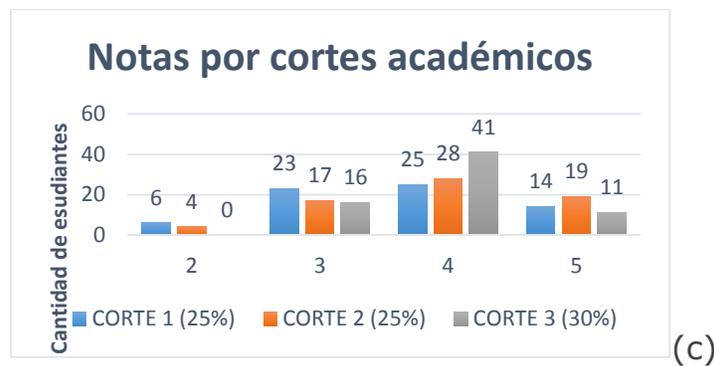
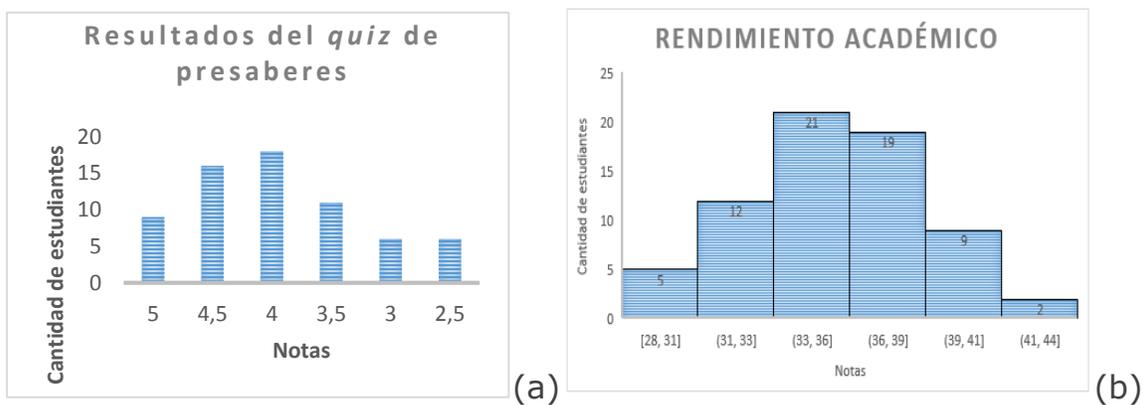
El instrumento de recopilación de datos al aplicar esta metodología en el curso consiste en un formulario que incluye los siguientes ítems: acceso al curso virtual; recursos; aspectos pedagógico-didácticos; procedimientos de evaluación de la asignatura; y preguntas abiertas. Para la obtención de los datos se aplicó una encuesta a los alumnos regulares de la asignatura Mecánica aplicada del semestre 2015-II. Debido al carácter exploratorio del trabajo, se diseñaron las preguntas con el propósito de obtener información de un listado de posibilidades; por lo tanto, la mayoría de las variables son de tipo politómicas.

La Figura 10a muestra los resultados del *quiz* de presaberes: la nota media de fue de 3,97, y el 65,15% de los estudiantes que presentaron la prueba obtuvieron calificaciones superiores a 4,0. Esto da a entender que puede mejorarse el

rendimiento de los mismos en el transcurso de la asignatura si se hace énfasis en reforzar aquellos conocimientos básicos con herramientas informáticas y ayudas web, sin tener que gastar tiempo de clases magistrales para ello. Sería conveniente seguir realizando este tipo de pruebas para evidenciar la mencionada hipótesis de los docentes a cargo de esta asignatura en la facultad, según la cual el bajo rendimiento académico de los estudiantes se deriva de la falta de conocimientos previos.

Las calificaciones promedio obtenidas mediante la aplicación de herramientas informáticas y ayudas web durante el periodo 2015-II (Figura 10b) fueron de 3,6, con desviación estándar de 3,19. Estos resultados son superiores a los de años anteriores, en los que los promedios ascendieron a 3,215, 3,025, 3,175 y 3,25 para los semestres 2013-I, 2013-II, 2014-I y 2014-II, respectivamente. A este respecto, la desviación estándar cuando solo se enseñaba con la metodología tradicional estaba entre 4,1 y 5,5.

Teniendo en cuenta que el proyecto en cuestión fue una experiencia piloto y se aplicó solo por un semestre, dio buenos resultados académicos: todos los estudiantes terminaron la asignatura, aunque algunos la reprobaron. En el periodo vigente se han introducido a la metodología nuevas ayudas de acuerdo a los resultados de las encuestas, con lo que se espera una mejora en el rendimiento académico de los estudiantes.



**Figura 10.** (a): resultados del *quiz* de presaberes 2015-II; (b): rendimiento académico, periodo 2015-II; (c): resultados de trabajos colaborativos, 2015-II

Los cortes (porcentajes) en los cuales se les asignó trabajos colaborativos a los estudiantes, mostraron mejores resultados en sus evaluaciones escritas como tal como lo refleja la Figura 10c. La nota media de cada uno de los cortes fue de 3.4 para el primero, 3.6 para el segundo y 3.6 para tercer corte.

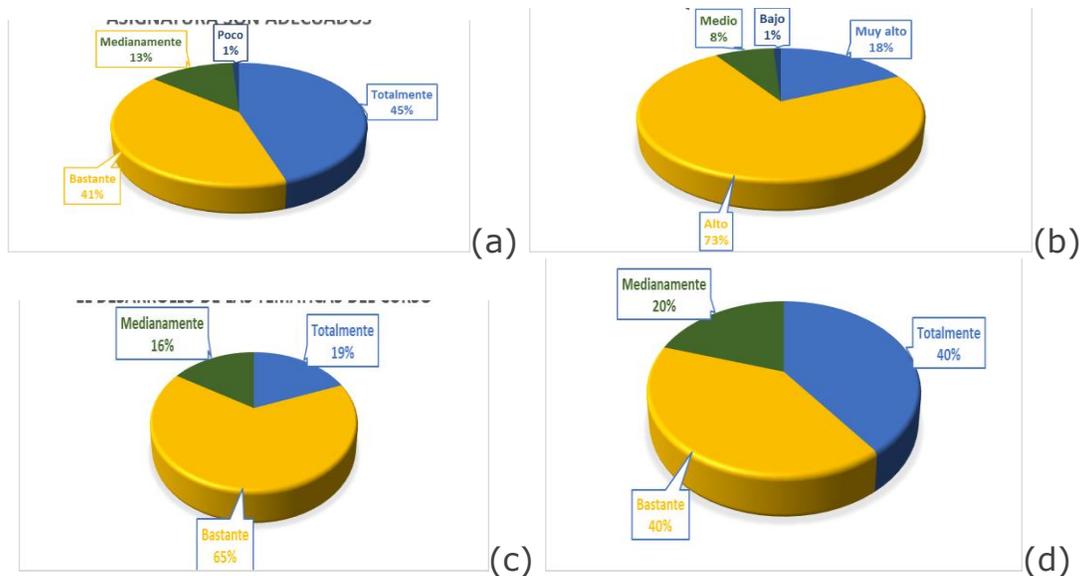
A continuación, se explican algunos resultados del instrumento aplicado. En relación a la pregunta “el programa y la organización de la asignatura son adecuados” (Figura 11a) Un 45% manifestó que eran “totalmente” adecuados y un 41% manifestó que eran “bastante” adecuados; esto lleva a pensar que el hecho de dividir el sílabo en diferentes temáticas y asociarlas para construir un curso virtual de fácil entendimiento y manejo por parte de los estudiantes surtió efecto.

Los encuestados manifestaron creer que habían adquirido conocimiento suficiente sobre los temas tratados en la materia de Mecánica aplicada; reflejo de esto es que tan solo el 1% expresó que su grado de conocimiento adquirido fue bajo. Lo anterior también se ve reflejado en la estadística mostrada anteriormente, donde se ve un mejor rendimiento académico que en los semestres anteriores en los que se usó solo la enseñanza tradicional (Figura 11b).

En relación a la pregunta “¿está usted de acuerdo en que las estrategias de aprendizaje<sup>4</sup> propuestas fueron bien diseñadas y apropiadas para el desarrollo de las temáticas del curso?”, cabe resaltar que un 65% consideró que fueron bastante acertadas (Figura 11c). Este apartado se dedicó a averiguar estrategias para contrarrestar el problema del estudiante de no ser activo en su aprendizaje, causado por los modelos tradicionales de enseñanza y, sobre todo, porque no aprecia la utilidad de este aprendizaje para el rendimiento en los exámenes, que suelen premiar el aprendizaje mecánico o memorístico.

Sobre la utilidad de las guías de trabajo colaborativo en el curso virtual (Figura 11d) el 99% de los encuestados sostuvo que “le ha resultado útil”, en diferentes grados. Estos datos dan cuenta de la utilidad de las guías para los alumnos, aunque deben mejorarse aspectos relacionados con algunas de las tareas para resaltar su utilidad, así como mejorar la motivación por su uso. En este tipo de asignaturas, por lo general, los docentes asignan trabajos y tareas a los estudiantes sin definir claramente una rúbrica de evaluación que establezca cómo se deben elaborar los informes, cuales son los objetivos del trabajo, cuales son los productos esperados y como se evalúa cada ítem mencionado.

<sup>4</sup> Estrategias de aprendizaje, son el conjunto de actividades, técnicas y medios que se planifican de acuerdo con las necesidades de los estudiantes, los objetivos que se buscan y la naturaleza de los conocimientos, con la finalidad de hacer efectivo el proceso de aprendizaje” (definición tomada del sitio Web de la Pontificia Universidad Javeriana: [portales.puj.edu.co/.../Estrategiasaprendizaje/estrategias%20de%20aprendizaje.doc](http://portales.puj.edu.co/.../Estrategiasaprendizaje/estrategias%20de%20aprendizaje.doc))



**Figura 11.** Algunos resultados de la encuesta: (a); organización de temas; (b): conocimiento de la materia; (c): estrategias de aprendizaje; (d): guías de trabajo colaborativo

## Conclusiones

319

La asignatura de Mecánica aplicada es de carácter fenomenológico y es necesario complementar la teoría con la realización de sus correspondientes prácticas de laboratorio, las cuales se llevan a cabo en una sede distante a aquella en que se ofrecen las clases magistrales. Por ende, en una segunda fase de implementación de herramientas tecnológicas, el grupo DIMSI (Diseño, modelamiento y simulación) planteará el diseño y desarrollo de prácticas de laboratorio virtuales con las cuales no se pretende eliminar de la docencia, sino reforzar la comprensión de los ensayos mecánicos y de las técnicas de caracterización de materiales.

Las plataformas LMS basadas en *software* libre facilitan mucho la incorporación de herramientas y recursos en línea, como apoyo al aprendizaje en las aulas, de modo que hacen técnicamente muy viable la implementación del modelo *b-learning* y de diversas herramientas tecnológico-didácticas presentes en la web como innovación de la práctica educativa en educación superior. Esto facilita un desarrollo alternativo que permite superar algunas de las limitaciones presentes en la enseñanza tradicional, como los límites de espacio y tiempo, las dificultades devenidas de problemas laborales y las superposición de actividades (entre otras en los estudiantes de Ingeniería Industrial, generadas debido a que muchos de ellos, por su condición económica, deben trabajar para autosostenerse), los costos de personal docente (debido a que es posible dar formación al estudiante vía intranet o internet) y del aula equipada, y los costos de mantenimiento de equipos y *software*.

En términos generales, los conceptos se confirman unos a otros en cuanto a que se debe innovar en el aula para lograr la atención de los estudiantes; además, se deben ofrecer dichas novedades vinculadas a lo que ellos manejan a diario y mantienen como un referente permanente: el recurso computacional. La disponibilidad del aplicativo y la barrera del costo de licenciamiento del *software* para la simulación de diversos fenómenos se ve superadas por medio de los recursos informáticos disponibles académicamente, y gracias al desarrollo de investigación del grupo DIMSI de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas: el desarrollo se considera un *software* libre cuyos derechos patrimoniales le pertenecen a la Universidad. Esto, sumado a que los recursos de máquina requeridos son bajos, por no decir mínimos, logra que su difusión sea masiva.

Uno de los riesgos que se corre con el trabajo grupal colaborativo (modelo constructivista) es que la formación de estos grupos no garantiza que los estudiantes trabajen colaborativamente, ya que los miembros del grupo pueden llegar a pensar que es mejor o más fácil repartirse el trabajo para después juntar las partes de cada quien en un reporte final (enseñanza tradicional). Por la falsa creencia de una supuesta "eficiencia", dichas prácticas generalmente conducen a resultados pobres.

## Referencias

- Arias N., González K. & Padilla J. (2010) Educación a distancia y educación virtual: Una diferencia necesaria desde la perspectiva pedagógica y la formación de ser humano, *Revista de investigaciones UNAD*, 9(3), 200-215
- Bonk, C. & Graham, C. (2006). *The handbook of blended learning global perspectives*. John Wiley & Sons, Inc.
- Caro, S. & Reyes, J. (2003). Prácticas docentes que promueven el aprendizaje activo en Ingeniería Civil. *Revista de ingeniería*, 18, 48-55.
- Chrobak, R. (1996) *The Globalization and the Engineering Teaching for the XXI Century*. Primer Congreso Argentino de Enseñanza en la Ingeniería. Río(Córdoba).
- Cuban L. (2001) *Oversold and underused: computers in the classroom*. Cambridge, Massachusetts, London: Harvard University press.
- De Miguel, M. (Coord.) (2006). *Metodologías de enseñanza y aprendizaje para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el espacio europeo de educación superior*. Madrid: Alianza Editorial.
- Esquembre, F., Martín, E., Cristian, W. & Belloni, M. (2004) *Enseñanza de la Física con Material Interactivo*. Madrid: Pearson Prentice Hall.

- Fernández-Sánchez, G. & Millán, M. (2013). Structural Analysis Education: Learning by Hands-On Projects and Calculating Structures. *Journal of Professional Issues in Engineering Education & Practice*, 139(3).
- Giurgiu, L. & Bãrsan, G. (2008). The prosumer – core and consequence of the web 2.0. *Revista de informática Sociala*, 5(9), 53-59. Recuperado de: <http://www.ris.uvt.ro/wp-content/uploads/2009/01/giurgiubirsan.pdf>
- Gil, D. & Martínez Torregrosa, J. (1984) *Problem solving in Phisyc: A critical analisys, Research on Physic education*. Paris. Edition du CNRS
- González, K. & Contreras, L. E. (2011) Uso de las tic y especialmente del blended learning en la enseñanza universitaria. *Revista Educación y desarrollo social*, 5(1), 151-160.
- Hadim H., Donskoy D., Sheppard K., Gallois B. & Nazalewicz, J. (2000). Teaching Mechanics to Freshmen by Linking the Lecture Course to a Design Course, *ASEE Conference Proceedings Search*.
- Henao, O. (1992). El aula escolar del futuro. *Revista Educación y Pedagogía*, 4(8-9), 87-96.
- Kolb D., & Fry R. (1975) Toward an applied theory of experiential learning. En C. Cooper (ed.). *Theories of Group Process*. Londres: John Wiley.
- Pascual, M. P. (2003). *El Blended learning reduce el ahorro de la formación on-line pero gana en calidad*. Educaweb, 69. Recuperado de <http://www.educaweb.com/esp/servicios/monografico/formacionvirtual/1181108.asp>
- Rodríguez, G. & Gil, E (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Roger, Y. & Scaife, M. (1997). *How can interactive multimedia facilitate learning*. First International work shop on intelligence and multimodalities in Multimedia. 123-142.
- Ruiz, D., Magallón, J. & Muñoz, E. (2006). Herramientas de aprendizaje activo en las asignaturas de ingeniería estructural. *Ingeniería y Universidad*, 10(1), 97-115.
- Sáez, J. (2010) Análisis de la aplicación efectiva de la metodología constructivista en la práctica pedagógica en general y en el uso de las Tics en particular, *Revista de educación*, 12(1), 261-272.
- Shuman, L., Besterfield-Sacre, M. & MCGourty, J. (2005) The ABET Professional Skills” – Can They Be Taught? Can They Be Assessed? *Journal of Engineering Education*, 94(1), 41-55.