

TÍTULO: FOMENTANDO CREATIVIDAD E INNOVACIÓN EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO CIVIL MIENTRAS DESARROLLA SENSORES INTELIGENTES

TITLE: PROMOTING CREATIVITY AND INNOVATION IN THE TRAINING OF CIVIL ENGINEERS WHILE DEVELOPING INTELLIGENT SENSORS

Autores:

MSc. Jorge Fardales Pérez. jorgefardalesperez@gmail.com. Profesor Auxiliar del Departamento de Ingeniería Informática. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS). Cuba.

MSc. Jaime Fardales Pérez. fardales@cedai.com.cu. Profesor Auxiliar. Empresa de Automatización Integral (CEDAI). Cuba.

MSc. Yanko Antonio Marín Muro. yanko.marin@etecsa.cu. Profesor Asistente. Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA). Cuba

Resumen:

Este trabajo habla del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el proceso de enseñanza - aprendizaje. Se centra en la descripción de una experiencia para fomentar creatividad e innovación en la formación del ingeniero civil mientras desarrolla sensores inteligentes dentro de la asignatura Mecánica Teórica. El trabajo fue elaborado por profesores cubanos durante su trabajo de varios años en carreras de ingeniería tanto en Cuba (Universidad Jose Marti Perez de Sancti-Spiritus) como en Angola: Instituto Superior Politécnico de Huambo y Universidad Agostinho Neto situada en Luanda.

Palabras clave: Didáctica, Entornos virtuales de aprendizaje, web 2.0, proceso de enseñanza-aprendizaje de la Mecánica Teórica, aprendizaje colaborativo

Abstract:

This work talks about the use of Information and Communications Technologies in the teaching – learning process. It is focused on the description of an experience to promote creativity and innovation in the training of civil engineers while developing intelligent sensors inside the subject Theoretical Mechanics. The work was developed by cuban professors during his work of several years in the engineering area in Cuba (University José Martí Pérez de Sancti-Spiritus) and in Angola: Huambo Superior Polytechnical Institute belonging to the angolan University José Eduardo dos Santos and Agostinho Neto University located in Luanda.

Keywords: Didactics, virtual learning environments, web 2.0, Theoretical Mechanics teaching – learning process, collaborative learning

INTRODUCCIÓN

Las obras de construcción civil son muy importantes para la sociedad moderna con sus múltiples usos para protección (De las radiaciones solares, la lluvia y el clima en general), almacenamiento y ordenamiento, entre otras. Aparecen edificios de todo tipo, así como puentes, torres, carreteras y la lista puede seguir pues la humanidad ha realizado múltiples tipos de construcciones según sus necesidades.

Las obras de construcción civil están formadas básicamente por vigas, columnas y barras unidas para formar a su vez las estructuras y deben soportar diversas fuerzas o cargas (Tracción, compresión, flexión, torción) que actúen sobre ellas durante la vida útil de las construcciones, así como permanecer estáticas (Inmóviles) garantizando la estabilidad de las últimas. En particular las vigas son objeto de estudio y análisis en los inicios de la formación de Ingeniería Civil a través de los cursos de Mecánica Teórica (También se le conoce como Resistencia de Materiales). Se estudian haciendo abstracción del material del que estén constituidas (Generalmente concreto armado que es una mezcla de hormigón con acero, aunque también puede ser madera, etc.) y formando parte de los problemas básicos durante el estudio y análisis de los principios esenciales del equilibrio estático de los cuerpos rígidos.

En este caso, los sistemas mecánicos mencionados tienen implícito un carácter abstracto que dificulta la comprensión del concepto de viga y de sus tipos, así como de los sistemas de fuerzas asociados y de las relaciones existentes entre ellos expresadas en forma de modelos matemáticos y gráficos. Esos elementos le imprimen complejidad al contenido y a la asimilación del mismo por los estudiantes y es común que los estudiantes cometan errores para buscar la información utilizando internet u otras fuentes y para enfrentar y resolver problemas resueltos o propuestos orientados en clases.

Además, se debe tener en cuenta que salvo las pedagógicas, el resto de las universidades no forman profesores, sino que se captan los mejores graduados con altos promedios académicos y se les ponen a impartir clases (Suárez-Riva, 2015). Con ello se brinda aceptable respuesta al QUÉ ENSEÑAR, pero presenta la contradicción didáctica entre su contenido y la forma óptima de impartirlo. En esencia, no existe dominio apropiado en este docente del CÓMO HACERLO, para potenciar el aprendizaje de los alumnos (Ortiz y Meriño, 2004), toda vez que no fueron formados para ello.

Este trabajo ha sido elaborado por profesores cubanos durante su trabajo de varios años en carreras de ingeniería tanto en Cuba (Universidad José Martí Pérez de Sancti-Spiritus) como en Angola: Instituto Superior Politécnico de Huambo (ISP-Hbo) y Universidad Agostinho Neto (UAN) de Luanda. Este contexto responde a una caracterización similar a la mencionada para cualquier universidad no pedagógica y en el caso particular de la asignatura Mecánica Teórica corresponde a las carrera de Ingeniería Civil en modalidad presencial. En la UAN hace más de 5 años se imparte dicha carrera, y la asignatura mencionada se fundamenta en aplicaciones de la resistencia de materiales. Se fundamenta además, en las utilidades de física, matemática e informática; criterios de selección y otros.

Una arista de lo planteado es, actualmente, fomentar creatividad e innovación mediante la inserción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), pues son indiscutibles los cambios revolucionarios que han provocado a nivel social, entre los que se pueden citar el software de oficina, el uso de internet y el correo electrónico. Además, se prevé que tendrán una gran repercusión en el campo de la enseñanza, el aprendizaje, la investigación y la extensión universitaria en los próximos años tecnologías como los entornos de aprendizaje personal y la informática móvil entre otros (Colorado, 2012), (FERNÁNDEZ, 2012). En este caso, se pretende tener estudiantes capaces de integrar conocimientos de dos tipos: a) Tecnológico (Usar las TICs para cumplir ciertos objetivos en un contexto determinado), b) Informativo (Saber cuándo y por qué se necesita información, saber dónde encontrarla, como evaluarla, utilizarla y comunicarla de manera ética y legal) ((Vuorikari, 2022), (Tiscareño, 2016), (Hernández, 2019)). Sin embargo, aunque existe en los docentes conocimiento sobre distintas herramientas tecnológicas, la gran mayoría no las utiliza, o las utiliza sin tener claridad sobre cómo motivar a los alumnos a desarrollar habilidades de alto nivel (Morales, 2013).

En este trabajo se presenta una experiencia para fomentar creatividad e innovación en los estudiantes de Ingeniería Civil, basada en el desarrollo de sensores inteligentes mediante hardware libre, durante los estudios sobre equilibrio estático de vigas, dentro de la asignatura Mecánica Teórica, que les permita tomar decisiones y resolver problemas. En el interior del trabajo, se realizan constantemente referencias a la enseñanza problémica, pues se constata que para alcanzar esta especificación, la enseñanza por excelencia a utilizar es la problémica.

EXPERIENCIA PARA FOMENTAR CREATIVIDAD E INNOVACION EN LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL DURANTE LOS ESTUDIOS SOBRE EQUILIBRIO ESTÁTICO DE VIGAS

La **experiencia** que se propone a continuación toma como base lo planteado al respecto en la literatura (García, 2008) y consta de seis momentos importantes:

1. Definir necesidades de información.
2. Identificar fuentes de información a utilizar.
3. Acceso y uso de la información.
4. Elaborar nueva información.
5. Organizar información.
6. Compartir información.

En el caso de los dos primeros momentos, al inicio las necesidades de información, así como las fuentes de información, quedan resueltas a partir de la bibliografía y demás elementos indicados en los planes de estudio de la carrera. Además, se utilizará el supuesto de que las habilidades básicas de trabajo con archivos y carpetas, procesadores de palabras, presentadores de transparencias, hojas de cálculos, ficheros en formato PDF y semejantes se encuentran bastante desarrolladas, pues así se reflejó en el diagnóstico. Por tanto, la exposición comenzará en el momento 3.

El acceso y uso de la información se divide en dos fases:

1. A partir de la plataforma de teleformación Moodle, los estudiantes obtienen los materiales y guías de estudio necesarios, dispuestos anteriormente por los profesores, así como utilizan otros recursos de cooperación y colaboración como foros de debate, bases de datos, glosarios y email.
2. Trabajo con la plataforma de hardware libre Arduino: Constituye el núcleo de este trabajo y se detallará en la sección siguiente.

Elaborar, organizar y compartir nueva información: En el caso de los estudiantes, deben utilizar las habilidades básicas de trabajo con archivos y carpetas, etc. A continuación, se someten los resultados a reflexiones y críticas por parte de sus colegas de aula y de los profesores y especialistas correspondientes, en las actividades off-line y online. Seguidamente realizan las correcciones indicadas. Por último, utilizan el foro, el correo, el glosario, la base de datos, etc. para publicar, en caso que así se decida, los resultados correspondientes.

Trabajo con la plataforma de hardware libre Arduino

Se trata de resolver el problema de agilizar el procesamiento de la información en la toma de decisiones, por ejemplo:

Problema: Se tiene una viga simplemente apoyada (Figura 1) que tiene aplicada sobre su centro una carga que consiste en una fuerza externa que es el peso de un objeto. Se desea disponer de un sistema capaz de captar, almacenar y mostrar, en la escala Newton (N), la intensidad de:

1. La carga aplicada sobre la viga.
2. La reacción realizada por el apoyo izquierdo.
3. La reacción realizada por el apoyo derecho.

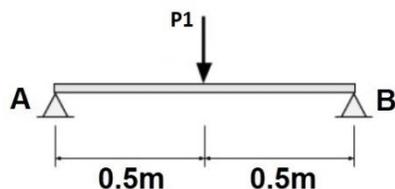


Figura 1. Viga simplemente apoyada con una carga aplicada sobre su centro (El peso de un objeto).

Para resolver el problema anterior, se utilizó la plataforma de hardware libre Arduino (Monk, 2016), a partir de la cual los estudiantes deben ser capaces de completar varias etapas (Convertidas en habilidades):

1. Abrir, analizar, ajustar y compilar el código fuente o sketch (Figura 2).
2. Enviar a la placa Arduino el programa, una vez desarrollado.
3. Montar el hardware correspondiente a la solución (La Figura 3 y la Figura 4 muestran un ejemplo).
4. Poner a funcionar la placa Arduino, la cual a través de su comunicación con la computadora, enviará la información que se mostrará en el monitor de esta última (Figura 5).

<p>a) Código fuente para la configuración inicial del sistema.</p> <pre>#include "HX711.h" const int DOUT=A1; const int CLK=A0; HX711 balanza; void setup() { Serial.begin(9600); balanza.begin(DOUT, CLK); }</pre>	<p>b) Código fuente para la calibración del sensor a partir de un peso estándar y un número de muestras.</p> <pre>Serial.print("Leitura do valor do ADC ... "); Serial.println(balanza.read()); Serial.println("Não tenha nenhum objeto sobre a balança ..."); Serial.println("Destarando..."); balanza.set_scale(439430.25); // Establece-se a escala balanza.tare(20); //O peso actual é considerado Tara. Serial.println("Pronto para pesar."); }</pre>	<p>c) Código fuente para tomar las muestras indicadas y enviar desde la placa Arduino a la computadora la información deseada para que se le muestre al usuario: El valor en Newtons (N) del peso del objeto y de las reacciones de los apoyos.</p> <pre>void loop() { Serial.print("Reação apoio A: "); Serial.print(balanza.get_units(20), 3); Serial.println(" N"); Serial.print("Reação apoio B: "); Serial.print(balanza.get_units(20), 3); Serial.println(" N"); Serial.print("Peso P1: "); Serial.print(balanza.get_units(20), 3); Serial.println(" N"); delay(500); }</pre>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 2. Fragmentos de código fuente.

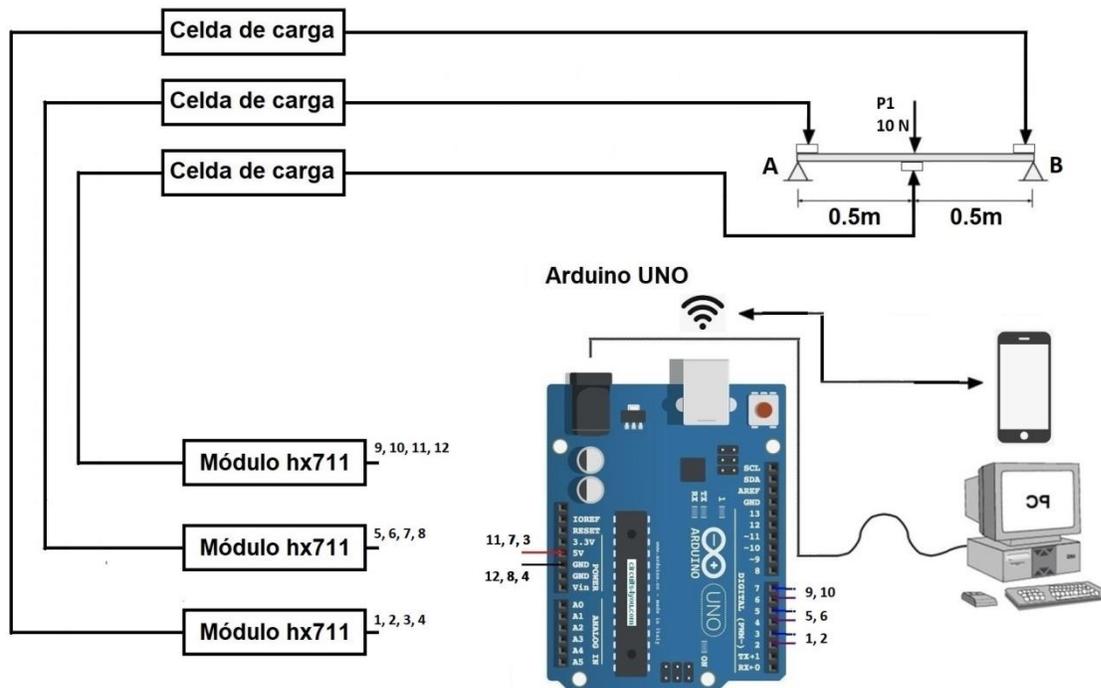


Figura 3. Hardware como solución con tres sensores de peso.

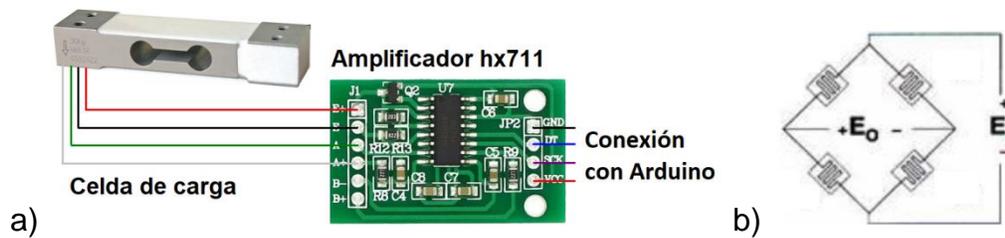


Figura 4. Hardware como solución con detalles de un sensor de peso.

a) Conexión entre la celda de carga y el amplificador hx711.

b) Interior de la celda de carga, donde cuatro galgas extensiométricas se conectan como puente de Wheastone.



Figura 5. En el monitor de la computadora se muestra la información solicitada.

a) Mientras se calibran los sensores, se le presentan al usuario mensajes de orientación.

b) Después de tomar las muestras, se le presentan al usuario el valor en Newtons (N) del peso del objeto y de las reacciones de los apoyos.

Como se puede observar, se trata de configurar (Figura 2-a) y calibrar (Figura 2-b, Figura 5-a) previamente el sistema basado en pequeños mensajes de texto y el envío de datos básicos (La cantidad de muestras y el valor del peso estándar) para posteriormente capturar el valor de las variables físicas (Señales analógicas), convertirlas a digitales, almacenarlas en tres variables y mostrarlas mediante tres cadenas de texto (Figura 2-c, Figura 5-b).

Se debe hacer notar que el estudiante debe tener, entre otros, los siguientes conocimientos previos:

1. Para conocer la intensidad de la fuerza que una carga o un apoyo ejerce sobre un punto significativo de una viga, se debe colocar un sensor en dicha posición, situado en la escala correspondiente (En el caso de este ejemplo, en Newtons).
2. El análisis de equilibrio estático se emplea para caracterizar el material de que está hecha la viga, o sea, conocer su comportamiento ante distintos tipos de cargas aplicadas: Tracción, compresión, flexión, torsión. Los resultados se expresan a través de diagramas: Diagrama cortante y diagrama de momento flexionante.

Después de completar las etapas anteriores, el estudiante puede hacer un recorrido por las diferentes posibilidades de interacción con cada elemento presente dentro del código fuente y realizar modificaciones: Modificar nombre de variables y unidades de medida, tamaños de muestras y valores de temporización. Entonces, puede compilar el

nuevo programa y analizar los efectos que dichos cambios provocan sobre el comportamiento del sistema.

Al problema anterior, se le puede adicionar información de entrada ($P_V = 30\text{N}$, $L_V = 1\text{m}$, $L_{P1} = 0.5\text{m}$) y calcular, almacenar y mostrar en forma de tabulación la intensidad de las fuerzas existentes a lo largo de la viga en la escala Newton (N): Diagrama cortante y diagrama de momento flexionante. El modelo matemático del algoritmo para obtener estos diagramas aparece en la Figura 6 y está disponible en la plataforma Moodle para que el estudiante lo descargue, utilice y modifique. También se pueden hacer cambios en el hardware, por ejemplo montar una viga en voladizo:

1. El extremo derecho de la viga se apoya por medio de un cable inclinado (Voladizo).
2. El sensor de la derecha capta la intensidad de la reacción realizada por la viga al recibir la acción del cable inclinado.

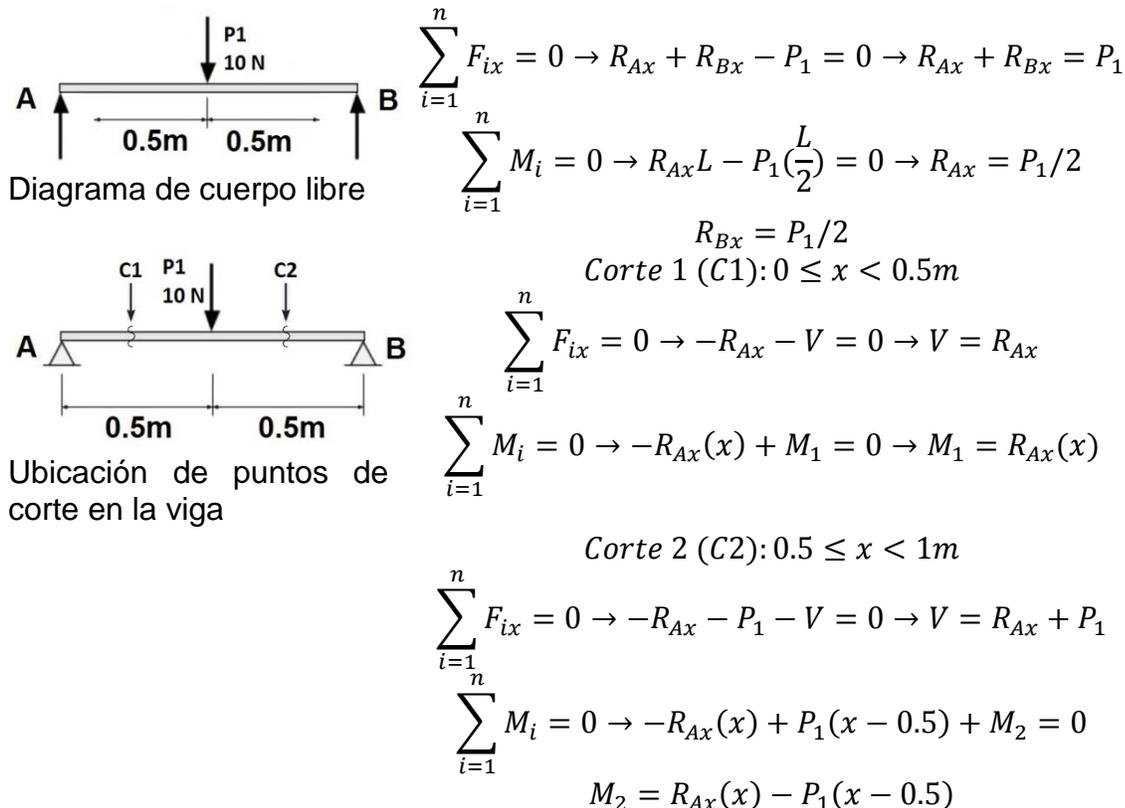


Figura 6. Modelo matemático del algoritmo para obtener los diagramas de cortante y de momento flexionante.

A medida que se transite por la solución de los problemas mencionados, los estudiantes identificarán, desde su aplicación práctica, los conceptos necesarios para que un ambiente incorpore inteligencia:

1. Los componentes de hardware ya mencionados y mostrados en la Figura 3 y en la tabla 4.

2. Los componentes básicos del IDE (Integrated Development Environments, en inglés) Arduino (Monk, 2016).
3. Los componentes básicos de los algoritmos (del Prado, 2013), (Joyanes, 2020):
 - a) Las variables y sus características asociadas: Nombre o identificador, tipo de datos (Booleanos, numéricos, caracteres y cadenas de caracteres), rango de valores y operadores aritméticos y lógicos que se les pueden aplicar.
 - b) Los comandos y sus parámetros.
 - c) Las estructuras empleadas para realizar temporización, decisiones, conteos, sumas y promedios.
4. Las tareas básicas para el tratamiento automatizado de la información (del Prado, 2013), (Joyanes, 2020), (Cuesta, 2018):
 - a) Captar la información mediante los sensores.
 - b) Adaptar la información mediante los circuitos específicos situados en la placa Arduino: La diferencia de potencial que emite el sensor, como representación del peso del objeto, tiene poca potencia y es analógica por lo que es necesario amplificarla y digitalizarla para adaptarla al nuevo contexto.
 - c) Comunicar la información a la computadora mediante el cable de comunicación serie.
 - d) Procesar la información mediante el microcontrolador situado en la placa Arduino: Este es el punto más significativo relacionado con el desarrollo de software, o sea, es donde aparecen en esencia los algoritmos y los estudiantes deben interactuar con comandos y ejecutar trabajos con operadores aritméticos y lógicos, números, cadenas alfanuméricas, contadores y cálculos de promedios.
 - e) Almacenar la información en la memoria interna de la placa Arduino y de la computadora.
 - f) Mostrar (Presentar) la información: Se puede hacer de dos formas:
 - Indicación: Se pueden utilizar señales de un bit para indicar la presencia de energía eléctrica o de objetos encima de la viga: Se puede utilizar un LED de cualquier color visible.
 - Presentación alfanumérica: Se pueden utilizar señales alfanuméricas y un display LCD (Por ejemplo, el típico display alfanumérico LCD 1602) o el monitor de un laptop o una computadora.

Resultados

A partir de la experiencia descrita, se han obtenido resultados interesantes en la enseñanza del equilibrio estático de vigas en carreras de Ingeniería:

1. El % de aprobados ha mejorado significativamente desde un 30 % hasta un 60 % y disminuyó en un 10 % la cantidad de errores que los estudiantes cometen para llegar a la solución.
2. Las encuestas aplicadas a estudiantes y profesores muestran que: Existe satisfacción porque los estudiantes tienen menos dependencia de las ayudas que ofrece el profesor. Por otra parte, el 80 % de los alumnos está satisfecho con la búsqueda de información publicada acerca de propuestas existentes (Problemas, soluciones a dichos problemas, reflexiones y críticas). Además, los alumnos plantean que el acceso y uso de la información por computadora tiene

gran influencia en la calidad de la identificación y preparación parcial o total de nuevas propuestas, así como de su comunicación oral y/o escrita. También se observa, en general, satisfacción con el uso de simuladores y de las herramientas colaborativas personalizadas, pues las colaboraciones facilitan a los alumnos el trabajo en grupo y la tarea tanto en términos de contenido, como de comunicación, para llevar a cabo el trabajo propuesto de la asignatura.

CONCLUSIONES

1. Se presentó una experiencia para fomentar creatividad e innovación en los estudiantes de Ingeniería Civil, basada en el desarrollo de sensores inteligentes mediante hardware libre, durante los estudios sobre equilibrio estático de vigas, dentro de la asignatura Mecánica Teórica, que les permita tomar decisiones y resolver problemas.
2. Compaginar diferentes plataformas en el Campus Virtual como pueden ser simuladores y bibliotecas virtuales ayuda al alumno a adquirir competencias transversales propuestas en los nuevos planes de estudio, relacionadas con las nuevas tecnologías. Además, aplicar herramientas Web colaborativas favorece el trabajo en grupo tanto entre los alumnos como entre el alumno y el profesor: Realizar tutorías virtuales, debates, encuestas, exámenes on-line, resolución de dudas. Por otro lado, las colaboraciones facilitan a los alumnos la tarea tanto en términos de contenido, como de comunicación, para llevar a cabo el trabajo propuesto de la asignatura.
3. A partir de la utilización de la experiencia los resultados de los estudiantes han mejorado significativamente y se observa satisfacción tanto en los estudiantes como en los profesores.

BIBIOGRAFÍA

Colorado Aguilar, B.L. y Edel Navarro, R. (2012). La usabilidad de TIC en la práctica educativa. RED, Revista de Educación a Distancia. Número 30. 2 de mayo de 2012. Consultado el 10/10/2015 en <http://www.um.es/ead/red/30>

Cuesta Moran, Karla Stephanye y Romero Paz, Manuel. (2018). "Domotica con Tecnologia de hardware libre", Editorial Academia Espanola, 2018, ISBN 9786202143097

del Prado, Ana Maria y Lamas, Nancy. (2013). "Fundamentos de Informatica", Universidad Nacional de Catamarca, Editorial Cientifica Universitaria, 2013, ISBN 978-987-661-124-4

FERNÁNDEZ, M.D. & SANJUÁN, M. del M. (2012). Entornos virtuales de aprendizaje: ¿Una ocasión para que nuestros estudiantes universitarios adquieran competencias profesionales?. EDUTEC, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 42. Consultado el 22/09/2015 de

http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec42/entornos_virtuales_aprendizaje_ocasion_estudiantes_aquieran_competencias_profesionales.html

- García-García, O., Raposo-Villavicencio, R. y de Dios Áreas, R. (2008). Propuesta metodológica para el desarrollo de competencias informacionales en las organizaciones, Info 2008, Congreso Internacional de Información, Taller Internacional sobre Inteligencia Empresarial y Gestión del Conocimiento en la Empresa, Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, 21 – 25 abril, ISBN 959 – 234 – 040 – 4
- Hernández Garzón, Yamile. (2019). La formación de competencias informacionales en estudiantes universitarios. caso universidad de bogotá jorge tadeo lozano. Tesis de Maestría en Educación. Facultad de Educación . Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2019, Recuperado de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46136/Tesis_Maestría_en_Educación_Hernandez_Yamile.pdf
- Joyanes Aguilar, Luis. (2020). “Fundamentos de programación: Algoritmos y estructuras de datos”, Quinta Edición, Mc Graw Hill, 2020, ISBN 978-607-15-1468-4
- Monk, Simon. (2016). “Programming Arduino Getting started with sketches”, Second Edition, Mc Graw Hill Education, 2016, ISBN 978-1259641633
- Morales Morgado, E. (2013). Visita a la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile) de la académica Erla Morales Morgado, Licenciada en Pedagogía, Máster en tecnología Educativa y Doctora en Educación por la Universidad de Salamanca (España), Publicado Junio 2013, Consultado el 06/10/2015 en <http://www.filosofiaeducacion.ucv.cl/?p=7018>
- Ortiz, T., y M. A. Meriño S. (2004). La Clase Metodológica Instructiva en la Educación Superior. Pedagogía 2004, CD-ROM.
- Suárez Riva, R. (2015). Visita Díaz-Canel objetivos económicos y sociales en Pinar del Río. Periódico Granma p.1, enero, martes 10. ISSN 0864-0424.
- Tiscareño, M. L., Tarango, J. y Cortés Vera, J. J. (2016). Desarrollo de competencias informacionales en universidades hispanoamericanas: fundamentos teóricos para un modelo integral de evaluación. E-Ciencias de la Información. Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información. San José: Universidad de Costa Rica, 6(1).
- Vuorikari, Riina, et. al. (2022). DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes. European Union. 2022. ISBN 978-92-76-48883-5, doi:10.2760/490274, JRC128415