

La conferencia universitaria apoyada con un laboratorio virtual

Alcides J. León Méndez

email: aleonm@civil.cujae.edu.cu

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH). Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (Cujae). La Habana. Cuba.

Javier Fernández de Córdova Webster

email: jfernand@uazuay.edu.ec

Universidad del Azuay. Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca. Cuenca. Ecuador.

RESUMEN

Se presentan los resultados de impartir una conferencia a alumnos de Ingeniería Civil apoyando el desarrollo de la misma con dos laboratorios virtuales que sirvieron primero para complementar la explicación de los contenidos y después para que cada estudiante ejercitara lo aprendido operando las instalaciones virtuales, obteniendo resultados de los experimentos, procesándolos en tiempo real y analizando colectivamente las conclusiones alcanzadas en los mismos. La experiencia se condujo en la Universidad del Azuay en Cuenca, Ecuador y posteriormente se encuestó a los estudiantes con lo cual se obtuvieron valiosas conclusiones sobre el proceso desarrollado.

Palabras Clave: laboratorios virtuales, universidad virtual, virtualización de procesos.

The university conference supported by a virtual laboratory

ABSTRACT

The results of giving a conference to Civil Engineering students are presented, supporting the development of the same with two virtual laboratories that served first to complement the explanation of the contents and then for each student to exercise what they learned by operating the virtual facilities, obtaining results of the experiments, processing them in real time and collectively analyzing the conclusions reached in them. The experience was conducted at the University of Azuay in Cuenca, Ecuador and the students were subsequently surveyed, with which valuable conclusions were obtained about the process developed.

Keywords: virtual laboratories, virtual university, process virtualization.

INTRODUCCIÓN

El impacto de las TIC en la enseñanza presencial y no presencial genera, día a día, nuevos paradigmas que transforman los procesos enseñanza-aprendizaje. Esta transformación se está incrementando debido al creciente acceso de la población a los diversos sitios que se encuentran en internet convirtiéndolos en parte natural y fundamental para la vida laboral y personal. Cada día la web ofrece nuevos y mejores espacios de interacción en la investigación, la educación, entre otros.

En este nuevo siglo numerosas son las instituciones educacionales que están incorporando a su base material de estudio herramientas producidas para la web o para su empleo directo (offline) empleando para su desarrollo programas propietarios o en código libre.

Hewitt, A. et al. (2009) analiza el solape entre los mundos virtuales, las simulaciones y los juegos educacionales concluyendo que se deben ver los mundos virtuales, los juegos, y simulaciones como los puntos a lo largo de un continuo que en todos los casos es un entorno muy interactivo virtual: HIVE (*Highly Interactive Virtual Environments*). En el artículo se plantea la unificación de HIVE para el futuro de la educación, haciendo énfasis en el necesario balance que se debe tener entre las tres componentes perfeccionando el sentido de lugar y presencia ofrecido por los mundos virtuales, el compromiso divertido proporcionado por los juegos, y el rigor y transmisibilidad de habilidades prometidas por las simulaciones.

Muchos otros autores desarrollan aplicaciones e investigan acerca de su empleo e impactos en el mundo académico. Desde finales del pasado siglo Mosterman et al. (1994), del Center for Intelligent Systems, en la Vanderbilt University en Nashville, trabajan con el diseño y experimentación de laboratorios virtuales de circuitos eléctricos; Martínez M. (2011) haciendo estudios sobre gestión del conocimiento con herramientas virtuales y Ligia A. (2013) trabajando un entorno virtual para el aprendizaje (EVA) en temas de la carrera de Psicología a través de un novedoso programa denominado “Herramientas 2.0 & +”¹, entre otros muchos estudiosos del tema, han contribuido al desarrollo de las herramientas virtuales en el campo de la enseñanza.

Por su parte Santos y Marquina (2009) profesores de la Universidad Complutense de Madrid, plantea el empleo de prácticas virtuales para microbiología argumentando que: “Las prácticas de esta asignatura han sido diseñadas para poner en conocimiento de los alumnos una serie de procesos biotecnológicos que requieren la aplicación de distintas técnicas bioquímicas y microbiológicas que se desarrollan en plantas de producción industrial. Sin embargo, el desarrollo de estas prácticas se ve limitado al escaso margen espacio-temporal de las mismas”. “Esto provoca que los alumnos que hacen estas prácticas no puedan obtener un aprovechamiento óptimo de esta parte de la asignatura o no lleguen a tener la perspectiva suficiente del proceso en su vertiente más enfocada a la industria”. Estas afirmaciones se repiten, de una u otra forma, en todos los que han comenzado a emplear herramientas virtuales para el perfeccionamiento de la enseñanza presencial y no presencial.

De igual forma en los últimos años numerosos autores hablan en sus publicaciones de “realidad aumentada, RA”, “innovación docente”, “... fomentar un aprendizaje constructivo y más flexible ...”, “... nuevas estrategias de enseñanza que introducen en forma intencional entornos interactivos, generando nuevas dimensiones para el análisis de las relaciones entre didáctica, tecnología y conocimiento”, “... la implementación de modelos y estrategias de enseñanza didácticas son fundamentales si se desea que el estudiante construya un conocimiento significativo más allá que un conocimiento memorísticos, para lo cual las tecnologías de la información y la comunicación, TIC, se ofrecen como herramientas en busca de que la creatividad docente se manifieste acorde con los propósitos pedagógicos planteados, entre las múltiples

opciones se encuentran los laboratorios virtuales, ..." Vargas y Vega (2015); Cabrera et al. (2018); Cabrero A., Llorente, C. y Barroso J. (2019).

Cada vez más se encuentran publicaciones sobre resultados provenientes del empleo de los entornos virtuales y otras herramientas que conforman las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para la creación de nuevos ambientes conducentes a que los alumnos, de cualquier nivel de enseñanza, desarrollen durante su trabajo personal aquellas aptitudes que no pueden desarrollarse en los laboratorios por las inherentes restricciones de espacio y tiempo que los mismos tienen.

Los laboratorios virtuales pueden emplearse en la educación con sincronismo espacio-temporal (conferencia, clase práctica, seminario, práctica de laboratorio dirigida), solo con sincronismo espacial (centros virtuales de recursos), solo con sincronismo temporal (herramientas de comunicación sincrónica: chat de texto, voz y video y teleconferencia) y con asincronismo espacio-temporal (correo electrónico, cursos a distancia, páginas web). Estas posibilidades sumadas a que muchas instalaciones reales son costosas y que con esta tecnología se puede lograr lo que es muy difícil y a veces imposible lograr en una instalación real, hacen que la virtualización de procesos para la enseñanza a cualquier nivel, esté ampliando sus campos de aplicación día a día.

En Cuba, una de las herramientas que más empleo ha tenido en el campo de la enseñanza de la ingeniería ha sido el MultiH.Virtual, León y Gómez, 2006. En estos momentos la versión 6.1 se emplea en carreras de universidades cubanas y extranjeras con resultados que alientan a seguir trabajando en esta línea de desarrollo educacional, tal como lo indica los resultados reportados por León A. y Gómez M. (2010), trabajando en dos instituciones universitarias diferentes, en Cuba y Venezuela.

A partir de toda la experiencia acumulada en los trabajos con las 34 prácticas virtuales que hoy componen el entorno virtual del MultiLab.Virtual® para la especialidad de Mecánica de los Fluidos, se emprendió un trabajo en la Universidad del Azuay en Cuenca, Ecuador, con alumnos de la carrera de Ingeniería Civil, empleando dos diferentes entornos virtuales como base para la enseñanza de un tema de la Mecánica de los Fluidos, figura 1.

A diferencia de la ejecución de forma individual e independiente que se emplea para las prácticas virtuales del MultiLab.Virtual®, donde los estudiantes conocen, por haberla cursado en el aula previamente, la parte teórica de la materia abordada, en esta experiencia se explicó el tema apoyando el desarrollo del mismo en dos bancos del laboratorio virtual y logrando, con cada uno de los grupos de estudiantes, que conocieran los detalles teóricos a la vez que realizarán mediciones en el laboratorio que les permitiera emitir al final del proceso un informe sobre los resultados teórico y prácticos desarrollados.

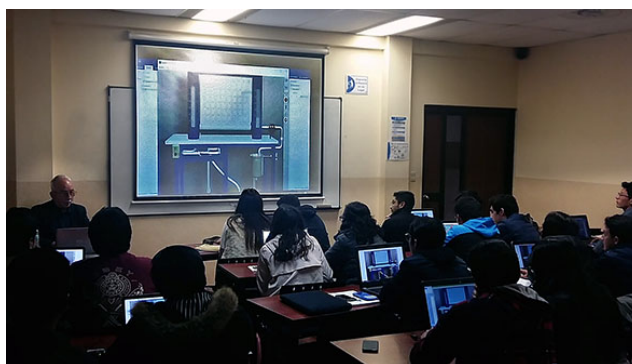


Figura 1. Local de la universidad donde se efectuó el trabajo con los estudiantes

Los objetivos planteados para la actividad, se dirigieron a que los estudiantes se apropiaran de los conceptos y formulaciones empíricas asociados a las pérdidas de energía en una tubería recta, sin accesorios; comprobaran en la práctica, empleando dos laboratorios virtuales, la veracidad de la teoría y comprobaran las diferencias entre las mediciones realizadas en un ambiente virtual a la información obtenida de las expresiones matemáticas empleadas para su cálculo.

Para verificar el cumplimiento de los objetivos y el impacto causado en los estudiantes por el uso de ambientes virtuales como apoyo a la teoría impartida, se determinó la efectividad del proceso, empleando un sistema de encuestas personales al final de la actividad.

Por tanto, el objetivo del trabajo se encaminó a demostrar las potencialidades de los laboratorios virtuales en el aula de conferencias, como apoyo al docente al impartir materias que tengan un alto contenido práctico y experimental.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO.

La experiencia se efectuó con alumnos de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Azuay en Cuenca, Ecuador. La muestra estuvo constituida por un grupo de los estudiantes del cuarto semestre de la carrera, en número de 27 el grupo A, 17 el grupo B y 22 el grupo C.

La conferencia impartida fue “Pérdidas de energía en tuberías que conducen agua” que forma parte de los objetivos, contenidos y resultados del aprendizaje recogidos en el Syllabus de la asignatura Mecánica de Fluidos.

Cada grupo recibió la misma conferencia y para asistir a la misma llevaron sus computadoras portátiles. Este requerimiento se puede flexibilizar hasta admitir dos estudiantes por computadora para garantizar que cada uno de ellos pueda seguir las explicaciones y desarrollar el procedimiento virtual con gran independencia.

Los laboratorios virtuales empleados, dos en total, sirvieron primero, para complementar la explicación de los contenidos y después para que cada estudiante ejercitara lo aprendido operando las instalaciones virtuales, obteniendo resultados de los experimentos, procesándolos en tiempo real, empleando una hoja de cálculo electrónico, y analizara colectivamente las conclusiones alcanzadas en los mismos.

El docente que condujo la actividad tenía una computadora conectada a un proyector y para las explicaciones teóricas se auxilió de una pizarra, de presentaciones y de una hoja de cálculo electrónico para agilizar los cálculos asociados a las mediciones en el laboratorio y que cada estudiante tuviera sus resultados en tiempo y con los requisitos solicitados. Un segundo docente se encargó de auxiliar a los estudiantes en sus puestos de trabajo mientras ejecutaban alguna de las dos prácticas virtuales o posprocesaban la información en la hoja de cálculo.

Para demostrar la teoría se emplearon dos entornos virtuales, pertenecientes al paquete computacional MultiLab.Virtual® v6.0, desarrollado por Grupo de Investigación en Virtualización de Procesos de la Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” en Cuba, León y Gómez (2006); Gómez y León (2010), León y (2010) y Cabrera et al. (2018).

MultiLab.Virtual® es una tecnología educativa que permite la realización de prácticas virtuales de laboratorio para las Ciencias Técnicas y hasta el presente tiene procesos que abarcan la Mecánica de los Fluidos, las Máquinas Hidráulicas, las Obras Hidráulicas, los Materiales de Construcción, los Procesos Químicos y la Termodinámica. A partir de recrear una instalación real, mediante un diseño en 2,5D de la misma y la incorporación de imágenes, sonidos y animaciones específicos del proceso que se virtualiza.

Esta tecnología integra la concepción didáctica requerida en la impartición de prácticas de laboratorio y la modelación matemática de todos los aspectos y leyes que gobiernan estos procesos. La tecnología incluye una poderosa ayuda con los objetivos de la práctica, sus bases teóricas y el procedimiento experimental, con la guía paso a paso.

El tema abordado en la conferencia es uno de los temas básicos de la Mecánica de los Fluidos y su objetivo se centra en que los estudiantes logren apropiarse del concepto de *pérdidas de energía* que se producen cuando circula un fluido no compresible en régimen permanente (estacionario) por una conducción forzada y su papel protagónico en la formulación del Principio de Conservación de la Energía (ecuación de Bernoulli). Conocer y aplicar fórmulas empíricas para su cálculo y saber cómo emplear estas fórmulas ante un caso de estudio.

Las pérdidas de energía en un tramo de un conducto de diámetro constante, material conocido y años de uso, dependen del caudal que circula (o la velocidad media), las características del ducto y las características y la temperatura del fluido (densidad, ρ y viscosidad cinemática, ν). Para tuberías que conducen agua limpia a temperatura ambiente, puede enunciarse de forma general que:

$$hf = f(\text{caudal}, \text{diámetro interior}, \text{material}, \text{vejez}, \text{caudal}, \rho, \nu) \quad (1)$$

Al emplear dos diferentes entornos virtuales como apoyo para el desarrollo de la actividad se agrega a los objetivos anteriores el que el estudiante sea capaz de medir empleando un banco piezométrico las pérdidas de energía a lo largo de un conducto de diámetro dado que conduce diferentes caudales de agua y además que sean capaces de medir en un banco de tubería que está conformado por tuberías comerciales de diferentes diámetros, materiales y años de uso (vejez) las pérdidas de energía instrumentación y lograr encontrar la relación funcional entre los caudales que circulan y las pérdidas que se producen, para los ensayos ejecutados.

Si bien es cierto que los objetivos propuestos son ambiciosos, constituyó una fortaleza para lograrlos que el tiempo de que se dispuso con cada grupo de estudiantes fue de cuatro horas.

El primer entorno empleado está constituido por un banco piezométrico en el cual pueden evaluarse ocho diferentes tramos de tubería, figura 2. Uno de los tramos de tubería es un tramo de tubería de cristal, de diámetro constante, ubicado en posición horizontal que recibe agua de un tanque de carga constante y entrega el agua a un tanque de carga variable regulado por una válvula de apertura-cierre lento.

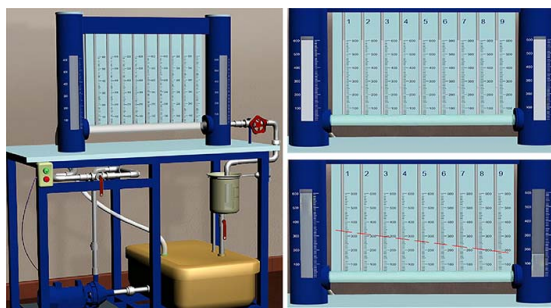


Figura 2. Banco Piezométrico (BP)

En la figura 2, aparece a la izquierda la imagen completa del banco con su bomba, tanque de almacenamiento y tanque de aforo. El flujo, como se observa en la instalación se mueve de izquierda a derecha. El primer recipiente (azul) en el extremo izquierdo de la tubería es el tanque

de carga constante que mantiene 600 milímetros de carga sobre el eje del tubo, el tanque de la extrema derecha del tubo tiene carga variable en función de la abertura de la válvula de descarga.

Sobre la tubería van colocados nueve piezómetros que permiten medir la carga a presión que hay en la tubería y de ahí que esta instalación permita visualizar la rasante piezométrica a lo largo del tubo.

La instalación permite ubicar un tubo recto de diámetro constante, figura 2, dos tuberías de diferente diámetro conectadas en serie bien reduciendo el diámetro o aumentándolo en sentido del flujo. En ambos casos la unión entre los tubos de diámetros diferentes puede ser brusca o gradual para que los estudiantes puedan valorar las diferencias. También se puede colocar una tubería con una Placa Orificio, un flujómetro Venturi, o una tubería con reducción muy gradual del diámetro que termina en la sección media de la instalación donde comienza otra, conectada en serie a la anterior, con ampliación muy gradual del diámetro hasta a alcanzar al final de la misma el diámetro de comienzo en el extremo izquierdo de la instalación.

En las figuras a la derecha aparecen dos vistas de trabajo, en la superior los piezómetros están totalmente llenos ya que la válvula está cerrada y no hay movimiento del líquido en la tubería. En la inferior está circulando un caudal y se produce una caída de presión a lo largo del tubo que queda reflejada en la altura a que asciende el agua en cada piezómetro y que ha sido resaltada por una línea discontinua de color rojo para su mejor visualización.

El segundo entorno virtual lo constituye un banco de tuberías de 22 metros de largo efectivo en cada ramal, figura 3 superior.

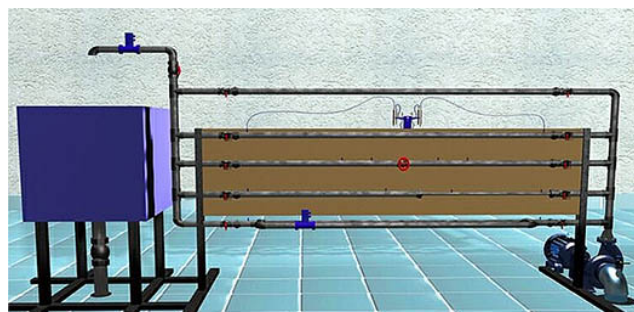


Figura 3. Banco de Tuberías (BT)

El Banco de Tuberías está compuesto por cinco niveles de tuberías de diferentes materiales, diámetros y vejez. El nivel inferior está reservado a un sistema de tuberías en paralelo, de igual o de diferentes diámetros. El nivel siguiente está reservado para un sistema de tuberías en serie unidas por una reducción típica de las usadas para unir tuberías de hierro galvanizado, cobre, PAD o cualquier otro material que se emplee en el banco. El tercer nivel, intermedio, está reservado para colocar en la sección del medio un accesorio: reducido o ampliación brusca o gradual, válvula de globo, válvula de mariposa o una válvula de cuña.

El cuarto nivel, que es el objetivo de la conferencia, lo constituye un tramo de tubería recta y el nivel superior está formado por un tramo de tubería que en su tramo central lleva colocado un flujómetro Venturi, una Placa Orificio, o una Tobera: ISA 1932, de radio corto, de radio largo o una tobera Venturi.

En la conferencia se empleará ese cuarto nivel para determinar las pérdidas de carga a presión entre los extremos del tubo mediante una rama diferencial manométrica en U, figura 3 inferior, que puede estar llena con uno de cuatro diferentes líquidos manométricos, según sean los valores de diferencia en carga a presión a medir.

ESTRATEGIA EMPLEADA PARA LA IMPARTICIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Para el desarrollo de la actividad, de cuatro horas de duración con recesos cortos intermedios, se comenzó la actividad dando una introducción al tema y a la nueva forma en que se iban a impartir los conocimientos haciendo énfasis en las potencialidades del empleo de la herramienta virtual, primero, para visualizar la posición de la rasante piezométrica (BP) y posteriormente medirla en una tubería de material real en un entorno virtual. La figura 4 muestra un diagrama de flujo del proceso que se siguió en la actividad con cada uno de los grupos.

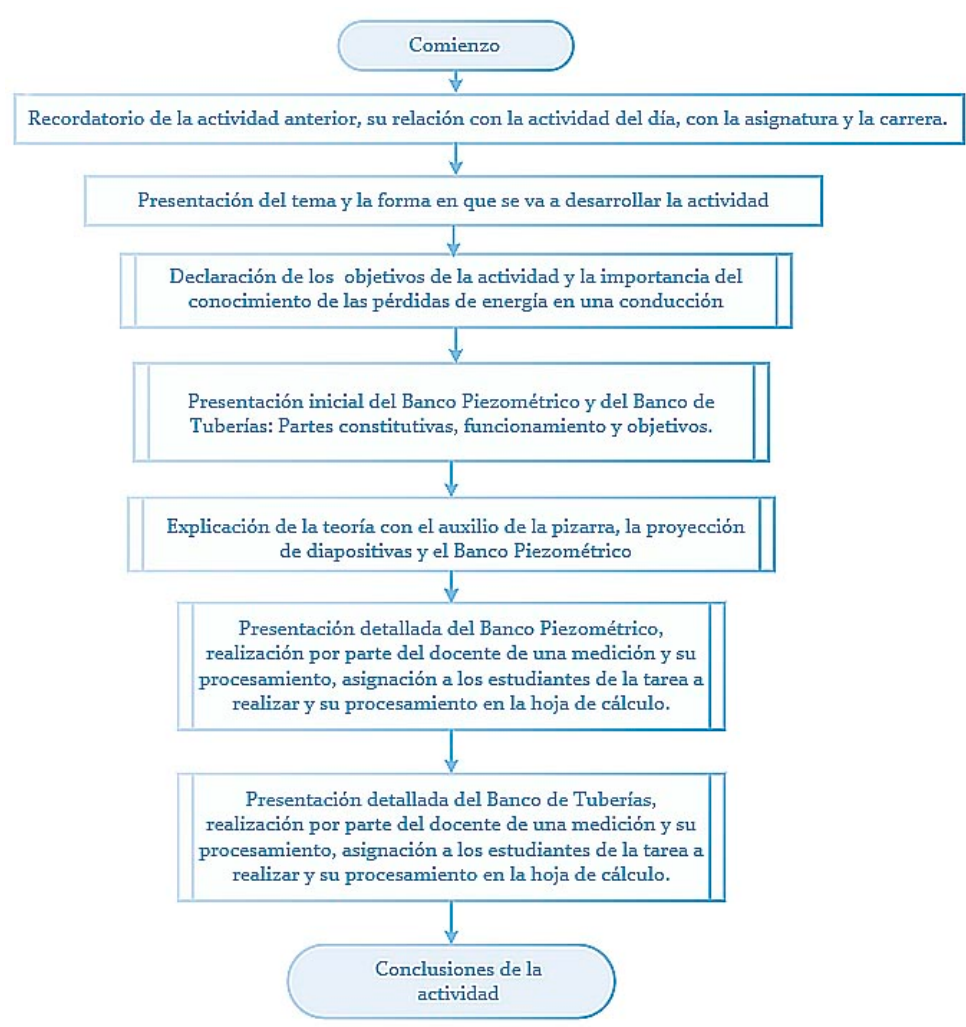


Figura 4. Diagrama de flujo de la actividad con cada uno de los grupos

Detalles de la actividad.

La presentación del tema y la declaración de los objetivos se realizó al comienzo de la actividad por la importancia de los mismos, insistiéndose en la unión de la teoría con la práctica a través del empleo de un laboratorio virtual, que permita, en tiempo real, comprobar aspectos importantes del tema en estudio y además posibilite que cada estudiante llegue a sus propias conclusiones ya que,

la base de datos a procesar en su instalación, es diferente para cada asistente. La asistencia se tomó antes de comenzar la actividad en la medida que los estudiantes iban concurriendo.

A la presentación inicial de los dos bancos virtuales de trabajo se le dedicó más tiempo, para poder precisar detalles que después iban a ser necesarios para la comprensión de los contenidos. Por esta razón de los dos bancos que se emplearán, al piezométrico se le dedicó más tiempo ya que su fortaleza, en cuanto a la visualización de la rasante piezométrica, hacen de esta instalación una herramienta muy útil para la enseñanza.

En la explicación de la teoría, con el apoyo del BP funcionando, se habló a los estudiantes del peso cuantitativo y conceptual de las pérdidas de energía y su participación como elemento constitutivo de la ecuación que describe el principio de conservación de la energía por unidad de peso entre dos secciones transversales de una conducción (2).

$$H_1 = H_2 + hf_{1-2} \quad (2)$$

Donde,

H_i : Energía por unidad de peso total en la sección transversal i

hf_{1-2} : Pérdidas de energía entre las secciones transversales de la conducción 1 y 2

Por su parte la energía total (H_i), en cualquier sección de una conducción, está formada por la suma de sus tres componentes (3): la energía potencial por unidad de peso (z), la energía cinética por unidad de peso ($v^2/2g$) y la energía de presión por unidad de peso (p/γ).

$$H_i = z_i + \frac{p_i}{\gamma} + \frac{v_i^2}{2g} \quad (3)$$

En este punto y con referencia al BP se ejemplificó la componente z igual a la distancia entre el piso y el centro de la tubería, tomando el piso del laboratorio como plano de referencia para la energía potencial. De igual forma se mostró la altura en los piezómetros representativa del término p/γ y se recordó el concepto de rasante piezométrica, ejemplificando la variación en su posición con diferentes caudales circulando, recordando a los estudiantes que a mayor velocidad menor presión en cada sección de la tubería. Para ejemplificar este último concepto, en la conferencia referida al Principio de Energía, que fue impartida anteriormente, puede emplearse esta instalación virtual (BP) con el aditamento compuesto de un estrechamiento muy largo al que le sigue un ensanchamiento también largo.

Conocida la posición de la rasante piezométrica, se ejemplificó la obtención de la cota de la rasante de energía en cada piezómetro sumándole el término que representa la energía cinética por unidad de peso, aclarando que en un caso como este que el diámetro de la tubería es constante ambas rasantes son paralelas y por esta razón las pérdidas de energía total que se producen entre el primer y el noveno piezómetro pueden obtenerse indistintamente con la rasante piezométrica o la de energía (4).

$$hf_{1-9} = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} \right)_{p1} - \left(z_9 + \frac{p_9}{\gamma} \right)_{p9} = \left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} \right)_{p1} - \left(z_9 + \frac{p_9}{\gamma} + \frac{v_9^2}{2g} \right)_{p9} \quad (4)$$

Trabajo en los ambientes virtuales.

Una vez concluida la parte teórica con las correspondientes demostraciones en el BP, se pasó a la tapa de trabajo con la primera instalación virtual, para lo cual se fijaron los datos iniciales

necesarios, se realizó, por parte del docente, una demostración completa de la medición y se les pidió a los estudiantes que completaran diez mediciones con diferentes caudales. Para acelerar el procesamiento de la información se orientó emplear una hoja de cálculo, figura 5.

La hoja de cálculo está dividida en tres zonas. La primera (filas 2→7) dedicadas a los datos de la instalación, la segunda (filas 8→20) dedicada a las observaciones en la instalación BP y la tercera dedicada al procesamiento de la información acumulada (filas 21→33)

Al emplearse una hoja de cálculo deben programarse previamente las celdas necesarias para en el momento de asentar la información obtenida de la instalación las celdas correspondientes se llenen con los resultados del procesamiento matemático necesario. Esto puede hacerse programando celda a celda o bien utilizando una Macro, que realice en segundo plano los cálculos necesarios. Por ejemplo, en las celdas N (filas 11→20) va el promedio de las celdas que contienen los tiempos realizados para la medición de cada caudal (5). De igual forma se pueden y deben programar las celdas que llevan cálculos numéricos en la zona dedicada a la tabla de resultados.

Para esta etapa el conocimiento previo que tenían los estudiantes del trabajo en hoja de cálculo fue muy valioso para no retrasar el proceso.

$$\left(N_i = \frac{K_i + L_i + M_i}{3}\right)_{i=11 \rightarrow 20} \quad (5)$$

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
2	DATOS DE LA INSTALACIÓN																					
3	Altura del piso del laboratorio al eje de la tubería							m														
4	Área del tanque de aforo							m ²														
5	Altura de medición en el piezómetro del tanque de aforo							m														
6	Volumen del tanque de aforo							m ³														
7	Diámetro interior del tubo							m														
8	Área de la sección transversal interna del tubo							m ²														
9	TABLA DE OBSERVACIONES																					
10	Obs.	Carga piezométrica en metros									Tiempo en segundos											
11		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	t1	t2	t3	tprom.								
12	1																					
13	2																					
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20	10																					
21	TABLA DE RESULTADOS																					
22	Obs.	Cota rasante piezométrica en metros									Q (l/s)	v ² /2g	Cota rasante de energía en metros									hf 1-9 (m)
23		RP 1	RP 2	RP 3	RP 4	RP 5	RP 6	RP 7	RP 8	RP 9			RE 1	RE 2	RE 3	RE 4	RE 5	RE 6	RE 7	RE 8	RE 9	
24	1																					
25	2																					
26																						
27																						
28																						
29																						
30	10																					

Figura 5. Tabla en hoja de cálculo para el BP

Una vez concluido esta experiencia con la primera instalación virtual y realizadas las conclusiones de la misma, se pasó a la segunda instalación virtual, figura 3, donde se medirá las pérdidas totales de energía entre los extremos de una tubería de 22 metros de longitud, esta vez empleando una rama diferencial manométrica en U, llena de un líquido manométrico más pesado que el agua. En esta instalación el tanque de aforo para los caudales conducidos durante el experimento cumple con la Norma UNE-EN ISO 8316 de 1996: altura neta del piezómetro 100 centímetros y diferentes áreas de captación a seleccionar por el usuario. Por esta razón hay que indicar a los estudiantes lo necesario que es, en una instalación virtual o en una instalación real, realizar cálculos iniciales para precisar los equipos e instrumentos del ensayo.

Por tanto, las siguientes precisiones son de estricto cumplimiento una vez que se tenga indicado las características del ensayo a realizar. Para esta actividad se indican a continuación los pasos previos desarrollados de conjunto con los estudiantes, tabla 1. Los datos de inicio de la tarea a realizar son: diámetro interno del ducto, material del ducto, su vejez y caudales a evaluar. El dato de los caudales puede sustituirse por el de los Números de Reynolds extremos en que debe guiarse el experimento, pero para una conferencia esto implicaría un mayor cúmulo de explicaciones y cálculos y por esta razón no se empleó en esta ocasión.

Tabla 1. Pasos previos

Pasos	Acciones
1ro.	Calcular el área de tanque de aforo mínima necesaria para medir el mayor caudal en 30 segundos o más (cumplimiento de la ISO 8316).
2do.	Calcular, empleando una o varias fórmulas empíricas, las pérdidas de energía máximas que podrían ser medidas en la tubería del experimento. Las fórmulas a emplear son las mismas que se explicaron anteriormente en el proceso de impartición de la teoría.
3ro.	Con las h_f máximas, calculadas en el paso anterior, seleccionar el líquido manométrico que debe seleccionarse para llenar el instrumento de medición.
4to.	Comprobar que con el líquido manométrico seleccionado en el tercer paso se puede medir con una deflexión de los meniscos mayor de 100 milímetros cuando circula el caudal mínimo con el cual debe realizarse el experimento.
5to.	De no cumplirse satisfactoriamente el paso anterior determinar los dos líquidos manométricos a emplear y el sub intervalos de caudales que se evaluarán con cada uno de ellos.
6to.	Comprobar que de las bombas disponibles en la instalación al menos una de ellas cumple con los caudales demandados para el experimento.

Una vez concluida esta etapa, guiada por el docente, se entra al ambiente virtual y se selecciona: área de tanque de aforo, diámetro de la tubería, material y vejez, equipo de bombeo y se abren las válvulas en los extremos de la tubería a ensayar, con lo cual se puede ir a la vista posterior del BT para seleccionar el líquido manométrico.

A partir de este punto el docente realiza una primera medición paso a paso, para que cada estudiante la vaya reproduciendo en su medio de cómputo y a partir de ahí se les pide que cada uno (solos o en dúo) realicen las mediciones necesarias para completar el experimento. Para esto se emplea una hoja de cálculo electrónico semejante a la anterior, figura 6.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DATOS DE LA INSTALACIÓN								
2		Área del tanque de aforo=				m ²			
3		Volumen del tanque de aforo=				m ³			
4		Temperatura del agua=				°C			
5		Viscosidad cinemática=				m ² /s			
6		Material de la tubería=				---			
7		Diámetro nominal de la tubería=				m			
8		Diámetro interior de la tubería=				m			
9		Longitud de la tubería=				m			
10		Peso específico relativo (líquido manométrico)=				---			
11	TABLA DE OBSERVACIONES								
12	Obs.	Tiempo de llenado del tanque (s)				Lectura manómetro en U (mm)			
13		t 1	t 2	t 3	t promedio	lect. 1	lect. 2	lect. 3	lect. prom.
14	1								
15	2								
22	...	...	...	...	...	...	...	...	...
23	10								
24	TABLA DE RESULTADOS								
25	Obs.	Q	v	NR	hf	f	C	Ks	n
26		m ³ /s	m/s		(mca)	D-W	Hazen	Scobey	Manning
27	1								
28	2								
35	...	...	...	...	...	...	...	...	...
36	10								

Figura 6. Tabla en hoja de cálculo para el BT

Antes de comenzar las mediciones es necesario realizar, con el empleo de la ecuación de Bernoulli, la demostración a los estudiantes de cómo con una rama diferencial en U puede obtenerse de forma directa las pérdidas que se producen entre los extremos de la tubería seleccionados para colocar las dos tomas de presión de la rama y la ecuación de la rama diferencial en U (6).

$$\text{diferencia de las cargas a presión} = \frac{\Delta p}{\gamma_a} = h \left(\frac{\gamma_{LM}}{\gamma_a} - 1 \right) \quad (6)$$

Donde:

$\Delta p/\gamma_{agua}$: Diferencia entre las cargas a presión entre los extremos de la tubería en que se conecta la rama diferencial en U

h : Distancia que separa ambos meniscos de la rama diferencial en U

$\gamma_{líquido\ manométrico}/\gamma_{agua}$: Peso específico relativo al agua del líquido manométrico

La tabla dedicada a las observaciones se explica por si sola y el procesamiento de las lecturas promedios y el tiempo promedio debe programarse previamente en la celda, o en una Macro.

En la tabla dedicada a los resultados debe programarse todas las celdas para agilizar el cálculo de las mismas y la obtención de los resultados finales. En ella además del cálculo del caudal y de las pérdidas de energía, se incluye el cálculo del número de Reynolds y los coeficientes empíricos de algunas de las fórmulas clásicas que aparecen en la literatura. En la actividad con la guía del docente se programaron todas las celdas posibles y de esta forma se pudo cumplimentar el procesamiento de la información en tiempo real.

Como ejercicio extra se les encomendó a los estudiantes obtener gráfica y analíticamente la curva medida de pérdidas de energía versus caudal [$hf=f(Q)$] y comparar esta, con las expresiones empíricas estudiadas en la conferencia.

ENCUESTA REALIZADA Y SUS RESULTADOS.

Para conocer el impacto de la actividad en el estudiantado se realizó una encuesta a los estudiantes de los tres grupos participantes. La encuesta se realizó una vez que cada uno de ellos entregó el informe conteniendo los resultados obtenidos en los dos ambientes virtuales en que se trabajó. Se realizaron cuatro grupos de preguntas.

Las preguntas del primer grupo fueron encaminadas a medir en qué medida consideraba las prácticas virtuales. Las del segundo grupo se encaminaron a detectar si los estudiantes habían adquirido los conocimientos teóricos y prácticos que se impartieron tanto en la parte teórica, como en la ejecución de las dos prácticas virtuales.

El tercer grupo de la encuesta se dedicó a conocer los deseos de los estudiantes ante la nueva forma de recibir los conocimientos, su extensión a otras asignaturas, el lugar de realización y si les resulto provechoso. Por último, el cuarto grupo de la encuesta abordó cuestiones generales que tienen peso en la consecución de los objetivos de la actividad.

En el primer grupo de la encuesta, figura 7, se les pidió a los estudiantes calificar cada pregunta del 1 (menor puntuación) al 5 (mayor puntuación) y se realizó con las siguientes interrogantes:

- a) ¿Han resultado útiles para tu aprendizaje de la asignatura?
- b) ¿Contribuyeron a la adquisición de habilidades para realizar mediciones con instrumentos y técnicas propias de la profesión?
- c) ¿Contribuyeron a una mejor comprensión de los aspectos teóricos que en ella se presentan?
- d) ¿Contribuyeron a una mejor comprensión del fenómeno estudiado?
- e) ¿Motivaron el interés por estudiar el tema de la misma?
- f) ¿Presentan un diseño gráfico que consideras te ayudó a su realización?
- g) ¿Tienen orientaciones necesarias sobre los equipos e instrumentos de trabajo?
- h) ¿Contienen orientaciones en la ayuda para realizar el procedimiento experimental?
- i) ¿Presentan orientaciones en la ayuda para registrar los valores de las mediciones?
- j) ¿Presentan orientaciones en la ayuda para realizar el informe final de la práctica virtual?

En los resultados puede apreciarse, que las más altas puntuaciones (5 y 4 puntos) fueron abrumadoramente mayoritarias en todas las preguntas, lo cual se traduce en una buena aceptación de la actividad y las componentes de la misma. Este grupo de preguntas, precisó cuestiones tales como: utilidad de la práctica, adquisición de habilidades, mejor comprensión de los contenidos teóricos y del fenómeno estudiado y motivación por el tema (preguntas 1 a la 5) También se indagó sobre el criterio de los estudiantes sobre: el diseño gráfico y las orientaciones brindadas y las provenientes de la ayuda.

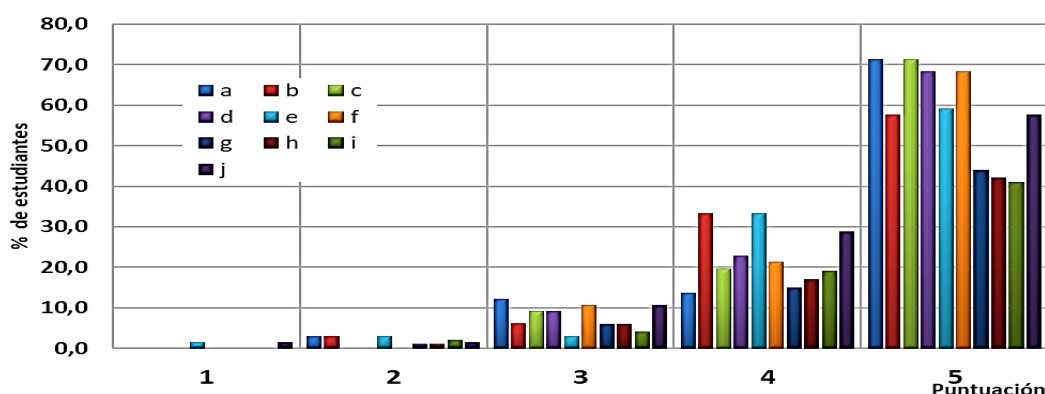


Figura 7. Resultados del primer grupo de la encuesta

La figura 8 izquierda, recoge los resultados del segundo grupo de preguntas de la encuesta. A cada pregunta se les pidió a los estudiantes que respondieran sí o no. Las preguntas fueron:

- ¿Utilizó la ecuación de Bernoulli para determinar las pérdidas de carga?
- ¿La medición de los piezómetros representa la carga a presión en la sección de la tubería donde está colocado el piezómetro?
- ¿Se obtuvo, por medición directa, el valor de la diferencia de la carga a presión empleando la rama diferencial manométrica de mercurio?
- ¿Se utilizó el valor de la temperatura para calcular el Número de Reynolds?
- ¿La medición del caudal se realizó con un tanque de aforo y cronómetro en ambas instalaciones?

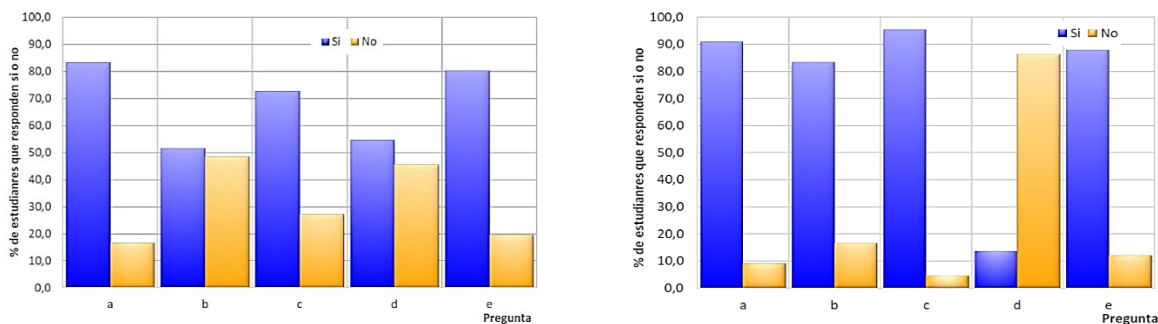


Figura 8. Resultados del segundo y tercer grupo de preguntas de la encuesta

Las respuestas a este segundo grupo de preguntas tienen aspectos interesantes, por ejemplo, la respuesta a la segunda pregunta deja claramente establecido la incompreensión de casi la mitad de los estudiantes ante el papel del piezómetro en la medición de la carga a presión. Es de interés conocer, que el primer grupo de estudiantes en esa pregunta contestaron si el 75% del total,

mientras que el segundo y tercer grupo de estudiantes solo contestaron si el 41% y el 31% respectivamente. Esto pudiera indicar que la explicación para estos grupos no fue lo suficientemente extensa y precisa, lo cual dio como resultado estas respuestas.

El tercer grupo de preguntas realizadas se orientó a precisar el gusto adquirido ante la tecnología. Estas fueron:

- a) ¿Desearías que las prácticas virtuales se extendieran a otros temas de la asignatura?
- b) ¿Desearías que las prácticas virtuales se extendieran a otras asignaturas?
- c) ¿Es mejor realizar la práctica virtual en el aula con la supervisión del profesor?
- d) ¿Es mejor realizar la práctica virtual en la computadora personal en la casa u otro lugar fuera del aula?
- e) ¿Resultó grato y provechoso realizar las prácticas virtuales?

Las respuestas aparecen graficadas en la figura 8 derecha. En la misma es concluyente la aceptación alcanzada por las prácticas virtuales como complemento del proceso docente. También quedó establecido la preferencia de que el profesor está presente. En este tipo de actividad es necesario la presencia del docente ya que se imparte teoría y práctica al unísono. Habría que analizar en otro tipo de actividad si orientando con detalle la ejecución de la práctica en el aula y pidiéndole a los estudiantes que la ejecuten en el ambiente y momento que crean más favorable si la respuesta sigue siendo la misma, tanto en las preguntas c y d.

El cuarto grupo de preguntas de la encuesta insisten en algunas cuestiones preguntadas anteriormente y abunda sobre las condiciones del local empleado para la actividad y aspectos específicos de la tecnología. Las preguntas fueron:

- a) ¿La tecnología tiene buena representación gráfica?
- b) ¿Contribuye a la motivación e interés?
- c) ¿Permiten comprender la asignatura?
- d) ¿Ayudan a relacionar la teoría con la práctica y la vida?
- e) ¿Permiten aprender a utilizar instrumentos de medición?
- f) ¿Favorecen el uso de la tecnología?
- g) ¿Resulta un programa sencillo desde lo informático?
- h) ¿Había suficientes computadoras?
- i) ¿Calidad de la tecnología era adecuada?
- j) ¿Las condiciones del local eran adecuadas?
- k) ¿Hay necesidad de mejorar la ayuda que viene en cada práctica?
- l) ¿La grafica estaba adecuada a la tecnología?
- m) ¿Es motivador?
- n) ¿Existió insuficiente explicación durante la práctica?
- o) ¿Se dispuso de suficiente tiempo de explicación?
- p) ¿Debe la aplicación tener mejor simplicidad y precisión?

Los resultados aparecen graficados en la figura 9. En la misma puede observarse algunas contradicciones con respuestas semejantes anteriormente realizadas. Por ejemplo, aquí aparece un alto por ciento de estudiantes (74,2%) plantea que la representación gráfica no es la mejor. Sin embargo, en la respuesta a la pregunta f, del primer grupo de preguntas, le dan una alta puntuación (89,4% entre 4 y 5 puntos) a la ayuda que representó el diseño gráfico de las instalaciones.

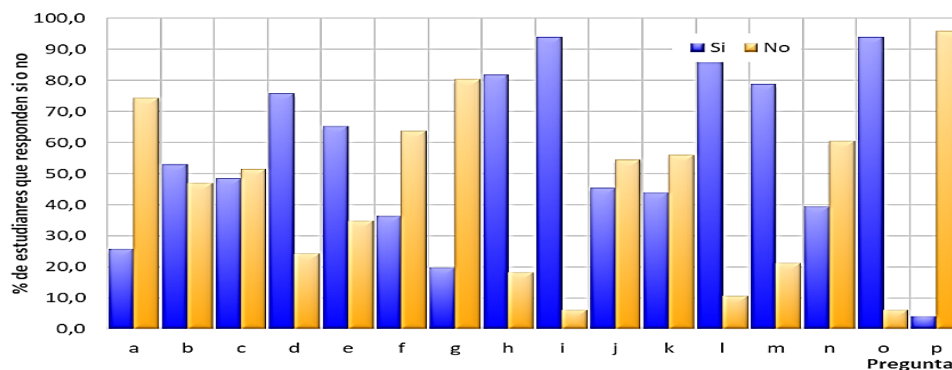


Figura 9. Resultados del cuarto grupo de preguntas de la encuesta

Es cierto que el avance de la tecnología en los últimos años da la posibilidad de mejorar el ambiente gráfico de los laboratorios, sobre todo para equiparse con el diseño gráfico que aparece últimamente en los juegos para computadoras, tabletas y móviles tan de moda entre los más jóvenes y algunos no tan jóvenes. No obstante, es gratificante conocer que esto no afectó la comprensión ni el gusto por las instalaciones, lo cual ha quedado reflejado en varias de las preguntas.

CONCLUSIONES.

Se logró, en un tiempo adecuado, impartir los contenidos de un tema y ejercitarlo en dos laboratorios virtuales que se apoyaron, para la ejecución del procesamiento de la información de ellos obtenida, de hojas de cálculo electrónico con lo cual se unieron para alcanzar un solo objetivo varias tecnologías, pedagógicas y tecnológicas.

Queda demostrado que los laboratorios virtuales son una herramienta poderosa de la informática educativa y que pueden ser empleados también en la impartición de la teoría en el aula de conferencias, lo cual no sustituye, pero sí refuerza la necesaria consolidación de los conocimientos adquiridos posteriormente en el laboratorio real, si se dispone de la instalación, o a través de una tarea técnica individual para cada estudiante a desarrollar en horas extracurriculares empleando los laboratorios virtuales estudiados.

REFERENCIAS

- Hewitt A., Spencer S.; Mirliss D. and Twal R.** (2009) "Preparing Graduate Students for Virtual World Simulations: Exploring the Potential of an Emerging Technology," *Innovate: Journal of Online Education*: Vol. 5: Iss. 6, Article 3. ISSN: 1552-3233, Fort Lauderdale, Florida, U.S.A.
- Mosterman P., Dorlandt M., Campbell J., Burow C., Bouw R., Brodersen A. and Bourne J.** (1994). "Virtual Engineering Laboratories: Design and Experiments". *The Research Journal of Engineering Education*, páginas 279-285, Vol. 83. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1994.tb01116.x>. Wiley Online Library. ISSN:2168-9830. American Society for Engineering Education, U.S.A.
- Cabrera J., Álvarez A. y León A.** (2018). "Diseño de experiencia de inmersión en laboratorios virtuales" *Memorias del Congreso CLEI-LACLO 2018, IEEEExplore*, ISBN 978-987-3619-27-4. Sao Paulo, Brasil.

Gómez M. y León A. (2010). “Un modelo e instalación virtual para prácticas de laboratorio. Evaluación virtual de una bomba como caso de estudio”. Memorias del 7mo. Congreso Universidad 2010, Ministerio de Educación Superior, ISBN 978-959-16-1558-9. La Habana, Cuba.

León A. y Gómez M. (2006). “Estrategia para la formación de profesores universitarios en la construcción de procesos virtuales para la enseñanza universitaria”. 3er Simposio Iberoamericano de Educación, Cibernética e Informática: SIECI 2006 en el contexto de la 5ta Conferencia Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática: CISCi 2006, ISBN 978-1-941763-45-2. Orlando, Florida, U.S.A.

León A. y Gómez M. (2010). “Una solución para la enseñanza de los procesos de la hidráulica mediante una herramienta virtual”. Memorias del 7mo Congreso Universidad 2010, Ministerio de Educación Superior, ISBN 978-959-16-1558-9. La Habana, Cuba.

Ligia A. (2013). “El programa “H2.0 & +” como estrategia para la virtualización de asignaturas presenciales”. Ikastorratza, e-Revista de didáctica, No. 10, 2013. ISSN-e: 1988-5911. España.

Martínez M. (2011). “Laboratorio virtual como modelo de gestión del conocimiento”. Revista Pulso, Vol. 34, pág. 183-202. Universidad de Alcalá. ISSN: 1577-0338. España.

Santos A. y Marquina D. (2009). “Diseño de prácticas virtuales para la enseñanza de la microbiología industrial”. Reduca (Biología). Serie Microbiología. Microbiología Industrial. 2 (4): 35-57, ISSN: 1989-3620. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

Vargas D. y Vega O. (2015). Acercamiento al perfil de uso de TIC por docentes en el sector rural colombiano. *Revista Redes de Ingeniería*, 6(2), 44-53, e-ISSN: 2248-762X. Colombia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Alcides J. León Méndez <https://orcid.org/0000-0002-5072-6438>

Realizó contribuciones en el diseño de la investigación, desarrollo de la investigación, redacción del documento y análisis y discusión de los resultados.

Javier Fernández de Córdova Webster <https://orcid.org/0000-0003-3288-6822>

Realizó contribuciones en el diseño de la investigación, aplicación de la encuesta, revisión del documento y análisis y discusión de los resultados.