

EL USO DE SIMULADORES EN LABORATORIOS DE DOCENCIA A TRAVÉS DE AMBIENTES VIRTUALES

THE USE OF SIMULATORS IN ACADEMIC LABORATORIES THROUGH VIRTUAL ENVIRONMENTS

R. Gámez Leal¹
E. Salazar Guerrero²
M. Jurado Pineda³
J. E. Franco Ortega⁴

RESUMEN

Ante la emergencia sanitaria que estamos viviendo a nivel mundial, ha sido imprescindible transitar el proceso enseñanza-aprendizaje presencial a la modalidad a distancia en todos los ámbitos educativos. Derivado de ello, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, particularmente en los laboratorios de Física de la División de Ciencias Básicas, ha sido necesario contar con material de apoyo con la finalidad de que sus estudiantes desarrollen actividades experimentales a distancia. Atendiendo a la problemática anterior, algunos docentes de dicha Facultad establecieron un proyecto institucional, auspiciado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), que permitiera resarcir estas carencias con el fin de lograr una preparación de los estudiantes sin menoscabo en la calidad en su formación como futuros profesionistas de la ingeniería, a pesar de las condiciones adversas derivadas de la pandemia. Este trabajo pretende mostrar los primeros resultados que se han obtenido en el desarrollo del proyecto citado, la metodología empleada, los impactos que se han logrado en los estudiantes, así como dar a conocer los distintos retos a los que se han enfrentado los docentes involucrados.

ABSTRACT

Given the global-scale health emergency we are currently going through, it has been essential to transition the face-to-face teaching-learning process toward the online modality at every education level. In this sense, in the Faculty of Engineering of the National Autonomous University of Mexico (UNAM), particularly in the Physics laboratories of the Basic Sciences Division, it has been necessary to count on support material in order for its students to develop experimental and academic activities at a distance. In response to this situation, a group within the Faculty members has established an institutional project, sponsored by the General Direction of Academic Personnel Affairs (DGAPA), that will allow to make up for these shortcomings, thus, aiming at achieving successful preparation of students without affecting the quality of their training as future Engineering professionals, regardless of the adverse conditions related to the pandemic. The present work intends to show the first results obtained throughout the development of the above-mentioned project, the adopted methodology, and the impacts achieved on students, as well as to acknowledge the different challenges faced by professors involved.

ANTECEDENTES

La pandemia COVID 19 ha alterado en forma sustancial las actividades realizadas en todos los ámbitos educativos y ha provocado el cierre masivo de las labores presenciales en instituciones educativas de más de 190 países con la intención de evitar que se propague el

¹ Profesor de carrera de la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. rigel.gamez@ingenieria.unam.edu

² Técnica Académica de la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. evelyn.salazar@ingenieria.unam.edu

³ Jefa de Academias de Física y Electricidad y Magnetismo de la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. mavverena.jurado@ingenieria.unam.edu

⁴ Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. joseemmanuel franco123@gmail.com

virus y se mitigue su impacto. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) a mediados del mes de mayo de 2020 más de 1200 millones de estudiantes de todos los niveles de enseñanza, en todo el mundo, dejaron de tener clases presenciales; de los cuales más de 160 millones eran estudiantes de América Latina y el Caribe (CEPAL-UNESCO, 2020).

Esta suspensión de clases presenciales ha dado origen a tres campos de acción principales: modalidades de aprendizaje a distancia a través del uso de una diversidad de formatos y plataformas; el apoyo y la movilización del personal y las comunidades educativas, así como, la atención a la salud y el bienestar integral de los estudiantes.

Siguiendo en la misma línea, el Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación (IISUE), informó que la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) bajo el lema “La UNAM no se detiene” buscó varias estrategias para mantener sus actividades durante la pandemia por lo que impulsó el uso de las TIC para continuar con actividades académicas y administrativas; puso en marcha el Campus Virtual de la UNAM en donde se pusieron a disposición de estudiantes, profesores y administrativos algunas herramientas tecnológicas; así como material didáctico digital y una serie de recursos creados por distintas entidades (Aguilar *et al.*, 2020).

Aunado a ello, la formación de estudiantes de nivel licenciatura en ingeniería no fue la excepción. El concepto de “normalidad” ha sido rebasado por las circunstancias por lo que, como miembros de una sociedad en crisis, tenemos la imperiosa necesidad de adaptarnos a ellas.

Debido a las condiciones que impone la nueva normalidad ante la emergencia sanitaria será imposible atender, al menos en el corto plazo, a grupos numerosos en espacios cerrados por lo que la educación en línea será una herramienta imprescindible en esta situación.

En este orden de ideas, es necesario que las actividades experimentales, que ahora se tendrán que hacer en forma virtual, cuenten con las herramientas digitales necesarias para poder cubrir en su totalidad los objetivos de las asignaturas asociadas. Como lo recalca la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), la formación práctica es un aspecto imprescindible en la formación del ingeniero ya sea en la inclusión de estudios de caso, aprendizaje basado en proyectos, trabajos en laboratorios de investigación, prácticas en empresas o bien en laboratorios que complementan la formación de las asignaturas de carácter teórico; siendo este último caso el aspecto relevante al que está asociado este trabajo (ASIBEI, 2019).

Por otra parte, como menciona la asociación EDUCAUSE Horizon Report en su revista de edición 2020, el ambiente de aprendizaje digital de las nuevas generaciones está induciendo un cambio transformacional en la forma en la que las instituciones educativas están orientando la estructura de los ambientes de aprendizaje tanto para estudiantes como para docentes. Dicha orientación hace que este tipo de materiales digitales se vuelvan una necesidad ineludible para las nuevas generaciones de estudiantes que están por venir (EDUCAUSE, 2020).

El ambiente de aprendizaje digital de las nuevas generaciones está induciendo un cambio transformacional en cómo las instituciones educativas están orientando la estructura de sus ambientes de aprendizaje tanto para estudiantes como para docentes.

Los laboratorios del área de Física de la División de Ciencias Básicas, perteneciente a la Facultad de Ingeniería de la UNAM no son ajenos a estas necesidades, por ello se hace obligatorio contar con las herramientas digitales adecuadas para cubrir los objetivos que marca el programa vigente de cada asignatura. Estos laboratorios de docencia se encuentran certificados por la Norma internacional ISO 9001:2015, en ellos se hace uso de formatos de docencia (FODO), procedimientos de docencia (PDO) y guías (GUDO) que ayudan a tener una realimentación con los estudiantes y profesores para conseguir que las prácticas, además de que se lleven a cabo en tiempo y forma, cumplan con los objetivos establecidos.

Si bien existen muchas herramientas digitales disponibles como videos, simuladores, plataformas, etc. relacionadas con los temas que se analizan en los laboratorios de Física de la DCB, existen múltiples carencias y dificultades que impiden cubrir totalmente los objetivos asociados a dichas prácticas, debido principalmente a que son herramientas desarrolladas con otro enfoque o que persiguen diferentes objetivos. Aunado a esto, vale la pena mencionar que, la mayoría de las herramientas digitales disponibles pertenecen a instituciones educativas ajenas a la UNAM, por lo que se corre el riesgo de que en algún momento dejen de ser de acceso libre, o bien, que dicho acceso sea restringido.

Lo anterior, hace necesario crear herramientas digitales idóneas y asequibles para la comunidad universitaria, de manera que la actividad experimental pueda ofrecerse a distancia, haciendo énfasis en los contenidos asociados a los laboratorios de Física de la DCB, cuidando siempre que se puedan cumplir adecuadamente los objetivos indicados, tanto en las prácticas de laboratorio como en los temarios de las asignaturas asociadas a dichos laboratorios.

Por otra parte, como lo mencionan Villalón *et al.* (2015), las instituciones educativas están impulsando fuertemente el uso de los ambientes virtuales, como herramientas para flexibilizar los entornos de aprendizaje que permitan contar con programas mixtos en los cuales, los estudiantes pueden asistir a algunas clases y seguir formándose en sus casas o fuera de las aulas a través de materiales en línea.

Ante esta problemática, un grupo de docentes y estudiantes se dieron a la tarea de colaborar en un proyecto titulado “Creación de material didáctico y dispositivos para la implementación de prácticas experimentales a distancia en la División de Ciencias Básicas, PE109021”, el cual está enmarcado dentro del Programa de Apoyo a Proyectos para innovar y mejorar la educación (PAPIME), con el apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM. El objetivo principal de dicho proyecto es crear material didáctico y dispositivos mecatrónicos que permitan realizar de manera remota sincrónica, y virtual o asincrónica en casa, prácticas experimentales de algunos laboratorios del área de Física que cubran de forma eficaz y completa los objetivos de las asignaturas involucradas.

METODOLOGÍA

En los programas de estudio de las 12 asignaturas del área de Física de la DCB se cursa un laboratorio, por cada asignatura, que sustenta la teoría con experiencias prácticas que realizan los estudiantes. Se trata de un laboratorio equipado con material y equipo que refuerza la construcción de conceptos teóricos; además, implica una evaluación adicional que permite acreditar la asignatura teórica. Hablando en específico de la asignatura de Electricidad y Magnetismo, ésta tiene actualmente 12 prácticas equipadas con equipo y materiales necesarios para lograr cumplir los objetivos especificados en cada una de ellas.

Ante la emergencia sanitaria, los colaboradores del proyecto citado, iniciaron con una recopilación de las prácticas que se realizaban en cada una de las asignaturas del área de Física de la División de Ciencias Básicas en la modalidad presencial para poder revisar los contenidos detalladamente y poder identificar aquéllas en las que era factible su traslado a la modalidad a distancia, ya sea con simuladores, con el empleo de tecnologías de realidad virtual, aumentada o mixta, y que fueran susceptibles de realizarlas de forma remota.

Como primera parte de este proyecto se consideraron aquellas actividades experimentales que fueran susceptibles de realizarse a partir del uso de simuladores virtuales implementados por otras instituciones. Después se buscaron en la red simuladores que fueran asequibles y gratuitos para poder cubrir los objetivos de cada una de las prácticas. Lo anterior permitió identificar qué actividades no contaban con un simulador adecuado con el que se pudiera desarrollar la práctica lo más parecido posible a su forma presencial.

A partir de lo anterior se identificaron qué prácticas eran las que carecían de recursos para poderlas trabajar en modalidad virtual, ya que, en ellas era urgente incidir en la propuesta de simuladores elaborados por el grupo académico que conforma el proyecto institucional citado con anterioridad. Determinaron que las prácticas “Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo”, (práctica 3) e “Inductancia”, (práctica 12) eran las más urgentes a implementarse a través de simuladores.

Se conformaron grupos de trabajo de profesores y alumnos que abordaron la elaboración, diseño e implementación de cada uno de los productos planteados. Los grupos de trabajo se integraron con base en la experiencia de cada integrante del proyecto.

Durante la elaboración de los primeros simuladores se realizaron reuniones de trabajo quincenales con los participantes para revisar las metas alcanzadas, además de establecer las actividades a realizar. Esto permitió detectar y resolver las dificultades que se iban presentando, así como propiciar un intercambio de ideas, realimentación e información académica para ir avanzando en el proyecto, ya que se tiene planeado que el diseño y elaboración de simuladores y prácticas remotas se lleven a cabo bajo la misma metodología.

Por otra parte, crearon una encuesta como instrumento de evaluación, dirigida a los estudiantes, la cual fue nombrada “Encuesta para evaluar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes al desarrollar las prácticas de los laboratorios a distancia (semestre 2021-1)”; ésta permitió orientar el inicio del proyecto de manera que se podría satisfacer, en la medida de lo posible, las carencias detectadas. Dicha encuesta estuvo constituida por diez preguntas, en donde algunas de ellas requerían una justificación y fue aplicada a un total de 253 estudiantes.

Analizando los resultados de dicho instrumento se concluyó que, en términos generales, la actividad con simuladores nunca sustituirá a la actividad presencial; sin embargo, es lo más cercano a ello dada la forma de trabajo que se tiene impuesta por efectos de la pandemia. Es pertinente mencionar que, algunos simuladores mostraban ciertas dificultades para su manipulación, pues la instalación de estos era algo compleja y en otras ocasiones el software utilizado por estos simuladores no era compatible con los sistemas operativos de algunas computadoras que utilizaban los estudiantes.

Algunos comentarios que externaron los estudiantes en la encuesta antes mencionada fueron:

- “Los simuladores son de gran ayuda, pero siento que falta más integración práctica”
- “Los simuladores no cargaban de forma óptima”.
- “No quedé conforme con los simuladores en línea”.
- “No se aprende de igual forma utilizando simuladores.”
- “No hay tanta interacción en algunos simuladores”.
- “Había simuladores que necesitaban de una aplicación para poder abrirlos, esto me perjudicó ya que tuve problemas para poder acceder y es el mismo simulador que se requirió para el examen”.
- “Algunas prácticas no tienen mejores simuladores, pero para otras si son de las mejores formas de verlo”.
- “En general, todo estuvo bien, la que falló fue la última práctica, ya que no se desarrolló, como las otras”.

Además del instrumento aplicado previamente referido, también se recopilaron algunas opiniones de los profesores y alumnos que externaron, a través de los formatos de docencia 12 (FODO-12, sección: encuesta de validación de la práctica por parte del profesor) y 21 (FODO-21, encuesta de evaluación por parte del alumno en su modalidad a distancia) respectivamente, su punto de vista sobre el material empleado en cada una de las prácticas.

Cabe resaltar que los formatos mencionados con anterioridad se aplican de manera continua al finalizar cada práctica con la intención de evaluar las actividades de los laboratorios a través del Sistema de Gestión de la Calidad.

En este aspecto, algunos de los comentarios que se lograron extraer de los formatos de docencia fueron los siguientes:

Para los profesores, FODO-12, en la práctica de instrumentación y en el rubro “La contribución del equipo y materiales utilizados para el desarrollo de la práctica fue:” algunas de las respuestas coincidieron en:

- “Nunca pude instalar el simulador, dice que tengo un problema de Java y por más que cambié lo necesario nunca lo pude utilizar”.

En la práctica de inductancia, en el rubro “¿Considera que se cumplieron los objetivos de la práctica?” contestaron:

- “En la actividad 1 no se especifica de forma clara que es lo que se debe observar. Los simuladores no permiten la interacción necesaria para abordar todos los conceptos que se mencionan en los objetivos”.

En la misma práctica, pero en el rubro: “La contribución del equipo y materiales utilizados para el desarrollo de la práctica fue” los profesores respondieron:

- “No son suficientes los simuladores. No se pueden tomar valores como con otros simuladores. Los simuladores propuestos son bastante limitados, impidiendo ver de manera física lo que implica modificar las cantidades y variables involucradas en los conceptos a abordar en la práctica”.

Por otra parte, para los alumnos, FODO-21, en la práctica de “Conexiones con capacitores” y en el rubro: “¿Consideras que se cumplieron los objetivos de la práctica?” algunos contestaron lo siguiente:

- “No pudimos ver los simuladores en el grupo”.

En la práctica de “Fundamentos del Magnetismo” y en el apartado “¿Consideras que se cumplieron los objetivos de la práctica?” contestaron:

- “Muy confusos los simuladores”.
- “No servían bien los simuladores”.

A partir de un análisis detallado de las opiniones citadas anteriormente los integrantes del proyecto elaboraron una primera versión de la práctica “Inductancia” para realizarse a través de simuladores creados con la colaboración directa de algunos de los estudiantes del proyecto. En las reuniones de trabajo se fueron mostrando los avances del simulador, los profesores de mayor experiencia fueron revisando dicha herramienta, emitieron sus opiniones y esto permitió irlo corrigiendo y mejorando para que, con ello, se pudiera contar con una versión final.

Es necesario, como se hace con cualquier material didáctico que se genera, capacitar al profesorado que imparte la asignatura con la finalidad de que lo conozca y aprenda a utilizarlo, por ello se tiene planeado ofrecer un curso para profesores durante el inter-semester siguiente. Esto último permitirá tener dicha práctica, con el uso del simulador mencionado, lista para poderse poner a disposición de los estudiantes.

Destaca también el hecho de que, para el laboratorio de Electricidad y Magnetismo, la práctica titulada “Inductancia”, del “Manual de Prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo en modalidad a distancia”, fue la que carecía de mayor cantidad de material digital que permitiera cubrir los objetivos asociados, por ello fue la primera que se consideró para la elaboración de simuladores que permitieran desarrollar las actividades planteadas en forma virtual. Además, se inició con el diseño y la elaboración de un simulador para la práctica “Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo”, principalmente orientado a las actividades del uso del osciloscopio.

Vale la pena resaltar que, si bien este material está dirigido para realizar la práctica “Inductancia” del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo y cubrir los objetivos de esta, es factible utilizarlo como material complementario para otra práctica que se realiza en el Laboratorio de Fundamentos de Termodinámica y Electromagnetismo. Adicionalmente, se puede utilizar como apoyo para los cursos de teoría de las asignaturas citadas por lo que se pondrá también a disposición de los profesores de las Academias correspondientes.

RESULTADOS

Tomando en consideración los comentarios más relevantes de la encuesta antes mencionada, en donde se destacan que algunos simuladores no cubrían en su totalidad los objetivos de las prácticas, además de que necesitaban instalar un programa para poder visualizar el simulador, los colaboradores del proyecto institucional citado consideraron que el simulador a implementar tuviera un fácil acceso y además ser compatible, prácticamente, con cualquier dispositivo electrónico, principalmente con: computadoras portátiles (laptops), computadoras de escritorio y teléfonos celulares, pues en la pregunta 1 de la encuesta se pudo observar que alrededor del 97.3% de los dispositivos electrónicos más utilizados por los alumnos que estaban cursando un laboratorio de la División de Ciencias Básicas (DCB) fueron los antes citados, ver Figura 1.

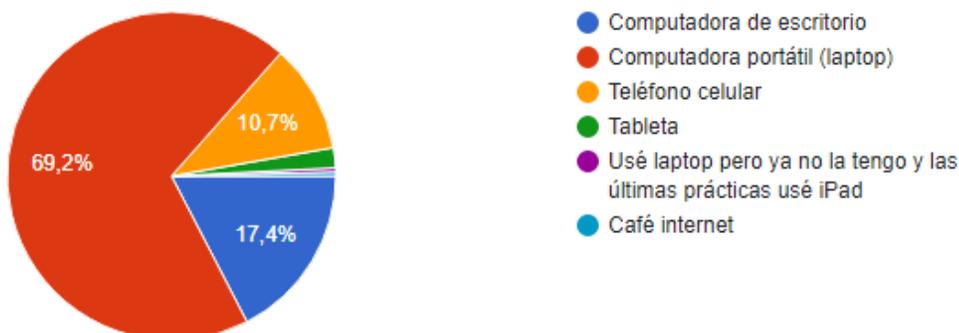


Figura 1. *Dispositivos electrónicos más utilizados para cursar un laboratorio de la DCB.*

Por otra parte, a pesar de que el 73.6% de los estudiantes comentaron que los simuladores fueron adecuados para la realización de las prácticas, como se puede ver en la Figura 2, existe otro porcentaje que no está completamente de acuerdo con ello, por tal motivo se tomó la decisión de crear un simulador que cumpliera con las características necesarias sin descuidar los objetivos de la práctica, los cuales se encuentran enmarcados en los programas de estudio vigentes.

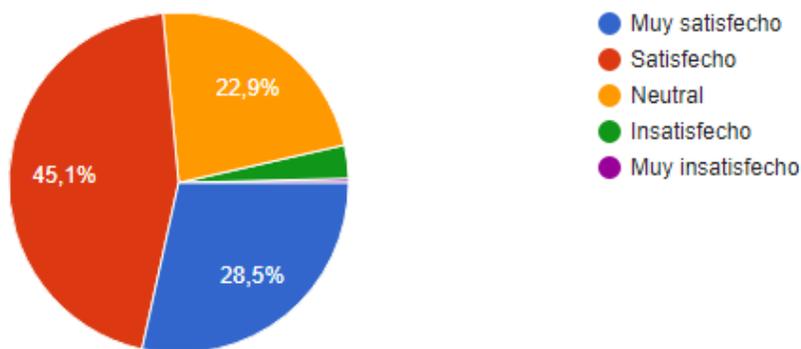


Figura 2. *Grado de satisfacción del estudiante para el desarrollo de las prácticas en un laboratorio de la DCB*

Como se mencionó en la metodología, la primera práctica que decidieron implementar a través del diseño y la construcción de un simulador fue la práctica de “Inductancia”

correspondiente al manual prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Dicho simulador fue realizado como apoyo para el docente y para el alumno con la finalidad de tener un acercamiento más realista de los experimentos vistos durante la práctica. Se realizaron las cinco actividades de la práctica antes mencionada en la plataforma Scratch, una interfaz gráfica que permite la programación de imágenes por medio de programación de bloques, como se puede observar en la Figura 3.

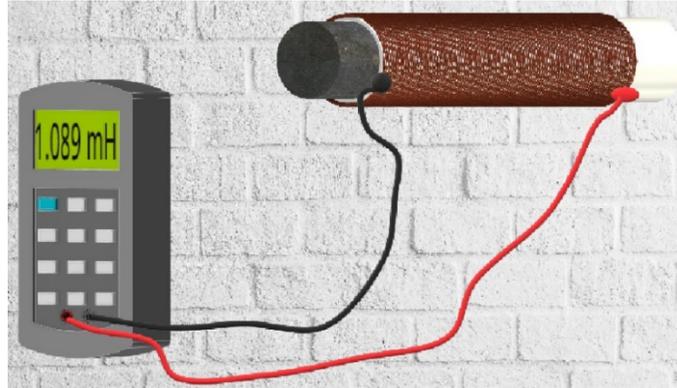


Figura 3. Medición de inductancia empleando el simulador realizado en el proyecto

Para llevar a cabo la realización del simulador los estudiantes participantes partieron del diseño y la creación de algunas piezas del laboratorio empleando la plataforma Inventor de manera que dicha ilustración se asemejara lo más posible a la realidad. De éstas se diseñaron en total 104 imágenes diferentes, las cuales contaron con diversas perspectivas que permitieron simular imágenes en movimiento. La programación la hicieron en codificación para cada imagen, en donde cada una de éstas tuvo una función y un momento de aparecer y desaparecer, ver Figura 4. Por último, descargaron dicha aplicación a un formato HTML compatible con todas las computadoras y celulares por medio de la aplicación Google Chrome.

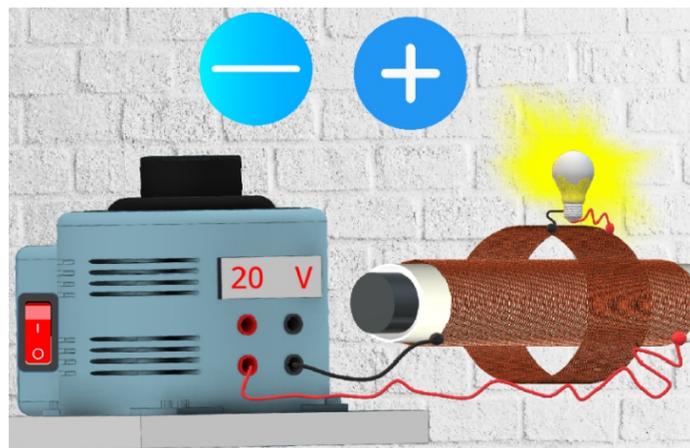


Figura 4. Imagen de una perspectiva del autotransformador energizando a un solenoide con un núcleo ferromagnético.

Es importante indicar que, por su diseño, esta herramienta también puede seguirse utilizando en ambientes de enseñanza híbridos; es decir, si las condiciones sanitarias lo permiten y si se pueden ofrecer a los estudiantes sesiones presenciales, el material creado puede seguir siendo utilizado como material de apoyo para complementar la actividad experimental.

De esta manera, este simulador permitirá aprovechar las ventajas que tienen este tipo de herramientas virtuales, como son: atención simultánea de varios estudiantes, asequibilidad si se cuenta con acceso a internet, variedad metodológica en su utilización, presentación atractiva de contenidos, optimización de recursos y costos, atención a un gran número de estudiantes sin necesidad de coincidir en un espacio físico, así como dar al estudiante la posibilidad de estudiar en forma independiente (Infante, 2014).

CONCLUSIONES

Debido al traslado abrupto de las sesiones presenciales a la modalidad virtual fue necesario apoyarse en simuladores ya existentes en la red; este hecho lo consideraron tanto alumnos como profesores y agradecieron el esfuerzo que hicieron los responsables de los laboratorios así como los integrantes de las Academias de profesores; sin embargo, comentaron que algunos de estos simuladores no cubrían plenamente los objetivos planteados en las prácticas, por ello el avance que se está realizando en el proyecto institucional “Creación de material didáctico y dispositivos para la implementación de prácticas experimentales a distancia en la División de Ciencias Básicas, PE109021” será de gran apoyo a los estudiantes de semestres actuales y posteriores.

Sin duda, es un reto grande al que se enfrentan las asignaturas en las cuales su reforzador de conocimiento es la parte experimental, pues efectivamente un simulador debe estar muy bien diseñado para que cubra la mayor parte de requerimientos que se tendrían en forma presencial. Realizar encuestas a los usuarios finales es de vital importancia, ya que, los comentarios y opiniones ayudan a mejorar, las respuestas llevan a ver situaciones que como diseñador a veces no se consideran. Este tipo de proyectos son trabajos que siempre serán perfectibles, pues la tecnología avanza vertiginosamente y siempre habrá herramientas digitales más recientes.

Otro de los factores importantes que es necesario tomar en cuenta es la capacitación del personal académico que imparte las prácticas, ya que, si bien un simulador debe estar diseñado de forma sencilla e intuitiva en cuanto a su uso, también la guía que proporcione el profesor en el uso de este debe enriquecer y permitir que el estudiante pueda interactuar con el simulador de forma más ágil y autónoma. El docente también debe considerar que el simulador es un apoyo para el proceso enseñanza aprendizaje que realiza por lo que debe manejarlo con soltura para poder obtener el mayor provecho de él.

Vale la pena destacar que los estudiantes sugieren incluir un mayor número de videos demostrativos en las prácticas, donde se muestre el fenómeno a observar y los procedimientos a seguir, los cuales serían un complemento muy adecuado a los simuladores. Por otra parte, para que la experiencia en el uso de simuladores sea más vívida o emocionante, como lo manifiestan los estudiantes en las encuestas, se está considerando en el proyecto citado, el planteamiento de simuladores que utilicen realidad aumentada.

Es importante señalar que si bien los simuladores no permiten que el estudiante desarrolle actividades con una interacción física directa con los equipos y materiales de laboratorio y adquiera habilidades en el manejo de instrumentos de medición reales, estas herramientas virtuales nos permitirán continuar con nuestra labor docente en la formación, con alta calidad, de futuros profesionistas de la ingeniería.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, J., Alcántara, A., Álvarez, F., Amador, R., Barrón, C., Bravo, M., Carbajosa, D., Casanova, H., Castañeda, R., Cejudo, D., Chehaibar, L., de Alba, A., de la Cruz, G., Delgado, G., Díaz-Barriga, A., Didriksson, A., Ducoing, P., Gallardo, A., ... Zabalgoitia, M. (2020). *Educación y pandemia. Una visión académica*. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación (IISUE). <http://www.iisue.unam.mx/nosotros/covid/educacion-y-pandemia>.

Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería (2019). *Perfil de ingreso y egreso del ingeniero iberoamericano*. ASIBEI. <https://www.asibei.net/>

CEPAL-UNESCO (2020). *La educación en tiempos de la pandemia COVID-19*. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45904/1/S2000510_es.pdf

EDUCAUSE (2020). *2020 EDUCAUSE Horizon Report. Teaching and Learning Edition*. https://library.educause.edu/-/media/files/library/2020/3/2020_horizon_report_pdf.pdf?la=en&hash=08A92C17998E8113BCB15DCA7BA1F467F303BA80

Infante, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, volumen 19 (62), pp. 917-937. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662014000300013

Villalón, M., Meléndez, M. y Bravo, M. (2015). Uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Básicas. *Revista Electrónica ANFEI Digital*. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/102/429>