

Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería

Virtual Electromagnetism Laboratory as a didactic strategy using situated learning approach in engineering

虚拟电磁实验室在工程学中的教学策略: 使用情境学习方法

Виртуальная лаборатория электромагнетизма как дидактическая стратегия, использующая подход ситуационного обучения в инженерном деле

Nereyda Castro-Gutiérrez

Universidad Veracruzana

nercastro@uv.mx

<https://orcid.org/000-0002-3941-795X>

Jesús Alberto Flores-Cruz

Instituto Politécnico Nacional

jafloresc@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-7816-4134>

Fermín Acosta Magallanes

Instituto Politécnico Nacional

facostam@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1471-5376>

Fechas · Dates

Recibido: 2022-07-19

Aceptado: 2022-09-22

Publicado: 2023-01-01

Cómo citar este trabajo · How to Cite this Paper

Castro-Gutiérrez, N., Flores-Cruz, J. A., Acosta Magallanes, F. (2023). Laboratorio Virtual de Electromagnetismo como estrategia didáctica utilizando el enfoque de aprendizaje situado en ingeniería. *Publicaciones*, 53(2), 255–273. <https://doi.org/10.30827/publicaciones.v53i2.26827>

Resumen

Los laboratorios virtuales (LV) han tenido un especial interés en los últimos años en que la educación inmersiva resulta atractiva para los estudiantes y complementa los procesos de enseñanza y aprendizaje en las instituciones de diversos niveles educativos. Aunque existen varios tipos de laboratorios virtuales utilizados en diversos niveles educativos, existen importantes retos para el diseño de estos como estrategia didáctica ad-hoc. Una de las principales dificultades en la aplicación de tecnología educativa es contar con entornos educativos virtuales especialmente dedicados a las áreas de ingeniería, que no sólo presenten prácticas interactivas donde se manipulen las animaciones, sino que fomenten el análisis metacognitivo de los estudiantes; para así construir un aprendizaje autónomo y reflexivo a través de enfoques educativos que acompañen la innovación educativa a través de las nuevas tecnologías. Este artículo presenta el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) como estrategia didáctica bajo el enfoque de aprendizaje situado, aplicado a estudiantes universitarios de ingeniería de manera remota a través de versiones portátiles de la herramienta didáctica diseñada con Unity® en una universidad pública de México. En esta investigación se describe el contexto del caso de estudio, la metodología para identificar los criterios bajo el enfoque del modelo educativo de aprendizaje situado sugerido para el desarrollo del entorno virtual, las características del diseño a través del software de animación y la intervención educativa implementada en el nivel de educación superior. Finalmente, se realiza un análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación del laboratorio mediante el estudio de la percepción de la comunidad universitaria a través de encuestas de salida.

Palabras clave: laboratorio virtual, electromagnetismo, ingeniería, educación inmersiva, aprendizaje situado, tecnología educacional, Realidad virtual.

Abstract

Virtual laboratories (VL) have had a special interest in recent years in which immersive education is attractive to students and complements the teaching and learning processes in institutions of diverse educational levels. Although there are several types of virtual laboratories used at various educational levels, there are important challenges for their design as an ad-hoc didactic strategy. One of the main difficulties in the application of educational technology is having virtual educational environments especially dedicated to the areas of engineering, which not only present interactive practical sessions where animations are manipulated, but also encourage the metacognitive analysis of the students; in order to build an autonomous and reflective learning through educational approaches that accompany educational innovation through new technologies. This article presents the design and implementation of a Virtual Laboratory of Electromagnetism (VLE) as a didactic strategy under the situated learning approach, remotely applied to university engineering students through portable versions of the didactic tool designed with Unity® in a public university of Mexico. This research describes the context of the case study, the methodology to identify the criteria under the approach of the situated learning educational model suggested for the development of the virtual environment, the characteristics of the design through animation software, and the educational intervention implemented at the university education level. Finally, an analysis of the results obtained after the application of the laboratory is carried out by studying the perception of the university community through exit surveys.

Keywords: Virtual Laboratory, electromagnetism, engineering, immersive education, situated learning, educational technology, virtual reality.

Аннотация

Виртуальные лаборатории вызывают особый интерес в последние годы, поскольку иммерсивное образование привлекательно для студентов и дополняет процессы преподавания и обучения в учебных заведениях на различных уровнях образования. Хотя существует несколько типов виртуальных лабораторий, используемых на различных уровнях образования, существуют значительные трудности при их разработке в качестве специальной дидактической стратегии. Одной из основных трудностей в применении образовательных технологий является создание виртуальной образовательной среды, специально предназначенной для инженерных областей, которая не только представляет интерактивные практики, где манипулируют анимацией, но и поощряет метакогнитивный анализ студентов; для того, чтобы построить автономное и рефлексивное обучение с помощью образовательных подходов, которые сопровождают образовательные инновации с помощью новых технологий. В данной статье представлена разработка и внедрение виртуальной лаборатории электромагнетизма в качестве дидактической стратегии в рамках метода обучения на месте, применяемого к студентам инженерных специальностей университетов дистанционно с помощью портативных версий дидактического инструмента, разработанного с помощью Unity® в государственном университете Мексики. В данном исследовании описывается контекст ситуационного исследования, методология определения критериев в рамках образовательной модели обучения на месте, предложенной для разработки виртуальной среды, характеристики дизайна с помощью анимационного программного обеспечения и образовательное вмешательство, реализованное на уровне высшего образования. Наконец, проводится анализ результатов, полученных после применения лаборатории, путем изучения восприятия университетского сообщества с помощью опросов на выходе.

Ключевые слова: Виртуальная лаборатория; электромагнетизм; инженерия; иммерсивное образование; ситуационное обучение; образовательные технологии; виртуальная реальность.

摘要

近年来,虚拟实验室特别引人注目,因其沉浸式教育对学生具有吸引力,并补充了不同教育水平机构的教​​学和​​学习过程。尽管在不同的教育水平上可以使用不同类型的虚拟实验室,但在将它们设计为临时教学策略方面仍存在重大挑战。教育技术应用的主要困难之一是拥有专门针对工程领域的虚拟教育环境,不仅提供动画操作的交互实践,还鼓励学生进行元认知分析;通过新技术伴随教育创新的教育方法来建立自主和反思性学习。本文介绍了虚拟电磁实验室的设计和​​实施,作为情境学习方法下的一种教学策略,通过墨西哥公立大学使用 Unity® 设计的教学工具的便携式版本远程应用于大学工程专业的学生。本研究描述了案例研究的背景、在情境学习教育模型方法下确定标准的方法,为在高等教育层面的虚拟环境的发展提出了建议,通过动画软件设计的特征以及实施的教育干预。最后,通过研究末问卷研究大学社区对其感知,对实验室申请后获得的结果进行分析。

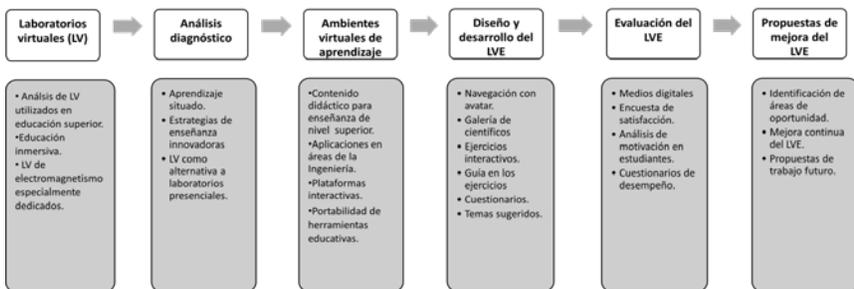
关键词: 虚拟实验室, 电磁学, 工程, 沉浸式教育, 情境学习, 教育技术, 虚拟现实。

Introducción

Este artículo describe la investigación realizada sobre el diseño e implementación de un Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) aplicado a la enseñanza de conceptos fundamentales de electromagnetismo en el nivel de educación superior. Se utilizó una metodología propia para analizar los aspectos previos importantes y necesarios para implementar una propuesta de estrategia didáctica utilizando un laboratorio virtual que apoye en el proceso de enseñanza del electromagnetismo. En una etapa inicial se analizaron las características y antecedentes de los laboratorios virtuales para enseñanza de la Física y sus aplicaciones en electromagnetismo, así como las tendencias globales de la educación inmersiva aplicadas en niveles de educación superior. Posteriormente, se analizaron los aspectos tecnológicos y de diseño esperados por la comunidad universitaria estudiada en esta investigación al momento de utilizar un laboratorio virtual, los cuales serían útiles para la enseñanza de temas de electromagnetismo y sus aplicaciones en áreas de la ingeniería. Con base en dicho análisis, se propone una estrategia de intervención educativa basada en el enfoque de aprendizaje situado debido a las características específicas que se encontraron en encuestas de diagnóstico previo para el caso de estudio. Para el proceso de diseño del ambiente virtual educativo que incluye el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se proponen diversos elementos acordes al enfoque de aprendizaje situado que más adelante se describen. Se valoró el uso de plataformas interactivas y software accesible que propiciaran el desarrollo del laboratorio virtual portátil debido al momento de contingencia sanitaria que se vivió al momento de la investigación. El LVE desarrollado, se implementó a un grupo de la comunidad estudiantil de la Facultad de Ingeniería campus Ixtaczoquitlán, de la Universidad Veracruzana en México para su evaluación mediante encuestas de satisfacción realizadas a los usuarios. Se analizaron aspectos como la motivación y el desempeño de los estudiantes de ingeniería que utilizaron el LVE mediante cuestionarios de salida y evaluación de la comprensión de conceptos de electromagnetismo. Una vez identificados los parámetros de desempeño de los estudiantes encuestados, así como las áreas de oportunidad del LVE, se propone una serie de elementos a considerar para investigaciones futuras con la finalidad de establecer antecedentes en el diseño de laboratorios virtuales especialmente diseñados para la enseñanza del electromagnetismo y sus aplicaciones en áreas de la ingeniería. La estrategia utilizada para la realización de esta investigación se resume en el diagrama de la Figura 1.

Figura 1

Estrategia realizada para el diseño e implementación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE).



Se presenta esta investigación organizada en las secciones que a continuación se describen. En la sección 1 se describen los antecedentes de los laboratorios virtuales, así como las principales dificultades que se presentan en la enseñanza del electromagnetismo en relación con su aplicación en el área de la ingeniería. La sección 2 presenta las características del contexto del caso de estudio en el que se desarrolló un diagnóstico general. Posterior al diagnóstico del caso de estudio, en la sección 3 se describe la propuesta para un entorno virtual de aprendizaje bajo el enfoque de aprendizaje situado, para establecer las pautas de diseño del LVE. En la sección 4 se describen los principales aspectos utilizados en el diseño y desarrollo del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, así como los elementos que lo conforman. En la sección 5 se describe con detalle la intervención educativa aplicada, así como su evaluación en el caso de estudio. La sección 6 presenta los resultados obtenidos previos a su análisis en la sección 7. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección 8 y las recomendaciones para trabajo futuro en la sección 9.

Laboratorios virtuales

Los laboratorios virtuales se utilizan como estrategias educativas asequibles, ya que están diseñados para que el estudiante pueda interactuar fácilmente con una gran variedad de herramientas integradas, permitiéndole disponer del tiempo suficiente para realizar las prácticas o simulaciones incluidas y, al mismo tiempo, repetir los ejercicios tantas veces como sea necesario para reafirmar los conceptos estudiados (Potkonjak, 2016). Actualmente existen varias dificultades como el nivel de inmersión (Dengel & Mägdefrau, 2020), la representación de los contenidos (Liu et al., 2015) y la diversidad de áreas de aplicación (Lynch & Ghergulescu, 2017), para que estas herramientas sean eficientes en la construcción de conceptos abstractos que requieren un análisis complejo y una adecuada orientación por parte de los profesores.

Dificultades de aprendizaje del electromagnetismo

El electromagnetismo es una disciplina de la Física que presenta dificultades especiales para su aprendizaje (Agudelo et al., 2019) porque requiere la comprensión de fenómenos abstractos, que son difíciles de percibir en un aula o en un laboratorio. Conceptos como fuerza eléctrica, campo eléctrico y campo electromagnético requieren de diagramas y simulaciones conceptuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje, generalmente representados por diagramas bidimensionales, a través de dibujos en la pizarra o mostrados en los libros de texto. Existen diversas alternativas gráficas para la enseñanza de estos conceptos (Batuyong & Antonio, 2018). Sin embargo, las herramientas en las que se presentan simulaciones gráficas interactivas permiten mostrar de manera más eficiente (Pontes, 2017) la interacción de las cargas eléctricas y el efecto de los campos electromagnéticos, que además son interesantes para los alumnos y sumamente útiles para los profesores. Sin embargo, la mayoría de las aplicaciones interactivas existentes no tienen opciones como la orientación guiada in situ, para que los estudiantes puedan identificar la utilidad de las herramientas (Yunzal et al., 2020; Maheshwari & Maheshwari, 2020). Las aplicaciones o animaciones virtuales existentes presentan únicamente un entorno interactivo que la mayoría de las veces no incluye el análisis previo y posterior a la práctica. La guía dentro de la herramienta es útil para que los estudiantes adquieran un aprendizaje significativo liderando un proceso de metacognición que fomente la observación, el análisis y la generación de sus propias conclusiones. En esta investigación se aplica el enfoque de aprendizaje situado como

propuesta didáctica utilizando Laboratorios Virtuales en el proceso instruccional de enseñanza de conceptos básicos de electromagnetismo enfocado a estudiantes de licenciatura en ingeniería de la Universidad Veracruzana (UV) en México.

Caso de Estudio

Esta investigación se desarrolló en la Facultad de Ingeniería, campus Ixtaczoquitlán (FICl) de la Universidad Veracruzana en la región Orizaba-Córdoba. Esta facultad ofrece cuatro programas educativos: Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica Eléctrica. La facultad FICl, cuenta con varios laboratorios para atender las necesidades educativas de sus programas, los cuales comparten experiencias educativas comunes. Uno de los laboratorios del área de formación básica es el Laboratorio de Física, que es fundamental para los cuatro programas educativos de la FICl. A pesar de que existen áreas apropiadas para la experimentación de los conceptos básicos del electromagnetismo, hay varios problemas que se identifican durante las prácticas de laboratorio. Para efectos de esta investigación se consideró una población estudiantil de más de 90 estudiantes de ingeniería a los cuáles se les aplicaron diversos instrumentos de recolección de información vía medios digitales a través de encuestas.

Encuesta de Diagnóstico Preliminar (EPD)

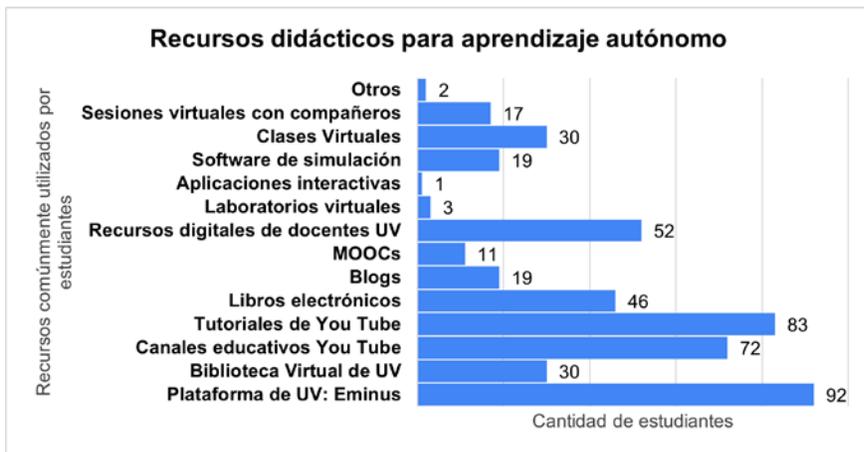
Para identificar la percepción de los estudiantes de la FICl sobre las prácticas en los laboratorios presenciales, y posteriormente tener elementos suficientes para compararlas con los laboratorios virtuales, se realizó una Encuesta de Diagnóstico Preliminar (EPD).

La encuesta EPD se realizó por medios digitales a través de Formularios de Internet distribuidos a través de las cuentas institucionales de una población estudiantil de la FICl de 104 alumnos, durante el periodo escolar febrero-julio 2020. La encuesta analizó diversos indicadores para determinar los antecedentes y características necesarias para el diseño de un Laboratorio Virtual basado en el enfoque de aprendizaje situado, que atendiera las principales dificultades de la comunidad estudiantil, debido a la contingencia de la pandemia del COVID-19, en concordancia con lo reportado por (Steele & Schramm, 2021).

En la encuesta diagnóstica de la EPD se realizaron diversos tipos de preguntas considerando preguntas abiertas, escalas de Likert y respuestas dicotómicas para identificar indicadores cuantitativos y cualitativos, entre los que se encuentran: tiempo de conexión a internet, medios de conexión a internet utilizados (PC, teléfono móvil, tableta), tiempo de estudio semanal, medios digitales comúnmente utilizados por los estudiantes para el aprendizaje autónomo, preferencia de la modalidad de enseñanza, conocimiento previo sobre el uso de laboratorios virtuales, características que prefieren los estudiantes en una sesión de enseñanza virtual, limitaciones de la práctica de laboratorio en la modalidad presencial, disponibilidad de tiempo para la práctica de laboratorio, acceso a equipo especializado de laboratorio y sugerencias de estrategias de enseñanza involucradas en la práctica de laboratorio.

Figura 2

Encuesta previa de diagnóstico aplicada en la FICl en Mayo 2020.



Se observa en la Figura 2 que en la Facultad de Ingeniería campus Ixtaczoquitlán (FICl), el 88.46% de los estudiantes encuestados utiliza Eminus: plataforma institucional utilizada para tener acceso a los contenidos de las experiencias educativas. En cuanto a las plataformas abiertas disponibles en Internet, el 79.81% utiliza You Tube para aprender, pero sólo el 69.23% lo hace a través de canales educativos. Mientras que la mayoría de los estudiantes utilizan medios digitales abiertos para el proceso de aprendizaje independiente, el 50% de los estudiantes también utilizan contenidos digitales producidos por sus propios profesores. Por lo tanto, es de esperar que los estudiantes también necesiten la orientación de los profesores en su proceso de aprendizaje.

Carencia de Laboratorios virtuales para Ingeniería

La EPD realizada revela una clara evidencia de que esta tecnología es aún desconocida por los estudiantes de la FICl, ya que sólo el 2.88% mencionó el uso de laboratorios virtuales para el aprendizaje autónomo. El 34% de los estudiantes mencionó conocer lo que son los laboratorios virtuales, pero también indicaron que no han tenido oportunidad de utilizar ninguno de ellos. Entre los estudiantes encuestados, el 65% mencionó no saber qué es un laboratorio virtual.

Entorno virtual de aprendizaje mediante LVE

La Encuesta de Diagnóstico Previo (EDP) fue fundamental para obtener la perspectiva de los estudiantes respecto a su experiencia en los laboratorios en modalidad presencial. Previo al diseño del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE), se estudiaron las características del aprendizaje situado que se aplican a la enseñanza de la ingeniería. A continuación, se describen las características del aprendizaje situado que se consideraron más importantes para el desarrollo del LVE.

De acuerdo con el enfoque de aprendizaje situado, se prefieren actividades didácticas centradas en el estudiante (Gómez-Gómez & Hernández, 2015) y centradas en el pro-

ceso metacognitivo que se debe fomentar en el estudiante mediante una adecuada tutoría en el proceso educativo (Hevia-Arime & Fueyo-Gutiérrez, 2018).

La encuesta EDP realizada fue muy importante ya que permitió el desarrollo de nuevas estrategias didácticas que implicaron los siguientes aspectos:

Actividades centradas en el alumno. El aprendizaje situado valora las estrategias didácticas que permiten a los estudiantes desarrollar una actividad de forma autónoma y colaborativa. Las prácticas de laboratorio suelen desarrollarse en equipos de trabajo donde no todos los miembros del equipo pueden tener la misma posibilidad de utilizar el equipo, interactuar con él o incluso pueden experimentar procesos de aprendizaje diferentes. Se requieren herramientas didácticas dedicadas en las que el alumno pueda utilizarlas de forma autónoma y tenga la disponibilidad de repetir los experimentos de forma individual tantas veces como sea necesario, sin depender de una ubicación física en el laboratorio o de un horario de sesiones prácticas. Además, las herramientas didácticas deben incluir suficientes explicaciones para que el alumno pueda desarrollar las actividades de aprendizaje de forma independiente y asistida a distancia.

Nuevos entornos de aprendizaje con laboratorios virtuales específicos. Los laboratorios virtuales son una alternativa en circunstancias con infraestructura educativa limitada o en el caso de esta investigación, la contingencia del COVID-19 que ocurrió en 2020. Si bien ya existe una tendencia de estas herramientas tecnológicas dedicadas en forma comercializable (Labster, 2021), aún existen limitaciones institucionales para adquirir estas herramientas virtuales por cuestiones de licenciamiento o financieras y/o por el hecho de que no se ofrecen laboratorios virtuales dedicados para la mayoría de las áreas de ingeniería. Esta propuesta se presenta como un cambio de paradigma en las instituciones de educación superior para promover esfuerzos multidisciplinarios en la creación de nuevos ambientes educativos (Guzmán-Luna et al., 2014; Baranov, 2016), aunque ya existen a nivel mundial, aún no se implementan en su totalidad debido a un limitado conocimiento de su potencial (Infante-Jiménez, 2014).

Uso de las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC) de manera eficiente. El uso de las TAC sería más eficiente si se diseñaran mediante un soporte instruccional diseñado didácticamente (Gunawan et al., 2017). En este sentido, es fundamental que los docentes, las instituciones y las entidades académicas colegiadas trabajen conjuntamente para desarrollar estrategias didácticas en las que el diseño instruccional tenga un enfoque de aprendizaje situado (Aldana-Segura & Arévalo-Valdés, 2018).

Aprendizaje autónomo mediante el análisis. Uno de los objetivos centrales del aprendizaje situado es que los estudiantes puedan analizar su proceso de aprendizaje a través de la metacognición. En consecuencia, se sugiere incluir evaluaciones finales al final de cada práctica. Tras la prueba final de cada práctica, se sugiere también la realización de lecturas complementarias sobre temas relacionados experimentados en cada práctica para animar a los estudiantes a investigar con mayor profundidad las aplicaciones de los conceptos estudiados mediante el LVE. De acuerdo con este enfoque, el aprendizaje en entornos educativos virtuales debe fomentar y apoyar la capacidad de los estudiantes para establecer relaciones e interpretar los resultados del aprendizaje obtenido, con sus aplicaciones en escenarios profesionales (Peña, 2016).

Diseño y desarrollo del LVE

A partir del enfoque de aprendizaje situado descrito anteriormente, se propuso el diseño del LVE para fomentar el análisis previo de los conceptos de electromagnetismo identificando las áreas de la ingeniería en las que tiene una aplicación directa. El diseño de la LVE emula un entorno virtual interactivo en el que los estudiantes pueden navegar utilizando un avatar. El entorno virtual representa el campus universitario de la FCI y muestra en la antesala una galería de precursores científicos del electromagnetismo, así como aplicaciones de ingeniería para posteriormente entrar al área de prácticas interactivas en donde se resolverán ejercicios prácticos de electromagnetismo.

Diseño del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo

Se diseñó un entorno virtual de aprendizaje con enfoque de aprendizaje situado, que permite a los estudiantes analizar conceptos como fuerza eléctrica, ley de Coulomb, ley de Ohm, fuerza electromotriz y aplicaciones relacionadas, a través de prácticas interactivas acompañadas de un cuestionario de reflexión final, así como el reconocimiento de las aplicaciones tecnológicas de cada uno de estos conceptos de electromagnetismo.

El Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) fue diseñado para introducir cuestionamientos que conduzcan a un análisis de los conceptos adquiridos previo a la experimentación práctica, para que los estudiantes estén mejor preparados para entender la relación entre los conceptos teóricos y los efectos relacionados con los experimentos que practicarán en el LVE. Se planificaron y diseñaron prácticas interactivas que permiten a los alumnos variar las cantidades de las variables eléctricas, así como las cargas eléctricas para analizar el efecto que estas variaciones tienen sobre las leyes fundamentales del electromagnetismo. Tras la realización de cada una de las prácticas, se muestra un cuestionario con preguntas de análisis sobre los conceptos experimentados y se asigna una puntuación, con la finalidad de que los alumnos determinen si es necesario volver a realizar el experimento para reafirmar los conceptos teóricos.

Otro aspecto fundamental para la implementación del LVE en el contexto descrito en el caso de estudio, fue que la herramienta virtual se desarrollara en una plataforma accesible y portátil para los estudiantes, que no estuviera limitada a su uso dentro de las instalaciones institucionales. Con el objetivo de atender las necesidades de los estudiantes acerca del tiempo de práctica disponible para la realización de ejercicios y prácticas interactivas en una modalidad híbrida de aprendizaje, se desarrolló el LVE mediante la plataforma de diseño de animación para ambientes virtuales que se describe a continuación.

Desarrollo del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo

El Laboratorio Virtual de Electromagnetismo fue desarrollado con el software Unity®, un software de animación. Unity® es un motor de juego multiplataforma creado por Unity Technologies®. El motor de juegos se refiere a un software con una serie de rutinas de programación que permiten la creación, desarrollo e implementación de entornos interactivos como un videojuego. Unity® se ha utilizado para el diseño de entornos virtuales interactivos en los que es posible incluir avatares interactivos para navegar por el entorno de forma sencilla y práctica. Unity® ofrece la posibilidad de exportar algunos elementos previamente diseñados para que la adaptación al entor-

no dedicado sea accesible para su modificación personalizada. Se eligió el software Unity® porque es ampliamente utilizado por varias comunidades de diseño para crear entornos interactivos tanto con fines lúdicos como educativos. El uso de avatares proporciona juegos serios para los estudiantes que experimentan un entorno educativo interactivo que los animará a practicar en el laboratorio de forma dinámica.

La plataforma de desarrollo Unity® tiene soporte para la compilación con diferentes tipos de plataformas y ofrece la posibilidad de crear archivos portátiles para instalar el LVE en un ordenador de sobremesa o en un dispositivo móvil. Se utilizó la versión de prueba para que todos los estudiantes pudieran descargar e instalar el LVE en sus ordenadores. La escena inicial (Figura 3) muestra un avatar que puede navegar por el campus virtual de la FICi hacia las diferentes secciones utilizando los controles del teclado.

Figura 3

Escena inicial del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo.



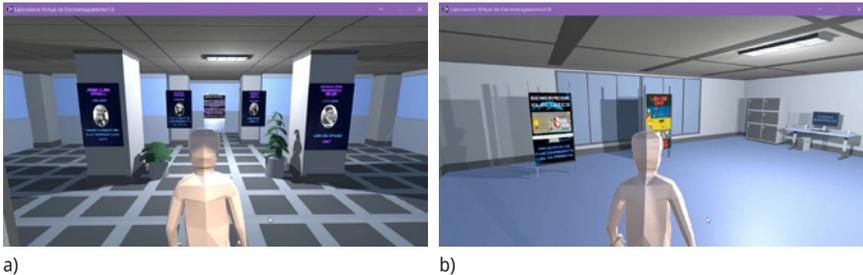
A continuación, se describen los elementos que conforman el Entorno Virtual del LVE.

Elementos del LVE

Se consideró muy importante mostrar un módulo denominado Galería de científicos precursores del electromagnetismo (Figura 4.a) para fomentar el interés de los estudiantes por los avances científicos que se han producido a lo largo de la historia de la física (Perea & Buteler, 2016). De este modo, el alumno puede ser más consciente de las aportaciones que diversos científicos han proporcionado para las aplicaciones del electromagnetismo en la Ingeniería y fomenta el análisis del método científico que se llevó a cabo en cada descubrimiento.

Figura 4

Secciones del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo. a) Galería de científicos. b) Carteles relacionados a las aplicaciones del electromagnetismo en la Ingeniería.



Posteriormente, se presentan una serie de carteles (Figura 4.b), en los que se muestran algunas de las aplicaciones del electromagnetismo en la ingeniería. Se alude de nuevo al aprendizaje situado, ya que las actividades diseñadas en el LVE no se presentan por separado, sino que se asocian a las actividades de ingeniería para facilitar un aprendizaje más significativo. La galería de científicos y la sala de aplicaciones del electromagnetismo son la antesala al laboratorio virtual donde se encuentran los experimentos simulados mediante prácticas interactivas.

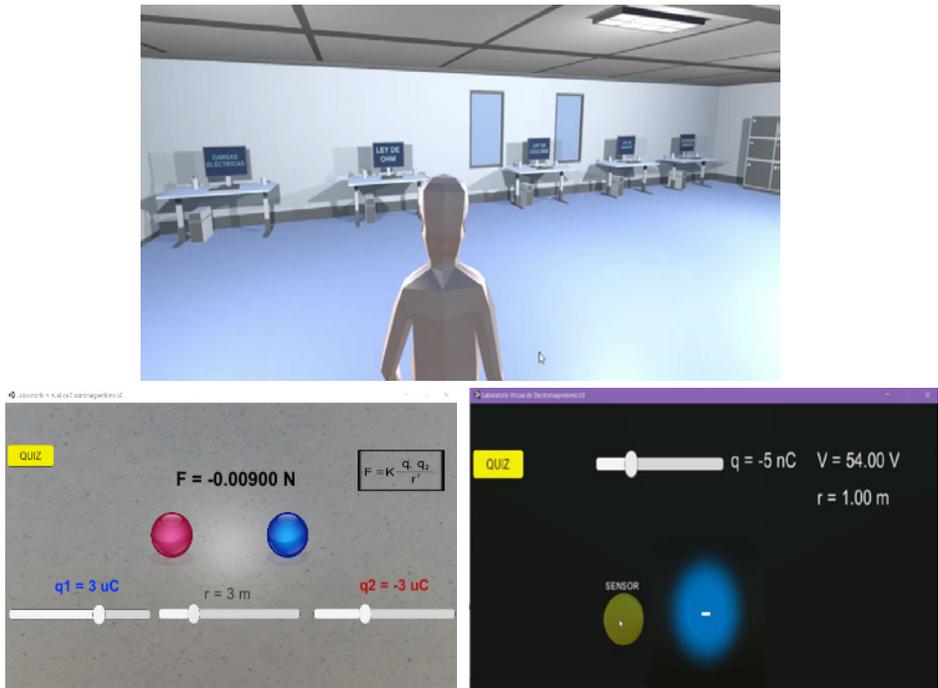
Prácticas interactivas

El ambiente virtual de aprendizaje permite al usuario navegar a través de un avatar para acceder al LVE que presenta cinco prácticas diferentes con ejercicios interactivos sobre temas fundamentales de electromagnetismo como: fuerza eléctrica, ley de Ohm, ley de Coulomb, ley de Faraday, aplicaciones de la fuerza electromotriz. Para ello, el usuario accederá a ventanas interactivas con una metodología didáctica que implica seis etapas (Figura 5): 1- Bienvenida, 2- Propósito de la práctica y temas relacionados, 3- Indicaciones de la práctica y preguntas de discusión, 4- Práctica interactiva, 5- Cuestionarios de análisis posterior, 6- Evaluación y sugerencia de temas complementarios.

En el LVE se presentaron preguntas desencadenantes antes de la experimentación práctica para fomentar la observación analítica de los efectos de los elementos conceptuales que interactúan y que el alumno experimentará en las prácticas del LVE. En las prácticas interactivas el alumno puede modificar magnitudes y cargas eléctricas para analizar el efecto que estas variaciones tienen sobre las leyes fundamentales del electromagnetismo. Después de realizar cada una de las prácticas, se presenta un cuestionario en el que se hacen preguntas de análisis sobre los conceptos experimentados y se asigna una puntuación, para que el alumno sepa si es necesario volver a realizar el experimento para reafirmar los conceptos teóricos.

Figura 5

Ejemplo del entorno virtual de una práctica del LVE.



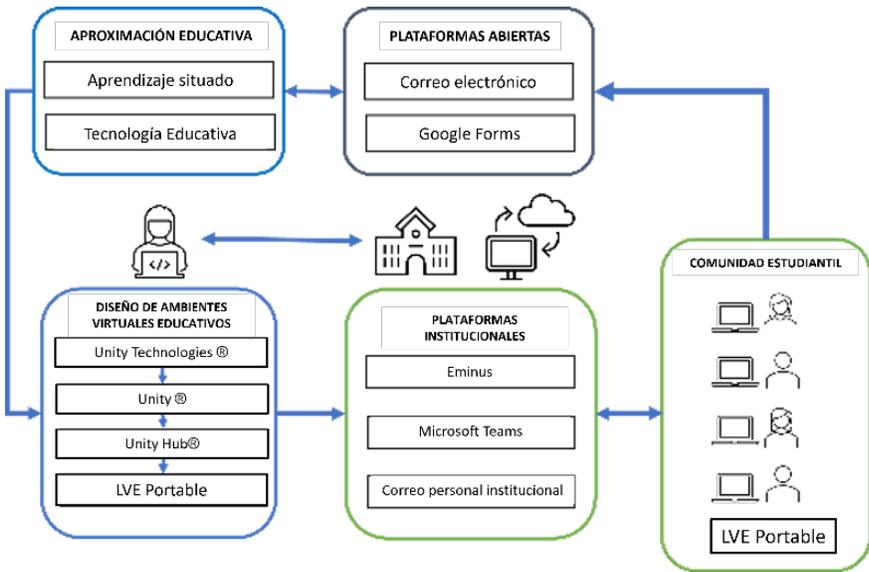
Implementación y evaluación del LVE

La estrategia de intervención educativa consistió en el uso del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo (LVE) por parte de una población de estudiantes de diferentes programas de ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, en la región Orizaba-Córdoba, durante el periodo de contingencia por pandemia de SARS-Cov2 en el periodo académico agosto-diciembre de 2020.

La población estudiantil se eligió considerando a aquellos alumnos que cursaban asignaturas relacionadas con el electromagnetismo y sus aplicaciones. Por lo tanto, la LVE se compartió con un grupo de 95 estudiantes, que incluía 80 estudiantes del género masculino (82.4%) y 15 estudiantes del género femenino (15.8%). La aplicación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo se estableció tras un periodo previo en el que se analizaron los conceptos básicos del electromagnetismo. Por lo tanto, el LVE se utilizó como una estrategia didáctica complementaria para consolidar los conceptos previamente estudiados. Dada la necesidad de una estrategia didáctica que pudiera ser utilizada de manera abierta, sin restricciones y a distancia por contingencias de salud, se utilizaron las plataformas de comunicación institucionales. Se utilizó el correo institucional, las plataformas Eminus y Microsoft Teams para dar las pautas de instalación y aplicación de la herramienta didáctica. Cada alumno utilizó la versión gratuita y portátil de la LVE y la instaló en un ordenador personal. La Figura 6 ilustra el esquema de los elementos tecnológicos utilizados en la intervención educativa.

Figura 6

Arquitectura de los elementos tecnológicos involucrados en la implementación del LVE.



Análisis de resultados obtenidos

Se desarrolló un análisis cuantitativo y cualitativo para medir la efectividad de la propuesta didáctica implementada a través del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, para evaluar varios factores, como el desempeño en el logro de los conceptos fundamentales del electromagnetismo, la percepción de los estudiantes sobre las nuevas estrategias didácticas que involucran los laboratorios virtuales y la motivación para utilizar herramientas similares al LVE en el futuro (Radianti, 2020). Se encuestó a una muestra de 95 estudiantes de ingeniería que utilizaron la LVE por medios institucionales de comunicación por razones de contingencia. A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada uno de los ítems a evaluar.

Rendimiento del aprendizaje. En la encuesta realizada se monitoreó el desempeño de los estudiantes a través de cuestionarios al final de cada simulación para monitorear si se reforzó el aprendizaje de los conceptos de electromagnetismo. En la encuesta realizada, se evaluó el rendimiento de los estudiantes a través de cuestionarios al final de cada simulación para controlar si se reforzaba el aprendizaje de los conceptos de electromagnetismo. Se analizaron varios factores: nivel de complejidad de los cuestionarios, intentos de respuesta, concepto de electromagnetismo implicado, modo de simulación relacionado con la pregunta del cuestionario, influencia de las direcciones de la simulación y percepción del entorno virtual. El rendimiento de los estudiantes en cada experimento simulado se analizó en función de los aspectos mencionados. La Tabla 1 resume el rendimiento de los alumnos en cada práctica, describiendo el porcentaje de alumnos que respondieron correctamente a todas las preguntas relacionadas con los conceptos teóricos del electromagnetismo.

Tabla 1

Resultados de desempeño de los estudiantes que utilizaron el LVE.

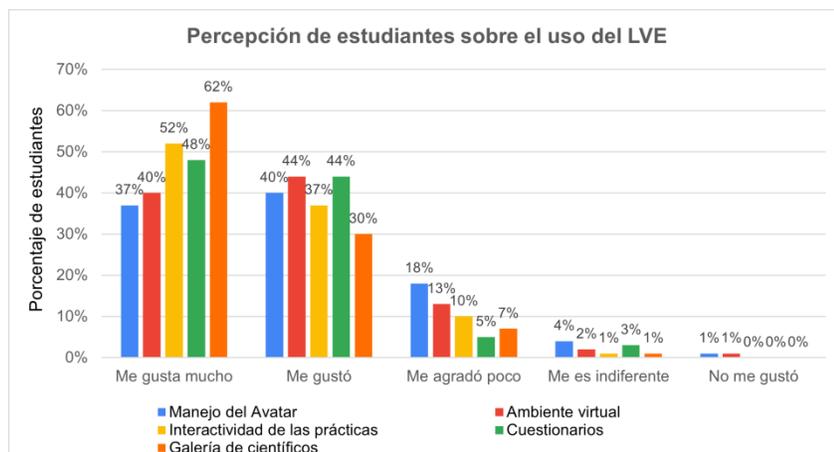
Práctica del LVE	Porcentaje de estudiantes que contestó correctamente
1. Fuerza eléctrica	81.1%
2. Ley de Ohm	52.6%
3. Ley de Coulomb	85.0%
4. Ley de Faraday	83.2%
5. Aplicaciones de la Fem	97.0%

Se observa que las prácticas que presentaron un mayor número de elementos interactivos, como en la práctica 5, proporcionan mejores resultados de rendimiento. Por otro lado, se encontraron varias dificultades en la evaluación del rendimiento de la práctica 2; como una mayor incertidumbre en la representación gráfica del experimento, lo que se tradujo en una mayor dificultad de los estudiantes para identificar las aplicaciones de la Ley de Ohm.

Percepción de los estudiantes del entorno virtual. En esta investigación fue muy importante identificar la opinión de los alumnos respecto a la experiencia con el LVE, por lo que se realizaron varias preguntas con escala Likert, referidas al uso del avatar, la modalidad interactiva en las prácticas, el diseño del entorno virtual, las discusiones posteriores a la práctica, así como la información sobre los precursores científicos del electromagnetismo. Los resultados indican que la LVE tuvo una aceptación generalizada en cada uno de sus apartados (Figura 7).

Figura 7

Percepción de los alumnos encuestados sobre el uso de los elementos del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo.



La mayoría de los estudiantes consideraron satisfactoria la experiencia con la LVE. Sin embargo, también hicieron sugerencias para mejorar el funcionamiento del avatar,

como la optimización de los controles del teclado para el movimiento en la navegación del campus virtual.

Discusión

A través de la encuesta aplicada a los alumnos que utilizaron el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se identificaron varios factores que aportan información sumamente útil para la mejora y ajuste del LVE en el futuro. A continuación, se enumeran los más destacados.

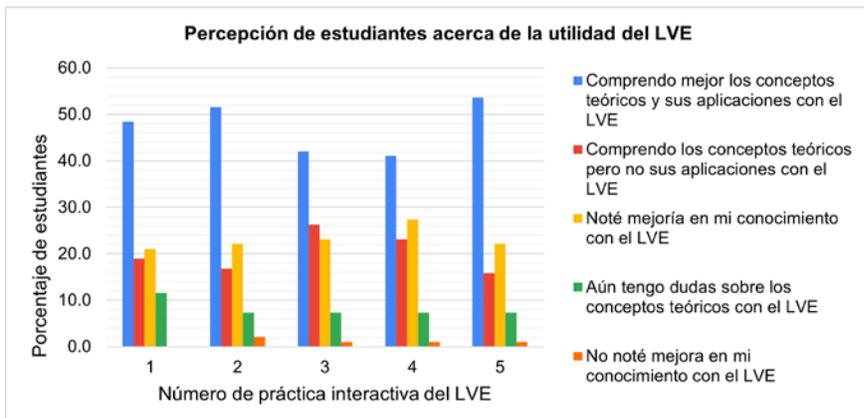
Uso del entorno virtual. Según la opinión de los alumnos encuestados al final de la aplicación del Laboratorio Virtual de Electromagnetismo, se encontró que el uso del avatar es uno de los elementos que más agradó a los alumnos. La navegación por el entorno virtual resulta más interactiva gracias al uso del avatar. Sin embargo, se encontraron varias áreas de mejora sugeridas por los estudiantes. Una de ellas es mejorar los controles que manipulan el avatar para que sus movimientos sean más fluidos en el entorno virtual. Otro aspecto que mencionaron los estudiantes es la posibilidad de personalizar las características del avatar. Aunque la apariencia del avatar no afecta a la interacción de las prácticas de electromagnetismo, es una característica que atrae a los estudiantes para hacer de la inmersión educativa una experiencia más personalizada y visualmente atractiva.

Galería de los científicos precursores del electromagnetismo. Los estudiantes encuestados expresaron que la información de los científicos era interesante y relevante para contextualizar sus contribuciones al electromagnetismo, y que les gustaría tener escenas de interacción con estos científicos dentro del mismo entorno.

Interacción con las prácticas de electromagnetismo. La encuesta muestra un escenario favorable en cuanto a la utilidad de las cinco prácticas experimentadas para comprender los conceptos básicos del electromagnetismo y sus aplicaciones. La Figura 8, compara la percepción general de los estudiantes que utilizaron el Laboratorio Virtual de Electromagnetismo considerándolo como un recurso educativo para la construcción del conocimiento y la aplicación del electromagnetismo.

Figura 8

Percepción de los estudiantes acerca de la utilidad del LVE.



Además, los estudiantes sugirieron más prácticas con conceptos de electromagnetismo similares para una mejor comprensión de las aplicaciones de los conceptos de electromagnetismo. Para futuras versiones del LVE, se sugiere aumentar el número de prácticas y la cantidad de ejercicios interactivos.

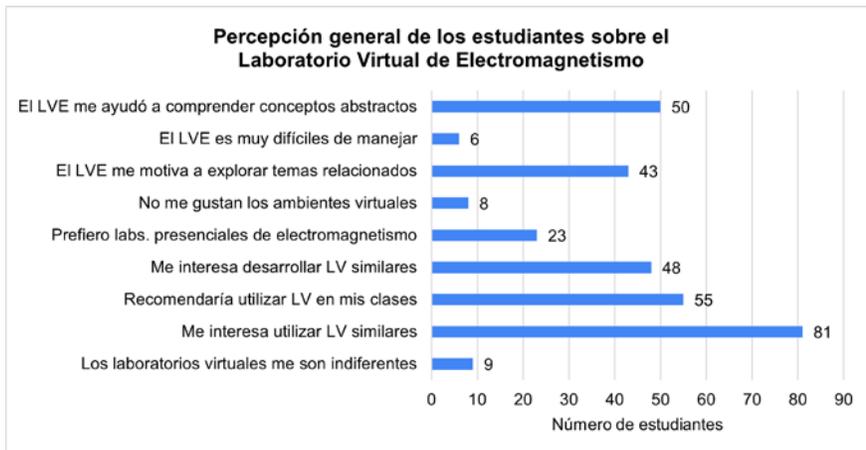
Evaluación del aprendizaje obtenido. Durante esta investigación se observó que la evaluación posterior al uso de herramientas tecnológicas educativas es sumamente importante para determinar la utilidad y pertinencia de estas como estrategias didácticas. Los estudiantes expresaron que los cuestionarios podrían incluir un mayor número de preguntas o también incluir retos interactivos después de haber comprendido cada práctica para reafirmar los conocimientos adquiridos.

Desarrollo de entornos educativos virtuales. El propósito de esta investigación es resaltar que el trabajo multidisciplinario es necesario para desarrollar herramientas educativas innovadoras que aborden los nuevos retos en los contextos de la educación superior. También ha sido crucial para el desarrollo de este tipo de laboratorios virtuales considerar las demandas de las nuevas generaciones de estudiantes en cuanto a sus intereses, habilidades tecnológicas, la infraestructura con la que se cuenta para promover el aprendizaje autónomo y que puedan ser útiles como complemento a las clases y laboratorios presenciales. La encuesta también revela un fuerte interés entre los estudiantes de ingeniería encuestados por participar en el desarrollo de software de estas herramientas tecnológicas. La interacción entre el uso de las herramientas tecnológicas de animación disponibles en la actualidad debe ir acompañada de una planificación de la enseñanza para alcanzar los objetivos de aprendizaje.

Motivación de los estudiantes para utilizar los laboratorios virtuales. Por último, se preguntó a los estudiantes cómo percibían el uso de los laboratorios virtuales como herramienta didáctica, así como si estarían interesados en utilizarlos en el futuro para aprender con este tipo de estrategias de aprendizaje. Los resultados son prometedores (Figura 9) en el caso de estudio, donde incluso algunos de los estudiantes de ingeniería informaron que estarían interesados en desarrollar proyectos que utilicen este tipo de entornos virtuales educativos en futuros proyectos de investigación.

Figura 9

Perspectiva general de los estudiantes sobre su experiencia en el uso del LVE.



Conclusiones

Con esta investigación se concluye que es posible diseñar e implementar laboratorios virtuales especialmente dedicados a áreas de la Física aplicada en la enseñanza de la ingeniería utilizando software de animación, que sean atractivos para los estudiantes considerándolos como una herramienta educativa interactiva útil. Es importante que los entornos educativos virtuales no sólo sean visualmente atractivos para los estudiantes, sino que sean un espacio donde se facilite la construcción del conocimiento al relacionar el contexto histórico, los conceptos teóricos y las aplicaciones del electromagnetismo a través de la experimentación bajo una estrategia didáctica especialmente diseñada.

El diseño de entornos virtuales dedicados al área de la ingeniería implica varias cuestiones para aplicarlos como una herramienta común en cada institución. Existen algunos aspectos que son temas de investigación interesantes como el nivel de inmersión del entorno virtual, la participación de los estudiantes en un entorno interactivo, las estrategias educativas para simular adecuadamente los entornos profesionales de la ingeniería, cómo podrían los profesores diseñar laboratorios virtuales para que los estudiantes resuelvan problemas inherentes al área de la ingeniería de manera eficiente. Por lo tanto, se debe considerar el proceso adecuado de diseño instruccional de estrategias didácticas a través de tecnologías educativas inmersivas que involucren el trabajo multidisciplinario en tecnología educativa.

Trabajo futuro

Las investigaciones futuras se centrarán en mejorar la navegación del avatar, así como la interactividad en los ejercicios de práctica para aumentar la comprensión de conceptos abstractos como los campos electromagnéticos. Otro aspecto sugerido es incorporar una galería interactiva con información sobre los científicos precursores del electromagnetismo para animar a los estudiantes a indagar más sobre el método científico utilizado para desarrollar tecnología aplicada basada en la teoría electromagnética. La versión de prueba de Unity restringe el número de escenas interactivas que se pueden incluir en el laboratorio, por lo que se evaluará la posibilidad de aumentar las funciones que se pueden configurar con este software e incluso buscar alternativas en diversas plataformas para crear entornos virtuales educativos similares.

Referencias

- Agudelo, J., Méndez, G., & Melo, A. (2019). Dificultades en la relación enseñanza-aprendizaje del electromagnetismo en cursos introductorios de nivel universitario: Caso Universidad Católica de Colombia. *Encuentro de Ciencias Básicas*. <https://hdl.handle.net/10983/25223>
- Aldana-Segura, W., & Arévalo-Valdés, J. (2018). *Laboratorio de Innovación Pedagógica de Educación Virtual una estrategia para el desarrollo de experiencias significativas de aprendizaje en la adquisición de competencias en ambientes virtuales*. UNAM. <https://repositorial.cuaieed.unam.mx:8443/xmlui/handle/20.500.12579/5092>
- Baranov, A. V. (2016). Virtual students' laboratories in the physics practicum of the Technical University. *13th International Scientific-Technical Conference on Actual Pro-*

blems of Electronics Instrument Engineering (APEIE) IEEE (pp. 326-328). IEEE. <https://doi.org/10.1109/APEIE.2016.7802287>

- Batuyong, C. T., & Antonio, V. V. (2018). Exploring the effect of PhET interactive simulation-based activities on students' performance and learning experiences in electromagnetism. *Asia Pacific Journal of Multidisciplinary Research*, 6(2), 121-131.
- Dengel, A., & Mägdefrau, J. (2020). Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and School Performance Influence Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (ILRN)* (pp. 163-170). IEEE.
- Gómez-Gómez, J. E., & Hernandez, V. L. (2015). Arquitectura interactiva como soporte al aprendizaje situado en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Educación En Ingeniería*, 10(20). <https://doi.org/10.26507/rei.v10n20.575>
- Gunawan, G., Harjono, A., Sahidu, H., & Herayanti, L. (2017). Virtual laboratory to improve students' problem-solving skills on electricity concept. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 6(2), 257-264. <https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9481>
- Guzmán-Luna, J. A., Torres, I. D., & Bonilla, M. L. (2014). Un caso práctico de aplicación de una metodología para laboratorios virtuales. *Scientia et Technica*, 19(1), 67-76.
- Hevia-Arime, I., & Fueyo-Gutiérrez, A. (2018). Aprendizaje situado en el diseño de entornos virtuales de aprendizaje: una experiencia de aprendizaje entre pares en una comunidad de práctica. *Aula Abierta*, 47(3), 347-354. <https://doi.org/https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.347-354>
- Infante-Jiménez, C. (2014). Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad en las asignaturas teórico prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62), 917-937.
- Labster. (25 de Agosto de 2021). *Labster*. <https://www.labster.com/research/>
- Liu, D., Valdiviezo-Díaz, P., Riofrio, G., Sun, Y. M., & Barba, R. (2015). Integration of virtual labs into science e-learning. *Procedia Computer Science*, 75, 95-102.
- Lynch, T., & Ghergulescu, I. (2017). Review of virtual labs as the emerging technologies for teaching STEM subjects. *INTED2017 Proc. 11th Int Technol. Educ. Dev. Conference*, (pp. 6-8). <https://doi.org/10.21125/inted.2017.1422>
- Maheshwari, I., & Maheshwari, P. (2020). Effectiveness of immersive VR in STEM Education (pp. 7-12). *Seventh International Conference of Information Technology Trends (ITT)*. <https://doi.org/10.1109/ITT51279.2020.9320779>
- Peña, J. Z. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 11(2), 193-211.
- Perea, M. A., & Buteler, L. M. (2016). El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física: una aplicación para el electromagnetismo. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias*, 11(1), 12-25.
- Pontes, A. (2017). El uso de simulaciones interactivas para comprender el modelo de corriente eléctrica. *X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, (pp. 4371-4377). Sevilla.
- Potkonjak, V. G. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.

- Radianti, J. M. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education, 147*, 103778.
- Steele, A. L., & Schramm, C. (2021). Situated learning perspective for online approaches to laboratory and project work. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.