

Aprendizaje de óptica física desde el trabajo en el laboratorio

Physical Optics learning from laboratory work

Graciela Serrano^{1*}, Silvia Clavijo¹, Camila Muñoz¹ e Ignacio Idoyaga²

¹Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, Bernardo de Irigoyen 375. CP 5600, San Rafael. Argentina.

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica. CP 1113, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

*E-mail: gserrano@fcai.uncu.edu.ar

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

La investigación en educación en ciencias sugiere que los estudiantes tienen dificultades para aprender contenidos de física cuando no se puede implementar el trabajo experimental de laboratorio. En áreas aplicadas, como la óptica, a menudo es necesaria la formación de una sólida comprensión que abarque tanto la teoría como la aplicación. En este trabajo integramos actividades de laboratorio en un curso tradicional de Física universitaria con el objetivo de ayudar a los estudiantes a hacer conexiones entre los conceptos de óptica teórica y su implementación/aplicaciones en el laboratorio. Los estudiantes regularizaron la asignatura durante la etapa de la pandemia covid-19 realizando el cursado en forma virtual y recurriendo al empleo de laboratorios virtuales y remotos disponibles en ese momento. En este período de educación no presencial muchos de ellos mostraron falta de motivación para aprender y estudiar por lo una vez finalizada la situación de emergencia, buscamos poner en evidencia la comprensión de los conceptos de Óptica Física, como instancia de revisión antes del examen final. En una modalidad de trabajo tipo taller, se diseñó un protocolo que proponía elaborar explicaciones conceptuales, realizar cálculos teóricos y desarrollar tareas experimentales. Las actividades de diagnóstico iniciales revelaron dificultades en la conceptualización y habilidades procedimentales de los estudiantes. Al finalizar el dictado del taller, se evidenció una mejor comprensión conceptual de temas como interferencia, difracción y polarización de la luz, desarrollo de hábitos de trabajo en el laboratorio y un mayor involucramiento de los estudiantes en sus procesos de aprendizaje.

Palabras clave: Laboratorio; Óptica física; Aprendizaje; TIC.

Abstract

Science education research suggests that students have learning difficulties in physics content when experimental laboratory work cannot be implemented. In applied areas, such as Optics, it is often necessary to form a deep comprehension encompassing both theory and application. In this paper we integrate laboratory activities into a traditional university Physics course with the aim of helping students make connections between theoretical Optics concepts and their implementation/application in the laboratory. Students regularized the subject during the stage of the covid-19 pandemic by completing the course virtually and resorting to the use of virtual and remote laboratories that were available at that time. In this non-face-to-face education period, many of them showed a lack of motivation to learn and study, so once the emergency situation was over, we sought to highlight the understanding of the concepts of Physical Optics, as a revision instance before the final exam. In a workshop modality, we designed a protocol that proposed elaborating conceptual explanations, carrying out theoretical calculations and developing experimental tasks. Initial diagnostic activities revealed difficulties in students' conceptualization and procedural skills. At the end of the workshop, a better conceptual understanding of issues such as interference, diffraction and polarization of light, development of work habits in the laboratory and greater students involvement in their learning processes was evidenced.

Keywords: Laboratory; Physical Optics; Learning; ICT.

I. INTRODUCCIÓN

El aprendizaje de los temas interferencia, difracción y polarización de la luz en el marco de la óptica física presenta dificultades a los estudiantes universitarios, mayormente por el pasaje de la óptica geométrica con su modelo de rayos, a la óptica física apoyada en el modelo ondulatorio (Bravo y Pesa, 2016). Esto lleva al estudiante a la necesidad de: interpretar representaciones y conceptualizar magnitudes propias de la luz que no resultan intuitivas, especialmente en aquellos aspectos vinculados a las propiedades de las ondas. Los estudiantes, aún después de haber transitado un curso de estos temas en sus carreras, evidencian dificultades en la comprensión de los fenómenos asociados.

Para resignificar los aprendizajes logrados por los estudiantes en el curso realizado en forma virtual durante la pandemia covid-19, en el segundo semestre 2020 y parte del ciclo lectivo 2021, se consideró la posibilidad de implementar, bajo la modalidad de un taller opcional, jornadas de trabajo colaborativas orientadas por los docentes y con un fuerte complemento experimental. La pandemia covid-19 llevó a los equipos de cátedra de las universidades argentinas a replantearse estilos de trabajo, y, en particular, en lo relativo a la enseñanza de las ciencias, resignificar experiencias consideradas cruciales para promover aprendizajes, como son los laboratorios. Estas nuevas formas de enseñar no tuvieron la planificación ni la disponibilidad de equipos técnicos que tienen las cátedras que han venido funcionando con modalidad de educación a distancia: en pandemia muchos docentes debieron recurrir especialmente a la experiencia didáctica de los equipos de cátedra y a las herramientas disponibles en sus facultades para asegurar la continuidad de las propuestas educativas. En este contexto, en la cátedra de Física II se rediseñaron las clases y las experiencias de laboratorio incorporando laboratorios virtuales y remotos para permitir, desde la virtualidad y utilizando plataforma Moodle, continuar con la enseñanza de los contenidos curriculares. Sin embargo, las instancias de acreditación por examen final de la asignatura por parte de los estudiantes luego de finalizar el cuatrimestre no presencial, se vieron demoradas por factores diversos, lo que llevó a los docentes a plantear la alternativa de complementar el estudio previo al examen final con diversos talleres disciplinares, que, desde un fuerte enfoque participativo y experimental, favorecieran la resignificación de contenidos desde el trabajo grupal presencial y propiciarán la pronta acreditación de espacios curriculares.

En este trabajo se muestran los resultados de implementar un taller optativo para los estudiantes sobre temas de óptica física, la caracterización de los conocimientos previos, y su evolución como una instancia inicial para ajustar la propuesta implementando una metodología de investigación basada en diseño.

II. MARCO TEÓRICO

Las actividades de laboratorio o actividades experimentales se consideran esenciales en la enseñanza de la Física, ya que promueven el desarrollo de procedimientos intelectuales y sensorio motores (Lorenzo, 2020). Los procedimientos intelectuales incluyen el desarrollo de habilidades para reconocer las variables bajo estudio, mientras que los sensorio motores hacen referencia esencialmente a las habilidades motrices y de observación, que le permiten al estudiante tanto la recogida de datos con la manipulación de equipos, como el reconocimiento de los hechos como datos de una observación.

Los laboratorios reales han sido por años y de manera indiscutida una herramienta educativa esencial para la enseñanza y el aprendizaje de la Física. Sin embargo, la implementación de estos laboratorios requiere de equipamientos, disponibilidad de tiempo y espacio, sincronía entre docentes y alumnos, aspectos que desde hace más de veinte años han llevado a resaltar la importancia de otras formas de experimentar, como son los laboratorios remotos y los laboratorios virtuales. Esta nueva modalidad de experimentación tuvo particular relevancia en la enseñanza de la Física por el aislamiento dispuesto por el Poder Ejecutivo Nacional en Argentina a partir de marzo 2020 por pandemia covid-19, y el pase a virtualidad de las clases presenciales.

Diversas investigaciones están informando sobre la importancia de proveer a los estudiantes de variadas situaciones que les permitan ir conformando de manera paulatina los conceptos de los temas bajo estudio, y en particular la potencialidad de los recursos virtuales (tales como Laboratorios remotos, LR, y Laboratorios virtuales o simulaciones, LV) para realizar experimentación y promover aprendizajes significativos (Velasco y Buteler, 2017; Lorandi Medina, Hermida Sab, Hernande Silva & Ladrón de Guevara Durán, 2011). Más aún, durante la pandemia covid-19 estos recursos virtuales han sido prácticamente la única forma de experimentación de los estudiantes (Vargas, Cuero, Torres, 2020; Idoyaga et al., 2020).

La implementación de actividades de laboratorio remoto y de laboratorio virtual tienen una lógica de desarrollo diferente a la del laboratorio real tradicional: ambos laboratorios asistidos por computadoras o aplicaciones de celulares, requieren capacidades de interpretación de diferentes registros simbólicos y pictóricos que no eran indispensables en la realización de un laboratorio convencional real.

Los laboratorios remotos (LR) son esencialmente laboratorios reales que permiten realizar un experimento en algún lugar del mundo y un estudiante con una conexión a internet puede acceder a la realización de la experiencia, en tanto que los laboratorios virtuales (LV) consisten esencialmente en una simulación que muestra en la pantalla de la computadora, con diferentes lenguajes (gráfico, icónico tipo imágenes, verbal) e incluso incorporando instrumentos de medición, los resultados de la modelización de un fenómeno físico (Arguedas Matarrita y Concari, 2016).

El trabajo en la modalidad taller presenta una metodología activa de involucramiento de los estudiantes en sus propios procesos de construcción de aprendizaje. Los talleres permiten compartir actividades en pequeños grupos, modalidad que ofrece la socialización que tanto necesitan, mientras brindan oportunidades para realizar comentarios individuales y facilitar el intercambio y explicación de conceptos, permitiendo desarrollar la autosuficiencia y metacognición. En la parte final del taller, los estudiantes se reúnen como un grupo completo para una reflexión o un informe. Pueden compartir muestras de su actividad en los grupos pequeños, su trabajo independiente, o comunicar sus éxitos y desafíos.

III. METODOLOGÍA

Se implementó una metodología cualitativa y de carácter exploratorio y descriptivo, para configurar la primera instancia de una secuencia de investigación de diseño (Núñez et. al, 2010) en la que los resultados de esta primera experiencia aquí informada permitirán rediseñar futuras implementaciones, buscando mejorar la enseñanza y aprendizaje del tema óptica física.

Los participantes fueron 12 estudiantes voluntarios de segundo año de carreras de ingeniería que habían cursado Física II (Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo) de manera virtual durante la pandemia covid-19 en 2020 y 2021.

Las actividades fueron diseñadas especialmente por docentes de la cátedra para desarrollarse en forma presencial en el laboratorio de la facultad, en 4 jornadas de 3 horas cada una. Al finalizar se realizó una evaluación individual escrita.

Se confeccionaron guías de trabajo con actividades diversas que incluían experimentación virtual (PHET (<https://phet.colorado.edu>, apps de física, Walther Fendt <https://www.walter-fendt.de/html5/phes/>), experimentación remota (ISES <https://www.ises.info/index.php/en/laboratory>) y laboratorio real de interferencia y difracción en banco óptico. La propuesta incorporaba actividades individuales y grupales que buscaban promover el afianzamiento de los conocimientos sobre óptica física.

Los datos consistieron en observaciones participativas por parte de los docentes de las clases y registro de las intervenciones de los estudiantes, informes grupales escritos de los estudiantes, evaluaciones y registro de las opiniones individuales de los estudiantes, presentadas en un formulario Google.

Las actividades para desarrollar por parte de los estudiantes fueron diseñadas por el equipo de cátedra atendiendo a los contenidos a revisar y las dificultades detectadas en grupos anteriores. Estas actividades no interfirieron con las actividades académicas de los participantes y los datos se trataron en forma confidencial.

IV. RESULTADOS

Los resultados se organizan, a modo de diferenciación de las fuentes, a partir de la procedencia de los datos obtenidos.

A. Observaciones de los docentes

Las intervenciones de los estudiantes debieron ser promovidas de manera permanente por el equipo docente, notando una falta de “entrenamiento” en el hábito de cuestionarse, formular hipótesis y compartirlas con el grupo, y realizar discusión grupal. Esta participación resulta esencial al momento de poder discutir las conceptualizaciones predominantes sobre el tema bajo estudio y no resultó espontánea.

B. Informes de los estudiantes

Respecto a los informes de los estudiantes presentados en forma grupal, correspondientes a temas desde el tratamiento de una introducción a los fenómenos ondulatorios, hasta los fenómenos de interferencia, difracción y polarización de la luz. En los informes relativos a estos temas introductorios se apreció una dificultad para abstraer el concepto de onda y vincular con la representación matemática. Al estudiar los temas ya específicos de fenómenos de ondas electromagnéticas, las explicaciones brindadas tanto en forma escrita como en las discusiones grupales fueron más fluidas pues pudieron recurrir a los conceptos estudiados con anterioridad y las experiencias de laboratorio

(principalmente virtuales) favorecieron la identificación de parámetros, descripciones gráficas y modelización simbólica de los procesos de interferencia y de difracción.

Los informes de las tareas de laboratorio real realizadas con banco de óptica, láser y rendijas dan cuenta de la importancia para los estudiantes de confrontar el modelo teórico (el que también se visualiza en la mayoría de los laboratorios virtuales, por ejemplo APPS DE FÍSICA, Walther Fendt (<https://www.walter-fendt.de/html5>) o PHET (<https://phet.colorado.edu/es/simulations>) con la complejidad del mundo real.

La realización de los laboratorios virtuales con los simuladores antes citados permitió a los estudiantes discutir el modelo teórico y los alcances del mismo, y fundamentar desde el estudio previo de ondas.

El laboratorio virtual de difracción (<https://www.ises.info/index.php/en/laboratory>) fue el paso siguiente a los laboratorios virtuales para dar un acercamiento a la experimentación real en modo sincrónico pero utilizando recursos virtuales. Los estudiantes en este experimento mostraron dificultades para comprender las imágenes que muestran el equipamiento y también los datos que se obtienen.

C. Evaluación individual

La evaluación consistió en preguntas abiertas, de completamiento y de selección y en todos los casos se solicitó la justificación de los planteos desde lo estudiado en el taller.

Las dificultades percibidas en las tareas de la primera jornada, vinculadas a los fenómenos ondulatorios en general, vuelven a presentarse en algunos estudiantes en la evaluación del curso al responder la consigna vinculada a interpretar y obtener datos a partir de la gráfica obtenida por el movimiento oscilatorio de un punto (Fig. 1), para seleccionar opciones correctas. El sitio www.sc.ehu.es fue utilizado en las tareas iniciales del taller al revisar los temas relativos a fenómenos ondulatorios en general. A modo de ejemplo, algunas de las afirmaciones realizadas para interpretar a partir de la figura son: “La figura representa la función de ondas en $t=2,41s$ ”, “La figura representa una onda transversal generada por un movimiento armónico simple en el extremo izquierdo”. También se solicitó obtener desde la gráfica los valores de amplitud y longitud de onda.

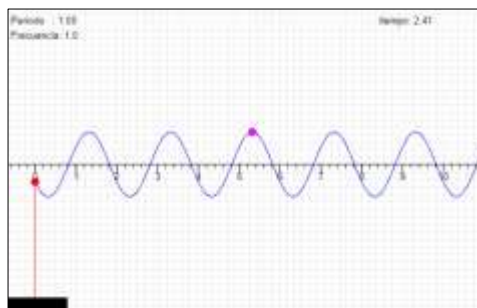


FIGURA 2. Imagen de onda generada por un punto oscilatorio. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3>

Las dificultades iniciales de los estudiantes relativas a los modelos de interferencia de dos rendijas y difracción por una rendija, que fueron discutidas durante las clases, no se presentaron mayoritariamente en la evaluación final.

A modo de ejemplo, una de las cuestiones discutidas durante el taller fue la imagen obtenida al pasar la luz de un láser a través de un par de rendijas, en la que no se observa el diagrama de interferencia puro estudiado en la bibliografía, sino una superposición de interferencia y difracción. Este aspecto fue muy llamativo para el grupo, y estuvo en condiciones de analizar la imagen siguiente (obtenida con el software NEWDIFRAC del Grupo Galileo, UNL) presentada en la evaluación de fin del curso.

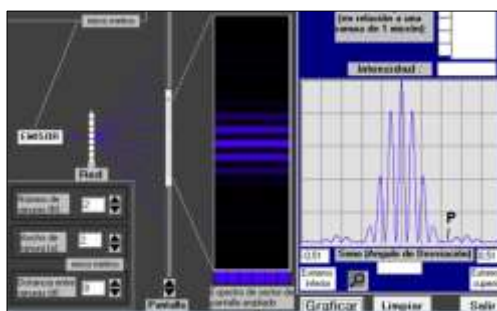


FIGURA 1. Diagrama de interferencia de luz azul producida por dos ranuras de ancho no despreciable. Software NEWDIFRAC (Grupo Galileo, UNL).

D. Opiniones de los estudiantes

Las opiniones de los estudiantes, respecto a la valoración del tipo de trabajo llevado adelante en el taller, el 89% consideró que ayudó a participar activamente del aprendizaje y también a aprender mejor. El 78% consideró positiva la relación lograda con los demás compañeros y los docentes. Esto muestra un aspecto a tener en cuenta en futuras ediciones: la estimulación al trabajo colaborativo que se provee desde estas instancias de aprendizaje y que se considera esenciales en la formación del futuro profesional. El 75% de los estudiantes opinó que las experiencias y actividades del taller les permitieron complementar los contenidos aprendidos durante el cursado y aprender conceptos nuevos (como es el caso del estudio general de movimiento ondulatorio).

Sobre el grado de involucramiento personal en las tareas, más del 75% consideró haber estado fuertemente motivado para trabajar en el grupo,

Es interesante resaltar la valoración de la relación establecida con los docentes y la opinión respecto a la actuación de estos. Así, respecto a la tarea de los profesores en el taller, todos los estudiantes respondieron que orientaron adecuadamente las tareas, las cuales fueron adecuadamente seleccionadas para complementar los contenidos disciplinares bajo estudio y permitieron la participación activa de los estudiantes en las actividades de aprendizaje.

En las opiniones libres relativas al Taller, la mayor parte alude a las experiencias realizadas, lo cual muestra que fue acertado el enfoque de la experiencia de revisión de conceptos desde la experimentación tanto real como virtual en laboratorio. A modo de ejemplo, las siguientes son opiniones de los estudiantes ante la pregunta ¿Qué aspectos del taller te resultaron más útiles o valiosos?

Me parecieron especialmente útiles las experiencias de medición de la longitud de onda y construcción del microscopio. Fue muy interesante poder relacionar los conceptos teóricos aprendidos con la observación real de los fenómenos. También destaco la posibilidad de pensar y discutir entre todos las cuestiones que surgían del análisis del material y los laboratorios virtuales. (Alumno 3)

Me resultaron muy interesantes los laboratorios realizados y comprobar que algunas cosas si se cumplen realmente y otras no. También este taller me permitió aclarar varios conceptos referidos al tema. (Alumno 4)

V. CONCLUSIONES

La experiencia aquí reportada, correspondiente a una instancia opcional de revisión de contenidos de óptica física realizada por estudiantes que habiendo cursado la asignatura Física II durante los meses de aislamiento impuestos por el Gobierno argentino por la pandemia covid-19 habían logrado la regularidad y debían presentarse a instancia de examen final de la asignatura, no obstante lo limitado de la población bajo estudio, permite emitir algunas conclusiones que serán relevantes para el equipo de cátedra al planear instancias semejantes en cursos siguientes.

Los estudiantes mostraron dificultades para interpretar y aplicar conceptos del tema óptica física antes de la realización del taller, por ejemplo, en la caracterización de las condiciones de superposición de la luz para obtener interferencia constructiva o destructiva al incidir luz procedente de una o varias rendijas, pese a haber estudiado esos temas en un curso básico y realizado ejercitación de lápiz y papel. Al desarrollar el taller, las discusiones grupales y las intervenciones de los docentes devenidas de las tareas presentadas permitieron a los estudiantes poner en evidencia sus concepciones sobre el tema y confrontarlas con los resultados experimentales y el marco teórico y, de este modo, al finalizar el dictado, la mayoría de los estudiantes mostró una adecuada conceptualización del tema, evidenciada en la capacidad de modelizar situaciones concretas y fundamentar el modelo utilizado.

La experiencia de taller permitió promover instancias de socialización entre los estudiantes y afianzar las relaciones personales con los docentes, aspectos que, por el prolongado aislamiento debido a la pandemia, se habían reemplazado por participaciones en foros, mensajería o discusiones en video conferencias que, si bien sirvieron para continuar con el dictado de la asignatura y mantener la comunicación, no sustituyen la interacción personal. La realización de este taller favoreció el trabajo colaborativo y participativo, tanto desde la mirada de los estudiantes como de los docentes investigadores, lo que es fundamental pensando en que los jóvenes no habían asistido a clases presenciales a la facultad desde su ingreso a la Universidad. La discusión en el grupo, cara a cara con los compañeros, el poder explicitar concepciones previas y negociar significados, anticipar comportamientos, seleccionar variables en un experimento, argumentar respuestas y desarrollos, es, sin duda, uno de los aspectos más destacables de esta experiencia por cuanto colabora fuertemente a la construcción de aprendizajes significativos y al desarrollo de habilidades de trabajo en grupo.

Las opiniones de los estudiantes relativas al impacto en sus aprendizajes del uso de los laboratorios (tanto real como virtual y remoto) son, en general, positivas y consistentes con las informadas por diferentes investigadores (Dionofrio et al. 2021; Romero, Rocha y Tenaglia, 2019; Santiago-García, Del Río-Gamero y Melián-Martel, 2021).

Los estudiantes consideraron muy positiva la experiencia de laboratorio real de interferencia de la luz tanto por la posibilidad de poder experimentar con elementos concretos y reconocer las limitaciones del modelo teórico. En especial se destaca la innovación que para ellos supone el utilizar recursos virtuales para la experimentación: reconocieron los aportes tanto de las experiencias virtuales como del laboratorio remoto, por cuanto les permitieron experimentar y repetir el experimento fuera del ámbito del taller, en particular el laboratorio remoto les brindó una instancia de experimentación sincrónica y no presencial con elementos reales que no conocían. La experimentación con laboratorio virtual la evaluaron muy adecuada para favorecer la interpretación de los fenómenos bajo estudio (interferencia y difracción de la luz), con la posibilidad de observar y extraer información de diferentes gráficos de intensidad. La posibilidad de los laboratorios virtuales y remotos de repetir el experimento tantas veces como fuera necesario, fuera del ámbito de la facultad, es muy importante para promover el aprendizaje autónomo de estos estudiantes universitarios, al reconocer la necesidad de volver a realizar un experimento para lograr la comprensión del fenómeno o complementar el estudio teórico del mismo. En síntesis: los laboratorios fueron muy motivadores para acercar los contenidos físicos y de esta manera, favorecer el aprendizaje de óptica.

Los estudiantes consideraron que los contenidos, las actividades y la selección de temas tratados fueron muy adecuados. Valoraron positivamente la participación de los docentes y la orientación del trabajo en clases.

La implementación de este taller, a modo experimental y en el marco de una investigación de diseño, permitió a los docentes investigadores identificar aspectos disciplinares y metodológicos a reforzar en próximas ediciones, para acompañar el repaso orientado de los estudiantes, no solamente de aquellos que cursaran en la virtualidad sino, en general, luego de un cursado tradicional y antes de rendir la materia. Si bien la experiencia se desarrolló sobre los contenidos del campo conceptual de la óptica física, la misma puede replicarse con otros contenidos y tomando como eje las actividades experimentales de laboratorio, por cuanto estas constituyen un aliado indispensable para propiciar la conceptualización en física y motivar a los estudiantes en sus aprendizajes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SIIP de la Universidad Nacional de Cuyo por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo mediante el subsidio correspondiente al proyecto de investigación SIIP- 80020180100380UN. Además, a los proyectos UBA PDE_25 y ANII FSED_2_2020_1_163647.

REFERENCIAS

Arguedas Matarrita, C. y Concari, S. (2016). Laboratorios remotos para la enseñanza de la física: características tecnológicas y pedagógicas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(extra), pp.235-243.

Bravo, S. y Pesa, M. (2016) Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de Física. *Investigaciones em Ensino de Ciências*, 21(2), pp. 68-104. Recuperado de <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n2p68>.

Dionofrio, J., Moya, C. N., López, F., Maeyoshimoto, J., Lorenzo, G., & Idoyaga, I. (2021). Laboratorios remotos en la educación en física: la percepción de los estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33(3), 249-255. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35570>

Idoyaga, I.; Vargas Badilla, M.; Moya, C.; Montero Miranda, M. & Garro Mora, A. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo universitario. Revista de educación superior*, 1(2), pp. 4-26.

Lorandi Medina, P., Hermida Sab, G., Hernández Silva, J. Ladrón de Guervara Durán, E. (2011). Los Laboratorios Virtuales y los Laboratorios remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, pp. 24-30.

Lorenzo, M. (2020). Revisando los trabajos prácticos experimentales en la enseñanza universitaria. *Aula Universitaria*, (21), e0004. <https://doi.org/10.14409/au.2020.21.e0004>

Núñez, C., De Castro, C., Del Pozo, A., Mendoza, C. y Pastor, C. (2010). Inicio de una investigación de diseño sobre el desarrollo de competencias numéricas con niños de 4 años. En M. Moreno, A. Estrada, J. Carrillo y T. A. Sierra (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIV* (pp. 463-474). Lleida: SEIEM.

Romero, R. E., Rocha, A., & Tenaglia, M. (2019). Diseño de una actividad experimental de laboratorio remoto para Física II en Ingeniería. El aporte de las opiniones de los estudiantes. *Revista De Enseñanza De La Física*, 31, 629–638. Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26632>

Santiago-García, D. E., Del Río-Gamero, B. y Melián-Martelc, N. (2021). El Laboratorio Virtual como herramienta didáctica en las enseñanzas de Ingeniería. Adaptación a la covid-19. En IN-RED 2021: VII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red. Editorial Universitat Politècnica de València. 941-949. <http://dx.doi.org/10.4995/INRED2021.2021.13709>

Velasco, J. y Buteler, L. (2017). Simulaciones computacionales en la enseñanza de la física: una revisión crítica de los últimos años. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), pp. 161-178. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/64323>.

Vargas, J.; Cuero, J. y Torres, C. (2020). Laboratorios Remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos del covid-19: Caso de Estudio en Ingeniería de Control. *Revista Espacios*, 41(42), pp.188-198. DOI: 10.48082/espacios-a20v41n42p16