

Empleo de recursos virtuales para la enseñanza de circuitos eléctricos en ciclo básico de Ingeniería: un estudio comparativo

Use of virtual resources for teaching electrical circuits in elemental courses of Engineering careers: A comparative study

Graciela M. Serrano^{1*}, Carlos Martínez¹, Silvia Clavijo¹

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

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

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

Resumen

En este trabajo se informan los resultados de la investigación derivada de la implementación, en contexto de pandemia por COVID-19, de una experiencia de aula utilizando recursos virtuales. Estudiantes de segundo año de Ingeniería de una universidad pública argentina, al cursar el tema circuitos eléctricos de corriente continua, realizaron tareas de diagnóstico, laboratorio y tareas post laboratorio. Con una metodología cuasi experimental, los estudiantes del curso se dividieron en dos grupos de manera aleatoria y, mientras el grupo experimental desarrolló una experiencia con el laboratorio remoto VISIR, el grupo control la realizó con el laboratorio virtual FALSTAD. Las notas asignadas a las tareas se trataron estadísticamente y permiten informar las comparaciones entre los rendimientos de los estudiantes de cada grupo, antes y después de realizar la experiencia de laboratorio con recursos virtuales, y entre grupos después de realizar el laboratorio remoto o el laboratorio virtual. Los resultados obtenidos muestran que no existe diferencia significativa entre los rendimientos de los estudiantes de los dos grupos bajo estudio, y permiten valorar las experiencias de laboratorio desarrolladas con recursos virtuales y su uso en condiciones de no presencialidad en las aulas, en cuanto a su potencialidad para favorecer aprendizajes significativos.

Palabras clave: Laboratorio remoto; Laboratorio virtual; Circuitos eléctricos; Aprendizaje de la Física; Enseñanza no presencial.

Abstract

This work reports the results of the research derived from the implementation, in the context of the COVID-19 pandemic, of a classroom experience using virtual resources. Second-year engineering students from an Argentine public university, carried out diagnostic, laboratory and post-laboratory tasks on DC electrical circuits. With a quasi-experimental methodology, the students of the course were divided into two groups randomly, and while the experimental group developed an experience with the VISIR remote laboratory, the control group carried it out with the FALSTAD virtual laboratory. The grades assigned to the tasks were statistically treated and allow reporting the comparisons between the performance of the students in each group, before and after performing the laboratory experience with virtual resources, and between groups after performing the remote laboratory or virtual laboratory. The results obtained show that there is no significant difference between the performance of the students in the two groups under study, and allow assessing the laboratory experiences developed with virtual resources and their use in non-presence conditions, in terms of their potential to promote meaningful learning.

Keywords: Remote Laboratory; Virtual Laboratory; Electrical Circuits; Physics learning; E-learning.

www.revistas.uncu.edu.ar/index.php/revistaEF

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo experimental es fundamental para el aprendizaje de la física en todas las carreras universitarias, y en particular en carreras de ingeniería pues permite a los estudiantes apropiarse de habilidades fundamentales para su futuro desempeño profesional. Entre esas habilidades se encuentran: el manejo de equipamiento, la toma de datos, la estimación de errores, el registro, tratamiento y análisis de datos, además del trabajo colaborativo (Romero, Stoessel y Rocha, 2020).

En la situación de pandemia mundial por COVID 19 la experimentación en las clases de ciencias no se podía dejar de lado, y los docentes han debido seleccionar herramientas que permitieran acercar a los estudiantes la experimentación a través de recursos online, para continuar con la enseñanza buscando desarrollar aprendizajes. Así, los laboratorios remotos y laboratorios virtuales han permitido cubrir aquellos espacios que, tradicionalmente, ocuparon los laboratorios reales, caracterizados durante décadas como el único escenario de experimentación (Rosado y Herreros, 2005).

Los laboratorios virtuales (LV) consisten en una simulación que muestra en la pantalla de la computadora, con diferentes lenguajes (gráficos, imágenes, incluso instrumentos), los resultados de la modelización de un fenómeno físico. Algunos LV han sido evaluados de manera positiva para acompañar el aprendizaje universitario de diferentes temas de electromagnetismo de los cuales no se dispone de laboratorio real (o convencional) o como complemento del mismo (Velazco y Buteler, 2017, Serrano *et al.*, 2018; Rosado y Herreros, 2005; Lucero *et al.*, 2000).

Los laboratorios remotos (LR) permiten la experimentación real utilizando una computadora con conexión a Internet (Arguedas y Concari, 2018). Los LR pueden considerarse como una evolución de los LV (Lorandi *et al.*, 2011) pues no significa realizar una simulación de un fenómeno (como es el caso del LV) sino que son herramientas tecnológicas que configuran prácticas reales que no requieren desplazamiento del estudiante (o el científico) al lugar donde está emplazado el equipamiento, y le permiten realizar actividades como las de un laboratorio convencional, en la mayoría de los casos sin requerir de la sincronía entre docentes, estudiantes, personal de laboratorio, etc.. Diferentes investigadores, (Lerro y Marchisio, 2016; Herrero-Villarreal *et al.* 2020; Marchisio *et al.*, 2014, Arriasecq y Santos, 2017) han estudiado aspectos vinculados a la enseñanza universitaria de la física empleando estos recursos virtuales, resaltando sus potencialidades en la promoción de aprendizajes.

Entre los laboratorios virtuales de acceso libre disponibles para la enseñanza de circuitos eléctricos se encuentra Falstad: un applet Java que permite simular diferentes circuitos eléctricos de corriente continua y corriente alterna, e interactuar de manera sencilla e intuitiva.

Entre los laboratorios remotos disponibles para la enseñanza de circuitos eléctricos en diferentes niveles educativos se encuentra el laboratorio *Virtual Instrument Systems in Reality* (VISIR) que permite realizar experimentos con circuitos eléctricos. Como en un laboratorio real cualquiera, el estudiante no dispone de un número ilimitado de recursos, sino que estos son restringidos y sobre ellos puede operar (García-Zubía *et al.* 2014). Además, a diferencia de los LV, en los laboratorios remotos hay diferentes fuentes de error, las cuales pueden y deben analizarse.

En este trabajo se presenta la investigación desarrollada durante el segundo semestre de 2020, con estudiantes que cursaron Física II de manera virtual. La experiencia didáctica consistió en la realización de una prueba diagnóstica o pretest, la realización del laboratorio remoto VISIR por parte del grupo experimental y del laboratorio virtual FALSTAD por parte del grupo control, y posteriormente un postest. Los estudiantes completaron al finalizar el cursado una encuesta destinada a valorar sus experiencias de laboratorio en condiciones de aislamiento.

II. LA EXPERIENCIA

La experiencia didáctica que se informa en este trabajo es parte de un proyecto de investigación que busca evidencias de la potencialidad de los laboratorios remotos (LR) y los laboratorios virtuales (LV) para promover aprendizajes significativos de electricidad y magnetismo en asignaturas del ciclo básico de carreras de ingeniería.

Los 98 estudiantes que iniciaron la experiencia cursaron segundo año de ingeniería mecánica, ingeniería en industrias de la alimentación e ingeniería química en una universidad nacional pública argentina de gestión estatal, cursado totalmente virtual debido a la pandemia por COVID 19. Este cursado virtual se realizó en forma sincrónica, utilizando los recursos de video conferencias de *Google meet* para las clases de teoría y práctica de resolución de ejercicios, y se complementó con aplicaciones en *Moodle*.

Después de la presentación teórica del tema circuitos eléctricos los estudiantes realizaron en forma sincrónica un cuestionario *Moodle* (al que llamaremos “pretest”). Luego, durante las clases de práctica tradicional resolvieron, con los docentes, ejercicios a modo de aplicación de los contenidos básicos de circuitos eléctricos, asociación de resistencias, instrumentos y formas de conexión.

Posteriormente el conjunto de estudiantes se dividió en grupo experimental y grupo de control de manera aleatoria, en un muestreo sin reposición. El grupo experimental realizó una experiencia de laboratorio remoto VISIR en forma grupal (en total se conformaron 15 subgrupos) mientras que el grupo control realizó una experiencia de laboratorio virtual FALSTAD (los estudiantes se organizaron en 14 subgrupos). Estos subgrupos también se asignaron de manera aleatoria.

Además de las explicaciones correspondientes al uso del LR y del LV, se suministró un video especial de uso del VISIR, considerando que VISIR constituyó el primer acercamiento de los estudiantes a experiencias de laboratorio remoto, mientras que el grupo ya tenía experiencia de trabajo en la cátedra con otros LV.

La secuencia didáctica de la experiencia de laboratorio VISIR y FALSTAD inició y finalizó con un cuestionario de repaso de conceptos y sus relaciones, las tareas a realizar y los resultados que esperaban lograr, buscando poner a los estudiantes en el tema bajo estudio y hacerlos reflexionar sobre lo que saben o lo que aprendieron. Las tareas diseñadas para realizar en el laboratorio remoto (esencialmente diseño y construcción de circuitos serie y paralelo con dos resistores y una batería, medición de variables eléctricas con los instrumentos adecuados) buscaron promover la modelación de circuitos varios, la predicción de resultados, el diseño experimental a partir de indicaciones particulares, la toma de datos, la contrastación con los resultados experimentales con los resultados teóricos y la elaboración de informes. En esta se puso especial énfasis en la explicación de los resultados obtenidos utilizando los modelos, relacionando de este modo la teoría y la práctica y favoreciendo la elaboración de argumentos científicos.

Los estudiantes construyeron circuitos serie, paralelo y mixtos de corriente continua, midieron valores de corriente y diferencia de potencial con los instrumentos adecuados, y compararon los resultados experimentales (con sus correspondientes errores) con los valores teóricos, brindando una afirmación respecto a la concordancia o no entre los resultados teóricos y los experimentales, y una explicación de la diferencia entre valores teóricos y experimentales. También se les solicitó proponer respuestas y luego contrastar experimentalmente, respecto al funcionamiento del circuito al modificar diferentes componentes.

Los informes fueron elaborados a partir de cinco preguntas, adaptadas de la V de Gowin, buscando de este modo la reflexión de los estudiantes respecto al objeto de estudio, los objetivos de la experiencia, los procedimientos efectuados, las conclusiones a las que arribaron y el reconocimiento del marco teórico. Los informes se presentaron mediante actividades por plataforma *Moodle*.

A las dos semanas de realizado el pretest, y luego de haber hecho la experiencia de laboratorio (laboratorio remoto o laboratorio virtual, según el grupo), todos los estudiantes completaron un nuevo cuestionario *Moodle* (postest). Este postest constaba de las mismas cuestiones que el pretest.

Para el tratamiento de los resultados del pretest y postest se seleccionó de los 98 participantes a aquellos estudiantes que completaron ambos cuestionarios (pretest –postest) y realizaron el laboratorio correspondiente. Así, el grupo control quedó conformado por 44 estudiantes, y el grupo experimental por 36, es decir solamente 80 estudiantes completaron la totalidad de las tareas.

Tanto el pretest, el postest y el diseño del laboratorio fueron elaborados a partir de informes de otros investigadores (Periago, Bohigas (2005)) y adaptados a las características del curso en el cual se iban a implementar. Los test y el laboratorio fueron validados internamente por el equipo de cátedra.

III. METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo una metodología cuasi experimental: la población se dividió de manera aleatoria en dos grupos, y cada grupo completó las mismas pruebas, pero desarrolló un laboratorio diferente. Las variables bajo estudio (notas logradas por los estudiantes en el pretest y postest) se sometieron a tratamientos estadísticos.

Puesto que el sistema de acreditación en la Facultad se basa en la calificación numérica obtenida, a las respuestas se le asignaron notas numéricas y estas se consideraron cuantitativamente como variable categórica, indicadora indirecta de los aprendizajes logrados. Esta calificación numérica se empleó tanto en el pretest como en el postest. La puntuación máxima lograda es 42 puntos y la mínima 0.

Las variables cuantitativas discretas conforman cuatro grupos de datos: pretest grupo experimental, postest grupo experimental, pretest grupo control y postest grupo control.

Se asume que los datos del grupo experimental son independientes de los del grupo control, por haberse formado los grupos por muestreo estadístico no intencional sin reposición.

Los datos se sometieron a dos estudios estadísticos: Entre los dos grupos se compararon las medias de los resultados del postest y del pretest para decidir si existe o no diferencia estadísticamente significativa en los rendimientos. Para cada grupo (experimental y de control), en un estudio de muestras pareadas, se estudió la variable diferencia entre el rendimiento de cada estudiante en pretest y postest para analizar posible evolución en las notas de cada estudiante luego de realizar la experiencia de laboratorio correspondiente.

A. El pretest

El pretest se diseñó de manera que permitiera conocer las percepciones de los estudiantes sobre los temas: resistores, baterías, asociación serie y paralelo, ley de Ohm y potencia e instrumentos de medición eléctrica (voltímetro y amperímetro), luego de la clase teórica. Consistió en tareas que los llevaran a representar conexiones, diferenciar características de las asociaciones serie y paralelo con dos resistores y una batería, caracterizar el brillo de una lamparita en función de su conexión en el circuito y proponer formas de conexión en un circuito formado por varias lamparitas e interruptores, para lograr un objetivo particular. También se solicitó reconocer instrumentos de medición eléctrica (voltímetros y amperímetros), a partir de la forma de conexión.

B. Laboratorio remoto VISIR

El laboratorio VISIR permite realizar experimentos con circuitos eléctricos por parte de usuarios de diferentes niveles de la educación: educación secundaria y universitaria. Este laboratorio ha sido valorado positivamente (4.06 puntos en una escala de 0 mínimo a 5 máximo) en cuanto a su capacidad de uso por parte de estudiantes en España (Gómez *et al.* 2016). VISIR ofrece al usuario diversos recursos: *protoboard* para realizar conexiones de circuitos, multímetro para realizar mediciones de diferentes magnitudes eléctricas, fuente de alimentación continua, generador de funciones y osciloscopio. El laboratorio tiene la ventaja de poder usarse de manera simultánea por el profesor y los estudiantes, y para acceder al mismo desde <https://labs.land/unedcr/register/> sólo se solicita matricularse. Es un laboratorio de acceso libre con el que se puede operar en tiempo real. La imagen siguiente muestra una conexión de resistencia, instrumento de medida y batería (figura 1).

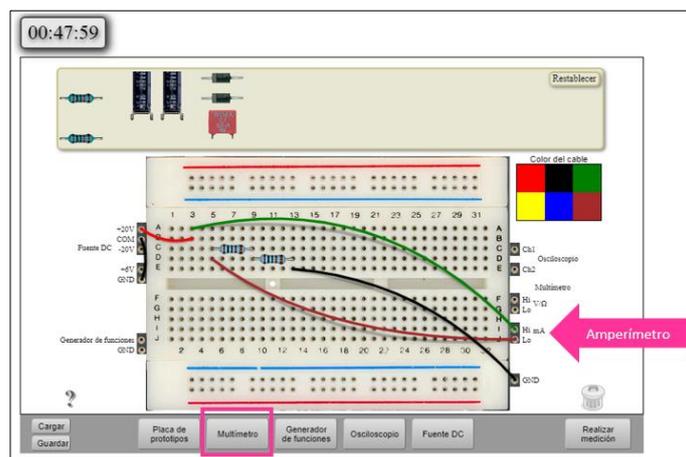


FIGURA 1. Pantalla en computadora mostrando conexiones al usar VISIR.

Como señalan Conejo-Villalobos *et al.* (2019) en su valoración del laboratorio VISIR, entre las limitaciones a su uso está la necesidad de tener un importante manejo previo del recurso y conocimientos teóricos antes de poder usarlo de manera efectiva en las clases. En tal sentido, si bien el recurso puede utilizarse por grupos de diferentes niveles de escolaridad, el conocimiento o la práctica de uso previo de las *protoboard* agiliza la comprensión y puesta en funcionamiento de los laboratorios diseñados con VISIR.

Para que los estudiantes accedieran de manera más sencilla al laboratorio remoto, los docentes de la cátedra elaboraron un video explicativo. Este video se entregó para que los estudiantes tuvieran el paso a paso del ingreso y las formas de hacer conexiones, para poder abordar la práctica experimental. Los estudiantes no tenían experiencia previa con circuitos eléctricos, ya sea en el uso de *protoboard*, conexiones de elementos del circuito, multímetros y con el video se intentaba acompañar el desarrollo de la experiencia de laboratorio remoto, principalmente en los aspectos relacionados a las conexiones serie y paralelo, la conexión de baterías y el uso del multímetro, pues el tema de las conexiones había resultado confuso en una implementación previa del VISIR (2019).

C. Laboratorio Virtual FALSTAD

Falstad es un simulador de circuitos electrónicos accesible vía Internet y de libre distribución (en español: http://www.falstad.com/circuit_es/). Sencillo e intuitivo, su principal característica es que ya tiene precargados varios ejemplos de circuitos. Al ingresar se observa un circuito RLC (figura 2) que puede ser modificado o se puede construir

uno nuevo. Se pueden agregar a un nuevo circuito o adicionar a uno de los circuitos ya existentes los siguientes elementos: cables, resistencias, condensadores (valor ajustable), inductores, transistores, lámparas, led, instrumentos de medición (voltímetros, amperímetro), fusibles, interruptor, fuentes de tensión y sondas de osciloscopio. También permite modificar la velocidad de simulación.

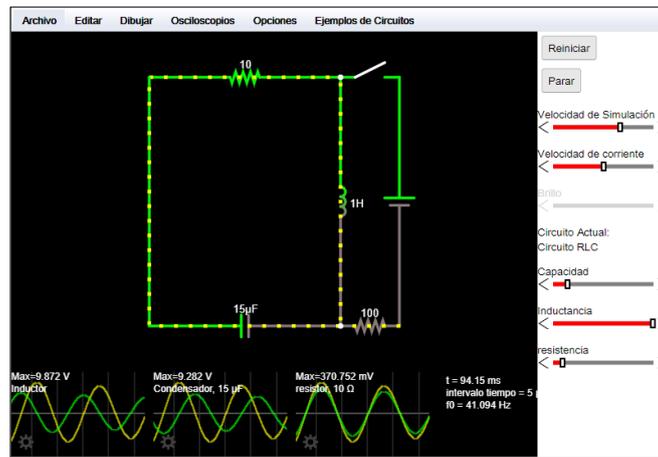


FIGURA 2. Pantalla de inicio de FALSTAD (<http://tinyurl.com/ya4bnpsz>)

D. El postest

Tanto los estudiantes del grupo experimental como los del grupo control respondieron el postest en horario y día preestablecido, dos semanas después de haber realizado el pretest (sin haber tenido devolución del mismo) y la experiencia de laboratorio. El postest se presentó mediante un cuestionario por plataforma *Moodle*, con las mismas cuestiones que en el pretest, en tareas que buscaban poner en acción los significados del tema, hacer explícitas ideas previas y posibles relaciones entre conceptos, y determinar posibles reestructuraciones del conocimiento del tema luego del desarrollo de la experiencia de LR por parte del grupo experimental y del LV por parte del grupo control.

E. Encuesta de valoración de recursos virtuales

Al finalizar el cursado los 80 estudiantes que realizaron la totalidad de las actividades diseñadas para esta investigación (pretest-laboratorio-postest) completaron una encuesta auto suministrada por *Google Forms*, de valoración del uso de los recursos virtuales: laboratorio remoto y laboratorio virtual, en la instancia de aprendizaje en condiciones de aislamiento social, preventivo y obligatorio (ASPO) indicado por el gobierno nacional argentino durante el año 2020. Con las preguntas se buscó recabar información de las experiencias de los estudiantes relativas a ventajas de su empleo en física relativas a las posibilidades para favorecer aprendizajes y acercamiento a fenómenos bajo estudio, realización de experiencias de laboratorio en condiciones de no presencialidad, dificultades en el uso de los recursos virtuales, y también conocer las opiniones personales sobre esta modalidad de laboratorio no presencial.

III. RESULTADOS

Las notas de los pretest y los postest de ambos grupos se trataron estadísticamente, utilizando el software de acceso libre *R-Project*.

El tratamiento estadístico de las notas (variables), consistió en análisis de normalidad, obtención de estadísticos muestrales, comparación de varianzas, comparación de medias y estudio de la variable diferencia para muestras pareadas. También se realizó un análisis de asociación entre las variables resultados del postest y del pretest, para cada uno de los grupos-experimental y control-, buscando decidir si es positiva o negativa y qué tan fuerte es.

A continuación, se presentan los resultados anteriores, organizados en tablas:

TABLA I. Comparación de rendimientos pretest y postest en cada grupo.

	<i>Grupo experimental</i>	<i>Grupo control</i>
Variable diferencia D=nota postest-nota pretest (Muestras pareadas)	La variable diferencia no sigue normalidad (p= 0.03619) Asumiendo el error de partida (se debió hacer un test no paramétrico), se hace test paramétrico con muestras pareadas (p=0.2613)(*) Media de las diferencias=0.888889	La variable diferencia sigue distribución normal (p=0.3673) Se realiza test de muestras pareadas, (p=0.06755) Media de las diferencias=1.545455
Comparación de medias	Comparación de varianzas: Test de Fisher (p=0.05724) Test t-Student con varianzas iguales, p=0.4296	Comparación de varianzas: Test de Fisher (p=0.5776) Test t-Student con varianzas iguales, p=0.2613
Correlación entre respuestas postest y pretest	Prueba de Spearman r=0.593583	Prueba de Spearman r=0.491836
Comparación de medias en postest	Comparación de varianzas (p=0,9078) Test t-Student con varianzas iguales (p=0,2121) (*)	

(*) Una de las variables no sigue distribución normal.

Nota: Nivel de significancia 0,05

En las encuestas de opiniones de los estudiantes, en la categoría relativa al interés despertado por el LR y el LV, el 46% valoró positivamente la experimentación con equipos reales que permite el LR, mientras que el 28% resaltó la capacidad de los LV frente a los LR para entender los fundamentos teóricos de los experimentos. Un porcentaje menor al 10% destacó, para ambos tipos de laboratorios, la accesibilidad a equipamientos no disponibles en la facultad.

En el aspecto relacionado a las dificultades al operar con LR y con LV, más de la mitad de los estudiantes no encontró dificultad al operar con LV, frente a un 12% que no encontró dificultad con el LR. Un 40% de alumnos reconoció como inconveniente la demora en poder iniciar el experimento remoto, y obviamente no hay demora al realizar experimento virtual por su característica de simulación. El 29% del estudiantado tuvo dificultades para interpretar el funcionamiento del experimento remoto, y un 21% mencionó la misma dificultad con el LV.

IV. ANÁLISIS

Los resultados estadísticos en el estudio de comparación de medias (tabla I) para estos dos grupos, reflejan que no hay diferencia estadística en los rendimientos promedios entre los estudiantes que realizaron el laboratorio remoto respecto de aquellos que hicieron el laboratorio virtual. Tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los rendimientos promedios en el pretest y el postest en cada grupo, en el estudio de muestras pareadas (variable D, tabla I). Estos resultados indicarían que ambos recursos virtuales, laboratorio remoto y laboratorio virtual, promueven rendimientos estadísticamente semejantes. Aunque diferentes autores han señalado las potencialidades de los laboratorios remotos para promover aprendizajes (García-Zubía *et al.*, 2014; Marchisio *et al.* 2014, Viegas *et al.* 2018), ha de tenerse en cuenta que en las investigaciones informadas los estudiantes de grupos control no realizaban laboratorio virtual. Desde este resultado estadístico podemos interpretar que el laboratorio virtual posee una potencialidad comparable al laboratorio remoto para promover aprendizajes.

Si bien estadísticamente no hay diferencia significativa entre los rendimientos en los test de los estudiantes del grupo experimental, si se encuentra una correlación moderada positiva (0.59) entre las notas del postest y del pretest, aspecto que evidenciaría una evolución en la comprensión de los conceptos bajo estudio que podría deberse a la realización de la experiencia de laboratorio remoto, por cuanto esta correlación también es positiva pero menor en los estudiantes del grupo control que realizaron el laboratorio virtual (0.49).

Para complementar este análisis cuantitativo, debemos considerar que el trabajo en laboratorio remoto requiere, en general, un alto grado de involucramiento de los estudiantes en la realización de la actividad por cuanto debe montar un dispositivo real para cumplir con determinados fines, lo que significa que el estudiante debe reconocer no solamente los conceptos teóricos involucrados en el experimento a realizar, sino de qué manera se realizan las conexiones, se toman las medidas y se registran e interpretan datos. En particular, el manejo del laboratorio remoto VISIR no es intuitivo ni sencillo: desde el inicio de la experiencia los estudiantes deben familiarizarse con un recurso nuevo que es la *protoboard*, y posteriormente poder realizar las actividades de construcción de circuitos y toma de medidas. El estudiante se encuentra ante un circuito real, no ante un esquema representativo del mismo. Por otra parte, como

mencionan Viegas *et al.* (2018) este tipo de recurso resulta más valioso para los estudiantes más motivados, sea por el desafío de nuevas experiencias de aprendizaje, por la cercanía al ámbito profesional, por dificultades para entender el tema o por otros motivos intrínsecos o grupales.

También el laboratorio virtual requiere de la adaptación del estudiante a la presentación de la información derivada del experimento, pero la misma está presentada en un formato pictórico simplificado, el cual resulta más cercano a la forma de representar los dispositivos (circuitos eléctricos, instrumentos, conexiones) dados en teoría y presentados en la bibliografía. Este aspecto es destacado en las encuestas, en las que la mitad de los estudiantes declaró no haber encontrado dificultades en el uso del LV.

Ambos tipos de laboratorio favorecen el desarrollo de hábitos de trabajo colaborativo, aspectos esenciales para la promoción de aprendizajes significativos (Arriaseq y Santos, 2017).

Las encuestas evidenciarían que los LR suscitan mayor interés en los estudiantes por su cercanía a la operación con equipos reales, sin embargo, los LV son reconocidos con una superior capacidad para permitir la comprensión de los fundamentos teóricos de los experimentos. Este aspecto puede vincularse con la dificultad señalada por los estudiantes para comprender el uso del equipo de LR: comprender el funcionamiento del equipo les resta tiempo para entender los fenómenos en proceso y el marco teórico conceptual que fundamenta la experiencia.

Los LV son valorados más positivamente que los LR en la disponibilidad de uso, aspecto que está en concordancia con la dificultad manifestada por la demora para acceder al LR.

Aproximadamente la cuarta parte de los estudiantes reconocen dificultades para comprender el funcionamiento tanto del LR como del LV. Este aspecto puede deberse a la falta de entrenamiento en el manejo de dispositivos como los presentados en el LR por contraposición a la experiencia previa en el uso de algunos laboratorios virtuales, que les ha permitido a los alumnos reconocer la lógica de obtención de información de los mismos.

En concordancia con informes de otros investigadores (Herrero-Villareal *et al.*, 2020; Marchisio *et al.*, 2014) los alumnos valoran en ambos tipos de laboratorios gestionados por medios virtuales la posibilidad de repetir el experimento, y de acceder en diferentes horarios. Este aspecto es muy positivo pues favorece el desarrollo de estrategias vinculadas al trabajo autónomo.

Gran parte de los estudiantes resaltaron la simplicidad de los LV y la posibilidad de visualizar situaciones que no son intuitivas ni observables de manera directa en la vida cotidiana, en tanto que respecto a los LR un aspecto resaltado fue la posibilidad de acceder a equipos reales que se encontraban en otro lugar del mundo. Este último aspecto es importante por cuanto presenta al estudiante una visión de cómo puede hacerse ciencia sin necesidad de tener un equipamiento real disponible.

V. CONCLUSIONES

Tanto los laboratorios remotos como los laboratorios virtuales resultan herramientas esenciales para acompañar los aprendizajes de los estudiantes de física. Permiten formas de experimentación a la que pueden acceder disponiendo de un dispositivo como computadora, tableta, *notebook* o celular y una adecuada conexión a Internet. Este tipo de trabajo resulta esencial en momentos de aislamiento y no asistencia a la universidad, como es la situación vivida en 2020 y la que se está desarrollando en 2021 consecuencia de la pandemia de COVID 19.

Este trabajo, desarrollado en condiciones de aislamiento en 2020, estaría evidenciando que el uso de laboratorios remoto o virtual no provoca diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento de los estudiantes, al comparar entre las respuestas dadas a un cuestionario antes y después de realizar la experiencia de laboratorio. No pareciera haber una incidencia diferente en los aprendizajes de los estudiantes por haber realizado el laboratorio remoto o el laboratorio virtual. Desde este resultado, ambos tipos de recursos se muestran como aliados poderosos para acompañar la enseñanza de la física, tanto en condiciones de aislamiento como la vivida, como en la presencialidad.

La experimentación en condiciones de virtualidad requirió, por parte de estudiantes, disponer de dispositivos y conexiones a Internet, y al no contar con la presencia del docente (no obstante las clases de consulta o los videos entregados) les exigió un mayor esfuerzo de comprensión de principios de funcionamiento del equipamiento e interpretación de datos. Este ejercicio extra consideramos que favoreció el trabajo en grupo para la búsqueda de soluciones, aspecto esencial en la formación del futuro ingeniero. Los estudiantes valoraron positivamente esta posibilidad de poder operar con los equipos tantas veces como fuera necesario, permitiendo el acercamiento a la forma de operación con dispositivos reales, en el LR, o simulados como en el LV.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la SIIP de la UNCUIYO por el apoyo otorgado al proyecto de investigación 06/L156.

Se agradece a la UNED de Costa Rica por facilitar el acceso al laboratorio remoto VISIR.

REFERENCIAS

- Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. B. (2018). Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 702-720.
- Arriasecq, I. y Santos, G. (2017). Nuevas tecnologías de la información como facilitadoras de aprendizaje significativo. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12), e030. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.24215/23468866e030>
- Conejo-Villalobos, M., Arguedas-Matarrita, C. y Concari, S. (2019). Difundiendo el uso de laboratorios remotos para la enseñanza de la Física: Talleres con docentes y estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(Extra), 205-213
- García-Zubía, J., Romero, S., Guenaga, M., Hernández-Jayo, U., Angulo, I., Cuadors, J., González-Sabaté, L., Orduña, P., Dziabenko, O., Rodríguez-Gil, L. (2014). Experiencia de uso y evaluación de VISIR en electrónica analógica. *XI Congreso TAEF*. Universidad de Deusto.
- Gómez, A., García Pérez, M. y Díaz Orueta, G. (2016). La Evaluación como instrumento de formación para el aprendizaje a través de los laboratorios remotos. *Revista de docencia universitaria*, 14(1), 377-403.
- Herrero-Villarreal, D., Arguedas Matarrita, C., Gutiérrez Soto, E. (2020). Laboratorios remotos: recursos educativos para la experimentación a distancia en tiempos de pandemia desde la percepción de estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(Extra).
- Lerro, F. y Marchisio, S. (2016). Preferences and Uses of a Remote Lab from the Students' Viewpoint. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 12, 53-58.
- Lorandi Medina, P., Hermida Sab, G., Hernández Silva, J. y Ladrón de Guevara Durán, E. (2011). Los laboratorios virtuales y los laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4, 24-30
- Lucero, I., Meza, S., Sampallo, G., Aguirre, M. y Concari, S. (2000). Laboratorio real y laboratorio virtual. *Memorias comunicaciones científicas y tecnológicas*. UNNE. Argentina.
- Marchisio, S., Concari, S., Lerro, F. y Kofman, H. (2014). Acerca de logros y dificultades: valorando desarrollos tecnológicos y experiencias educativas con laboratorios remotos en Argentina. *Diálogo entre culturas: estrategias didácticas y tecnologías educativas*. Pizarra digital. Madrid: UNED.
- Periago, M. C. y Bohigas, X. (2005). Persistencia de las ideas previas sobre potencial eléctrico, intensidad de corriente y ley de Ohm en los estudiantes de segundo curso de Ingeniería. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(2). Recuperado de: <http://redie.uabc.mx/vol7no2/contenido-periago.html>
- Romero, R., Stoessel, A. y Rocha, A. (2020). Un estudio de diseño sobre la implementación de laboratorios remotos en la enseñanza de la física universitaria: la observación del trabajo de los estudiantes. *Revista de Enseñanza de la Física*, 32(1), 77-91.
- Rosado, L. y Herreros, J. (2005). Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *International Conference on Multimedia and CT in Education*. Recuperado de: <https://observatori-tecedu.uned.ac.cr/media/286.pdf>
- Serrano, G., Catalán, L., Julián, F., Mauceri, D. (2018). Laboratorio Real y laboratorio virtual: valoración de los estudiantes. *Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas CLICAP*, 11-14 de abril, San Rafael, Argentina.
- 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), 161-178.
- Viegas, C., Pavani, A., Lima, N., Marques, A., Pozzo, I., Dobboletta, E., Atencia, V., Barreto, D., Callari, F., Fidalgo, A., Lima, D., Temporao, D., Alves, G. (2018). Impact of a remote lab on teaching practices and student learning. *Computer & Education*, 126, 201-216.