

La educación en Física es una rama de la Física que tiene una estrecha relación con diferentes disciplinas y modelos, los cuales ayudan a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Física en todos los niveles educativos. Además, en años recientes el modelo STEM se ha revelado como una de las mejores estructuras y estrategias para la enseñanza de las ciencias. Por consiguiente, la División de Enseñanza de la Sociedad Mexicana de Física promueve su implementación para el mejoramiento de la enseñanza de la física, esto mediante proyectos educativos y de investigación interdisciplinaria en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.



**César Eduardo Mora Ley** es profesor-investigador de tiempo completo en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (unidad Legaria) del Instituto Politécnico Nacional, donde en 2006 diseñó el Posgrado en Física Educativa. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel I) y miembro asociado de la Comisión Internacional de Educación en Física de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada.



**Carmen del Pilar Suárez Rodríguez** es doctora en Ciencias en Física Educativa y profesora-investigadora en la Coordinación Académica (región Huasteca Sur) de la UASLP. Es coordinadora del Teacher Fellowship y de Equipos Temáticos y experta en Educación STEM en la Red Interamericana de Organización Docente de la OEA. Es miembro del SNI (nivel I) y cuenta con perfil PRODEP.



**Julián Félix Valdez** es profesor-Investigador de tiempo completo del Departamento de Física de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí; colabora en el Cuerpo Académico "Espectroscopia de Hadrones y Física más Allá del Modelo Estándar"; es miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel II), y fundador y director del Laboratorio Internacional de Partículas Elementales, donde se desarrolla investigación en detectores de rayos cósmicos.



**COMUNICACIÓN  
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES  
ARBITRADAS  
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

WWW.COMUNICACION-CIENTIFICA.COM  
[https:// DOI.ORG/10.52501/CC.037](https://doi.org/10.52501/CC.037)



# LA ENSEÑANZA DE LA

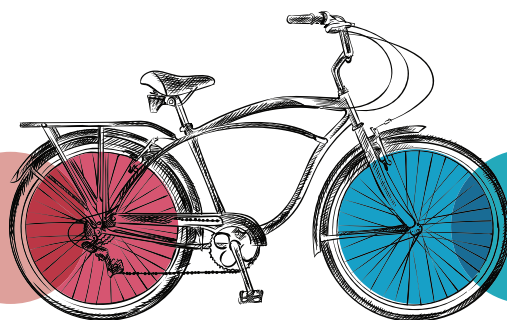
# FÍSICA

## Y EL MODELO

# STEM

**COMUNICACIÓN  
CIENTÍFICA**

César Eduardo Mora Ley  
Carmen del Pilar Suárez Rodríguez  
Julián Félix Valdez  
(coordinadores)



La enseñanza de la

# FÍSICA

y el modelo

# STEM



**COMUNICACIÓN**  
**CIENTÍFICA** PUBLICACIONES  
ARBITRADAS  
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS

CÉSAR EDUARDO MORA LEY  
CARMEN DEL PILAR SUÁREZ RODRÍGUEZ  
JULIÁN FÉLIX VALDEZ  
(COORDINADORES)

# La enseñanza de la física y el modelo STEM

CÉSAR EDUARDO MORA LEY  
CARMEN DEL PILAR SUÁREZ RODRÍGUEZ  
JULIÁN FÉLIX VALDEZ  
(COORDINADORES)



**COMUNICACIÓN  
CIENTÍFICA**

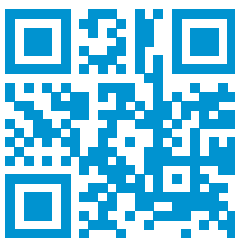


**COMUNICACIÓN  
CIENTÍFICA** PUBLICACIONES  
ARBITRADAS  
HUMANIDADES, SOCIALES Y CIENCIAS



**COLECCIÓN  
CONOCIMIENTO**

Cada libro de la Colección Conocimiento es evaluado para su publicación mediante el sistema de dictaminación doble ciego externo por especialistas en la materia. Lo invitamos a ver el proceso de dictaminación de este libro transparentado, así su consulta en acceso abierto en



[DOI.ORG/10.52501/cc.037](https://doi.org/10.52501/cc.037)

[www.comunicacion-cientifica.com](http://www.comunicacion-cientifica.com)

Ediciones Comunicación Científica se especializa en la publicación de conocimiento científico en español e inglés en soporte de libro impreso y digital en las áreas de humanidades, ciencias sociales y ciencias exactas. Guía su criterio de publicación cumpliendo con las prácticas internacionales: dictaminación de pares ciegos externos, comités y ética editorial, acceso abierto, medición del impacto de la publicación, difusión, distribución impresa y digital, transparencia editorial e indexación internacional

# La enseñanza de la física y el modelo STEM

CÉSAR EDUARDO MORA LEY  
CARMEN DEL PILAR SUÁREZ RODRÍGUEZ  
JULIÁN FÉLIX VALDEZ  
(COORDINADORES)



**COMUNICACIÓN  
CIENTÍFICA**

D. R. César Eduardo Mora Ley, Carmen del Pilar Suárez Rodríguez, Julián Félix Valdez  
(coordinadores)

Primera edición en Ediciones Comunicación Científica, 2022  
Diseño de portada: Francisco Zeledón • Interiores: Guillermo Huerta

Ediciones Comunicación Científica S.A. de C.V., 2022  
Av. Insurgentes Sur 1602, piso 4, suite 400,  
Crédito Constructor, Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, México,  
Tel. (52) 55 5696-6541 • móvil: (52) 55 4516 2170  
info@comunicacion-cientifica.com • infocomunicacioncientifica@gmail.com  
www.comunicacion-cientifica.com  comunicacioncientificapublicaciones  
 @ComunidadCient2

ISBN 978-607-99636-2-0  
DOI 10.52501/cc.037



Esta obra fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos externos, el proceso  
transparentado puede consultarse, así como el libro en Acceso Abierto en  
<https://doi.org/10.52501/cc.037>

# Índice

Agradecimientos. . . . .	11
Introducción . . . . .	14

## Primera Parte

### INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN FÍSICA

1. STEM y su impacto social, <i>Carmen del Pilar Suárez Rodríguez</i> . . . . .	19
2. Importancia de la metodología STEAM para fomentar vocaciones científicas, <i>Magdalena Waleska Aldana Segura, Julián Félix Valdez</i> . . . . .	29
3. Física STEAM en bachillerato, <i>Ramón Fernando Estrada Soto, César Eduardo Mora Ley</i> . . . . .	37
4. Uso de simuladores para enriquecer el aprendizaje funcional en los cursos de física de preparatoria, <i>Alba Margarita Picos Lee, César Eduardo Mora Ley</i> . . . . .	47
5. Análisis del efecto de la aplicación del aprendizaje basado en proyectos y del modelo STEAM en la elaboración de proyectos de aula mediante el principio de Pascal, <i>Eduardo Francisco Baidal Bustamante, César Eduardo Mora Ley, Manuel Sebastián Álvarez Alvarado</i> . . . . .	65

6. Diseñar medición de la gran diagonal de un prisma: Fomento a la creatividad en la educación, *Josip Slisko, Adrián Corona Cruz* . . . . . 79
7. Promoción de STEM a través de la física del sonido y las matemáticas de la música, *Marcelo Caplan*. . . . . 93
8. Enfoque STEM para un modelo cinemático de la traslación del huracán Pamela,  
*Alejandro González y Hernández José Roberto Ángeles Camacho* . . 111
9. Actividad experimental para el estudio de los conceptos básicos de los telescopios refractores, *Juan Carlos Ruiz Mendoza, César Eduardo Mora Ley* . . . . . 133
10. Metodologías de aprendizaje para enseñar el momento de torsión resultante, *Rubén Sánchez Sánchez, Elvia Rosa Ruiz Ledezma, César Eduardo Mora Ley, Carla Kerlegand Bañales* . . . 145
11. Estrés en profesores de física al impartir clases en línea por la pandemia de COVID-19, *Flavio Romo, César Eduardo Mora Ley* . 161
12. Laboratorios remotos: Nuevas perspectivas para su uso en la educación científica, *Ignacio Idoyaga, Nahuel Moya, Gabriel Medina, Eric Montero Miranda, Fiorella Lizano Sánchez, Carlos Arguedas Matarrita* . . . . . 177
13. Filosofía para niños y modelo STEAM, *Domingo Villamil Hernández, César Eduardo Mora Ley* . . . . . 191
14. Enseñanza de la física en educación primaria a través de la filosofía para niños, *Juan José del Carmen Cervantes, César Eduardo Mora Ley* . . . . . 207



## Segunda Parte

## DETECCIÓN DE RAYOS CÓSMICOS

15. Las técnicas de detección y estudio de rayos cósmicos,  
*Julián Félix Valdez* . . . . . 221
16. Planeación, diseño, construcción y desarrollo de un sistema experimental para caracterizar fotomultiplicadores tipo EMI 9954B, *Carlos Andrés Cervantes Vera, Luis Jorge Arceo Miquel, Julián Félix Valdez* . . . . . 243
17. Planeación, diseño y construcción de una minicámara multialámbrica de 5 cm × 5 cm,  
*Juan Becerra Zamudio, Julián Félix Valdez* . . . . . 253
18. Diseño y construcción de una cámara multialámbrica compacta para uso académico, médico e industrial,  
*Emmanuel Juda Rodríguez Nachez, Julián Félix Valdez* . . . . . 267
19. El método de coincidencias aplicado en un detector de rayos cósmicos de 32 canales, *Luis Jorge Arceo Miquel, Julián Félix Valdez* . . . . . 283
20. Minidetectors de rayos cósmicos a base de plásticos centelladores, *Omar Alejandro Lezama Gallegos, Julián Félix Valdez* . . . . . 301
21. Planeación, diseño y construcción de una pequeña cámara multialámbrica para docencia e investigación,  
*Juan Becerra Zamudio, Julián Félix Valdez*. . . . . 315

## Capítulo 12. Laboratorios remotos: Nuevas perspectivas para su uso en la educación científica

IGNACIO IDOYAGA<sup>1\*</sup>

NAHUEL MOYA<sup>2\*\*</sup>

GABRIEL MEDINA<sup>3\*\*\*</sup>

ERIC MONTERO MIRANDA<sup>4\*\*\*\*</sup>

IORELLA LIZANO SÁNCHEZ<sup>5\*\*\*\*\*</sup>

CARLOS ARGUEDAS MATARRITA<sup>6\*\*\*\*\*</sup>

### Resumen

La pandemia de COVID-19 ha impuesto desafíos a los sistemas educativos. En particular, la instauración de una enseñanza remota de emergencia interpelela la enseñanza de las ciencias naturales respecto a la realización de actividades experimentales. Estas actividades son centrales para el aprendizaje de procedimientos intelectuales y sensoriomotores propios del área. La necesidad de repensar la enseñanza de las ciencias en estos escenarios educativos ha devenido en el modelo de laboratorio extendido, el cual redefine al laboratorio como un híbrido experimental ubicuo, donde diferentes dispositivos, estrategias y recursos interactúan entre sí de forma sinérgica. Entre los diferentes elementos que se ponen en juego en el modelo están los laboratorios remotos (LR), que son una clara alternativa que permite el trabajo riguroso con la complejidad e incertidumbre del dato empí-

---

<sup>1</sup> \* Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, de la Universidad de Buenos Aires. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0661-915X>

<sup>2</sup> \*\* Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, de la Universidad de Buenos Aires. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2884-3806>

<sup>3</sup> \*\*\* Centro de Investigación y Apoyo a la Educación Científica, de la Universidad de Buenos Aires. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9928-6023>

<sup>4</sup> \*\*\*\* Laboratorio de Experimentación Remota, de la Universidad Estatal a Distancia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1180-5800>

<sup>5</sup> \*\*\*\*\* Laboratorio de Experimentación Remota, de la Universidad Estatal a Distancia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3360-042X>

<sup>6</sup> \*\*\*\*\* Laboratorio de Experimentación Remota, de la Universidad Estatal a Distancia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0939-4627>

rico, así como con la toma de decisiones por parte de los estudiantes y los aprendizajes de los procedimientos propios del quehacer científico. Los LR son recursos tecnológicos que integran *software* y *hardware* para configurar una experiencia real a la que se accede a distancia, a través de internet. Los LR pueden clasificarse en laboratorios remotos en tiempo real y laboratorios remotos diferidos. En los próximos años se avizora que estos sean incorporados masivamente en el ecosistema educativo, a fin de complementar las diversas actividades experimentales propuestas en el modelo del laboratorio extendido. El planteamiento de un modelo que permite la integración del componente experimental dentro de los procesos pedagógicos representa un paso hacia la mejora de la comprensión de conceptos y teorías por medio del trabajo experimental.

**Palabras clave:** *actividades experimentales, laboratorios remotos, educación a distancia, universidad.*

## Introducción

Un aspecto esencial para la educación en el contexto actual es la flexibilidad educacional, entendida como la posibilidad de reorganización de la educación en función de los diversos intereses o necesidades (Mill, 2014). La situación generada por la pandemia de COVID-19 puso a prueba esta flexibilidad y los sistemas educativos debieron implementar una serie de cambios para brindar una enseñanza remota de emergencia (ERE), para de esta forma garantizar la continuidad educativa. La ERE consiste en una propuesta educativa, alternativa y limitada en el tiempo, que surge en un contexto de crisis con el objetivo de garantizar la continuidad pedagógica (Hodges *et al.*, 2020). No obstante, se han vislumbrado diferentes dificultades para el despliegue de actividades de enseñanza remota, tales como cuestiones vinculadas con el acceso a internet por parte de los estudiantes, el uso de recursos o dispositivos tecnológicos, así como aspectos pedagógicos y didácticos de la educación mediada por tecnologías digitales (Pardo Kuklinski y Cobo, 2020; Sagol *et al.*, 2021). Asimismo, cada área disciplinar tuvo que afrontar desafíos propios y particulares, por ejemplo, las ciencias naturales, objeto de nuestro trabajo, se vieron especialmente interpeladas por la ne-

cesidad de sostener de manera remota las actividades experimentales (AE), dado que estas constituyen un elemento medular para la construcción de conocimiento en estas áreas (Franco Moreno, Velasco Vásquez y Riveros Toro, 2017).

## Las actividades experimentales

Las AE son acciones planificadas didácticamente por los profesores con el objetivo de generar condiciones que favorezcan el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes (Reverdito y Lorenzo, 2007). En particular, los procedimientos se dividen en dos grandes grupos (Lorenzo, 2020):

1. 1. Procedimientos intelectuales (PI) son aquellos orientados al reconocimiento de los objetos o fenómenos. Se dividen en dos tipos:
  - a) Procedimientos intelectuales de reconocimiento (PIR). Implican la identificación de un suceso u objeto, por ejemplo, las variables de estudio.
  - b) Procedimientos intelectuales de control (PIC). Se despliegan a la hora inspeccionar una acción y tomar medidas sobre alguna situación para ejercer cierto grado de control sobre ella, por ejemplo, la definición de valores de corte.
2. Procedimientos sensoriomotores (PS) son aquellos vinculados a una acción concreta y específica relacionada con la motricidad fina y tendiente a modificar el sistema. Al igual que los anteriores, se dividen en dos tipos:
  - a) Procedimientos sensoriomotores de acción (PSA). Comprenden habilidades motrices finas que se efectúan con el objetivo de modificar el sistema, por ejemplo, la manipulación de instrumental.
  - b) Procedimientos sensoriomotores de observación (PSO). Implican la especialización de los sentidos y permiten significar hechos como

datos de una observación, por ejemplo, reconocer el punto final en una valoración.

Durante la pandemia de COVID-19, y debido a las medidas sanitarias que implicaron el cierre de los establecimientos educativos, los profesores realizaron diferentes esfuerzos para sostener las AE de manera remota. Algunos estudios preliminares (Fox *et al.*, 2020; Gamage *et al.*, 2020; Moya *et al.*, 2021) evidencian que las AE llevadas a cabo durante la pandemia fueron predominantemente demostrativas. Sus objetivos de aprendizaje presentaban un bajo grado de especificidad según el nivel educativo y parecían coincidir con los objetivos generales de cualquier curso de ciencias. Más aún, en la mayoría de los casos relevados, los propósitos coincidían con los de prepandemia y buscaban ofrecer al estudiante una experiencia similar a la del laboratorio presencial. Si bien este tipo de actividades habrían ayudado a promover el desarrollo de PI, tendrían limitaciones para el desarrollo de las PSA. En suma, parecería que las diferentes acciones, estrategias y recursos desplegados habrían consistido, principalmente, en diversos intentos por replicar la experiencia presencial de las AE en los entornos virtuales, sin recurrir a ninguna otra adaptación por fuera de las requeridas por las mediaciones tecnológicas disponibles (Pardo Kuklinski y Cobo, 2020). Esto podría constituir una limitación importante a la hora diseñar propuestas de enseñanza con este tipo de actividades en posibles escenarios futuros de educación híbrida. Por eso, es necesario contar con modelos provenientes de la didáctica de las ciencias naturales que permitan repensar las AE en los nuevos contextos.

## El modelo del laboratorio extendido

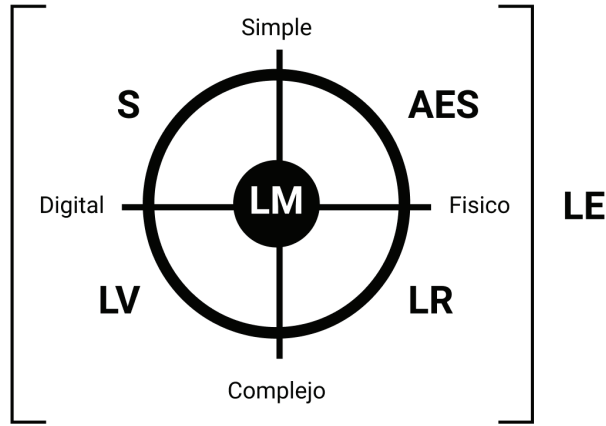
La necesidad de repensar las AE en escenarios educativos híbridos llevó a plantear el modelo de laboratorio extendido (LE), que redefine al laboratorio como un híbrido experimental ubicuo, donde diferentes dispositivos, estrategias y recursos (“laboratorios”) interactúan entre sí de forma sinérgica, en el marco de una secuencia de enseñanza y aprendizaje, para promover aprendizajes de contenidos conceptuales, procedimentales y actitu-

dinales (Idoyaga, 2020). En particular, y de forma no excluyente, el LE incluye los siguientes tipos de “laboratorios”:

1. Actividades experimentales simples (AES), que conforman el corazón de las propuestas de laboratorios caseros. Sus costos son muy bajos y pueden considerarse potencialmente ubicuos. Comparten características con las actividades realizadas en los laboratorios tradicionales. Promueven aprendizajes de todos los procedimientos, incluidos los sensoriomotores de acción.
2. Simulaciones (s), que son una representación simplificada de un hecho, objeto o proceso y permite intervenir sobre él. Pueden agruparse para potenciarlas dando lugar al laboratorio virtual (LV).
3. Laboratorios virtuales (LV), que pueden incluir representaciones de la incertidumbre empírica, pero no dejan de ser programa, por lo tanto, siempre debe vigilarse la identidad de la programación con los límites del modelo teórico. Estas alternativas permiten trabajar los procedimientos intelectuales de las AE e, incluso, podrían promover algunos procedimientos sensoriomotores vinculados al uso y lectura de cierto instrumental.
4. Laboratorios remotos (LR), los cuales son un conjunto de tecnologías *hardware* y *software* que permiten a estudiantes y profesores llevar adelante una AE de manera semejante a si se encontraran en el laboratorio tradicional.
5. Laboratorios móviles (LM), que se utilizan con el teléfono inteligente como recurso. Se puede utilizar como instrumento de medición (tiempo, aceleración, intensidad sonora, intensidad luminosa, etc.), como instrumento de registro (fotografías, filmaciones y grabaciones) y como instrumento de observación (lupa). Según el tipo de uso promoverán el aprendizaje de diversos tipos de procedimientos.

Los diferentes tipos de “laboratorio” mencionados arriba se diferencian en los procedimientos que promueven, en su pertenencia al mundo físico o no y en el nivel de complejidad en cuanto a la implementación de las AE. Entonces pueden integrarse en torno a dos ejes: físico-digital y simple-complejo, respectivamente. (véase figura 1).

Figura 1. *Modelo del laboratorio extendido (LE) de Idoyaga*



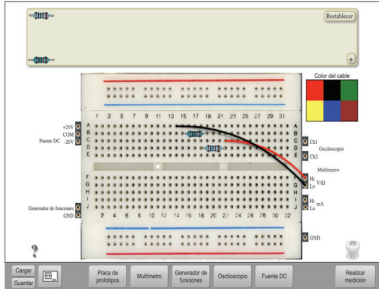
Notas: AES: actividades experimentales simples; LE: laboratorios remotos; LV: laboratorios virtuales; S: simulaciones; LM: laboratorios móviles.

Más allá de esta clasificación, en la cual se resaltan las principales potencialidades intrínsecas de cada uno de los “laboratorios” que conforman el LE, es importante destacar la necesidad de su uso en el marco de una secuencia didáctica. Es decir, no se trata de incluir distintos laboratorios en una misma propuesta, sino de proponer su uso de modo que cada actividad recupere algún aspecto de la práctica experimental a fin de lograr una sinergia que permita la aprehensión por parte de los estudiantes de los PI y PSA. Dentro del universo del LE, los LR son una clara alternativa que permite el trabajo riguroso con la complejidad e incertidumbre del dato empírico, la toma de decisiones por parte de los estudiantes y los aprendizajes de los procedimientos propios (PI y PS) del quehacer científico. En consecuencia, el siguiente apartado se centra en los LR.

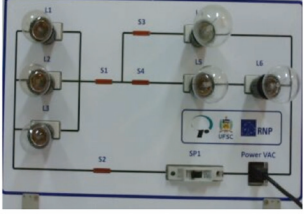
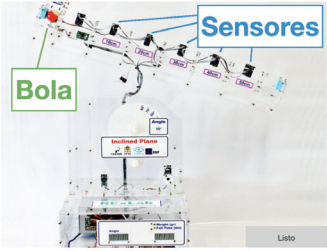
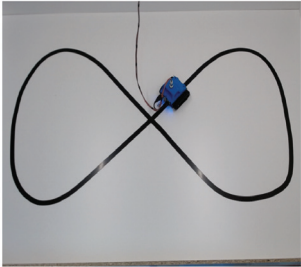
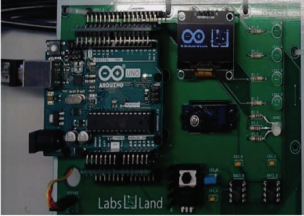
## Laboratorios remotos

Los LR son recursos tecnológicos que integran *software* y *hardware* para configurar una experiencia real a la que se accede a distancia a través de internet. Los LR pueden clasificarse en laboratorios remotos en tiempo real y laboratorios remotos diferidos. En un laboratorio remoto en tiempo real, la manipulación del instrumental, la observación y la experiencia real se dan de manera sincrónica. Este tipo de laboratorios están limitados a la cantidad de estudiantes que pueden usarlo al mismo tiempo e implican mayores costos de mantenimiento. Son frecuentes en la enseñanza de la física. En un laboratorio diferido, por otro lado, la actividad experimental es real pero el acceso a ella es diferido (Arguedas-Matarrita *et al.*, 2021). Estos laboratorios se basan en un conjunto de grabaciones y son alternativas potentes para la enseñanza de la química y la biología, áreas en las que el desarrollo de estos recursos es limitado. En las siguientes secciones se muestran algunos LR pertenecientes a la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica. Para el acceder a un LR las instituciones que cuentan con estos recursos pueden hacerlo por medio de sitios propios, pero en los últimos años la tendencia es acceder por medio de Sistemas de Gestión de Laboratorios Remotos (*RLMS* por sus siglas en inglés). En la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica el uso de los laboratorios propios se hace mediante dos RMLS (Arguedas-Matarrita *et al.*, 2020). En las tablas 1 y 2 se muestran los LR propios de la UNED.

Tabla 1. *Laboratorios Remotos en tiempo real de la UNED*

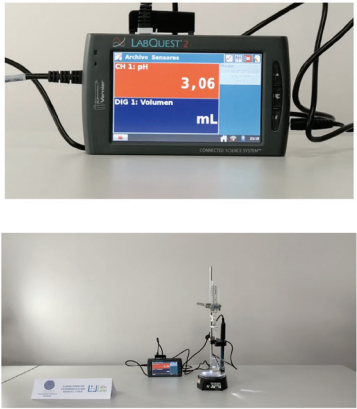


Laboratorio	Vista del laboratorio	Características
Virtual Instrument System In Reality (VISIR)		<p>Rige el funcionamiento de la electrónica analógica: asociación de resistencias, Ley de Ohm, Kirchhoff, transmisión de máxima potencia, caracterización de componentes, etc.</p> <p><b>Aplicación:</b> física (circuitos, electrónica)  <b>RMLS:</b> LabsLand  <b>Concurrencia:</b> 240 usuarios.</p>



<p>Panel eléctrico</p>		<p>Estudia cómo funciona la corriente alterna (CA) y experimenta con varias bombillas conectadas en serie o paralelo.</p> <p><b>Aplicación:</b> Física  <b>RMLS:</b> RExLab  <b>Concurrencia:</b> 1 usuario</p>
<p>Plano inclinado</p>		<p>Aplicable a la segunda ley de Newton en un sistema que permite observar y analizar el comportamiento de una bola que se mueve a lo largo de un plano inclinado o en una caída libre.</p> <p><b>Aplicación:</b> Física (cinemática)  <b>RMLS:</b> RExLab  <b>Concurrencia:</b> un usuario</p>
<p>Robot Arduino</p>		<p>Permite desarrollar múltiples experimentos con un robot móvil real.</p> <p><b>Aplicación:</b> robótica  <b>RMLS:</b> LabsLand  <b>Concurrencia:</b> un usuario</p>
<p>Arduino Board</p>		<p>Permite programar una placa Arduino real.</p> <p><b>Aplicación:</b> robótica  <b>RMLS:</b> LabsLand  <b>Concurrencia:</b> un usuario</p>

En los laboratorios en tiempo real la concurrencia es muy limitada, para solventar este problema se buscó tener múltiples copias de los diferentes LR en distintas partes del mundo y de esta forma aumentar el uso simultáneo de un mismo laboratorio.

Tabla 2. *Laboratorios Diferidos de la UNED*

Laboratorio	Vista del Laboratorio	Características
<p>Valoración ácido-base</p>		<p>Permite agregar volúmenes de titulante alcalino a una muestra incógnita de un ácido, suponiendo la técnica volumétrica más utilizada en química.</p> <p><b>Aplicación:</b> química <b>RMLS:</b> LabsLand</p>
<p>Ley de Boyle</p>		<p>Permite comprobar que, para una cantidad determinada de gas, la presión es inversamente proporcional al volumen.</p> <p><b>Aplicación:</b> química y física <b>RMLS:</b> LabsLand</p>
<p>Acidez intercambiable del suelo</p>	 <p style="text-align: center;">Vista principal</p>	<p>Permite agregar volúmenes de titulante alcalino a una muestra de suelo para estimar la acidez de este.</p> <p><b>Aplicación:</b> ciencias agrarias <b>RMLS:</b> LabsLand</p>

En los laboratorios diferidos no hay problema de concurrencia, estos laboratorios pueden soportar una cantidad de usuarios que dependerá del servicio *Cloud* con el que cuente el sistema RMLS que se utiliza. De esta forma se puede realizar trabajo experimental con grupos masivos al mismo tiempo, una posibilidad experimental que de otra forma no es posible.

## Prospectiva sobre los LR

En los próximos años se avizora que los LR sean incorporados masivamente en el ecosistema educativo a fin de complementar diversas actividades experimentales propuestas en el modelo del LE. En esta línea, empresas como LabsLand (Orduña *et al.*, 2018), que pone a disposición recursos a diferentes instituciones del mundo, permite que la incorporación de estos se vaya acelerando. Además, se espera que nuevas empresas tecnológicas incursionen en el desarrollo de LR. No obstante, el principal desafío radica en poder incluir a los LR en el marco de secuencias didácticas que permitan una verdadera articulación entre estos y el resto de los “laboratorios” del LE, con lo que se superaría la vieja distinción entre lo sincrónico-asincrónico y lo presencial- remoto, la cual ya ha dejado de tener sentido en la nueva realidad mundial (Scolari, 2020). Es decir, se trata de superar definitivamente la barrera entre la educación presencial y la virtual para diseñar experiencias educativas enmarcadas en las narrativas multimedia expandidas, donde el profesor y los estudiantes pueden servirse de modo colaborativo de lo mejor de ambos mundos. (Pardo Kuklinski y Cobo, 2020). Esta idea se centra en el diseño de narrativas inmersivas, entendidas como “aquellas experiencias donde el usuario asume un rol protagónico en la historia que lo envuelve y reacciona a sus movimientos y decisiones” (Lovato, 2019).

Por otro lado, en relación con los aspectos técnicos, si bien los LR presentan varios aspectos positivos a destacar, como el desarrollo de PIR (trabajo con datos empíricos), PIC (el control de variables experimentales) y PSO (como la determinación del punto final en una valoración ácido-base), estos no permiten que el estudiante se familiarice con el entorno del laboratorio ni promueve los PSA. Por tal motivo, a fin de superar estas limitaciones, se espera una combinatoria de otras tecnologías que agreguen valor a

los LR, como la realidad aumentada, la inteligencia artificial y la realidad virtual. En este sentido, una alternativa posible sería utilizar la técnica de video 360 interactivo para construir una interfaz inmersiva hipermedia para los LR (Mora Fernández, 2019). Esta técnica híbrida puede combinar la experiencia de un laboratorio real de ciencias (por medio de una filmación 360) con el trabajo de control de variables experimentales y la toma de datos provenientes de la empírea que ocurren en el trabajo con el LR. En cuanto a la promoción de PSA, una alternativa posible es la inclusión de simuladores virtuales hápticos (Verástegui Baldárrago, 2021), los cuales consisten en el conjunto de interfaces tecnológicas que interactúan con el ser humano mediante el sentido del tacto. Un caso particular de aplicación de esta tecnología son los guantes de datos y retorno táctil, que permiten sentir las texturas de objetos virtuales, así como también dar la sensación de dureza, peso, calor o presión (Martínez *et al.*, 2009). En suma, estas propuestas tienen por objetivo el aprendizaje activo de los estudiantes, donde la interacción a través de la interfaz hipermedial facilite la retroalimentación y permita la revisión de sus aprendizajes (Posada Calderón, Monsalve Suárez y Mateus Santiago, 2019).

## Reflexiones finales

El planteamiento de un modelo que permite la integración del componente experimental dentro de los procesos pedagógicos representa un paso hacia la mejora de la comprensión de conceptos y teorías, por medio del trabajo experimental, el laboratorio extendido se perfila como un modelo integral, que permitirá adaptar cada necesidad educativa a los contextos múltiples de la realidad de cada país, de tal suerte que logrará promover el desarrollo de aquellas habilidades que le permitan al estudiante entender las ciencias naturales desde otra perspectiva.

Los LR, por su naturaleza, permiten un acercamiento más real hacia la experiencia de laboratorio y representan un recurso con un potencial de mejora en la enseñanza de las ciencias naturales. Además, estos recursos centran su atención en los procesos de autorregulación, por lo cual es el mismo estudiante quien determina el ritmo del aprendizaje, a partir de un recurso al que puede acceder las veces que lo requiera, desde donde se en-

cuentre y en el momento que lo desee. La oportunidad de repetir la misma práctica y, en algunos casos, introducir modificaciones aumenta los grados de libertad del alumno, al mismo tiempo que democratiza la actividad experimental. La ERE dejó de manifiesto la necesidad de contar con más recursos educativos robustos para desarrollar la actividad experimental y los LR, por sus características, permiten solventar problemas generados por el aislamiento social y se presentan como herramientas para fortalecer el aprendizaje de las ciencias durante y en la postpandemia

## Referencias

- Arguedas-Matarrita, C., Conejo-Villalobos, M., Elizondo, F. U., Barahona-Aguilar, O., Orduña, P., Rodríguez-Gil, L. y García-Zubia, J. (2020). Experience with the VISIR remote laboratory at the Universidad Estatal a Distancia (UNED). En *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 162-170). Springer, Cham.
- Arguedas-Matarrita, C., Montero-Miranda, E., Vargas-Badilla, L., Sánchez-Brenes, R., Ríos-Badilla, E., Orduña, P. y Rodríguez-Gil, L. (2021). Design and Development of an Ultra-Concurrent Laboratory for the Study of an Acid-Base Titration (ABT) at the Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. En *International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation* (pp. 122-130). Springer, Cham.
- Fox, M., Werth, A., Hoehn, J. y Lewandowski, H. (2020). *Teaching labs during a pandemic: Lessons from Spring 2020 and an outlook for the future*. Department of Physics, University of Colorado.
- Franco Moreno, R., Velasco Vásquez, M. A. y Riveros Toro, C. (2017). Los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de las ciencias: tendencias en revistas especializadas (2012-2016). *Tecné, Episteme y Didaxis*, 41, 37-56.
- Gamage, K. A. A., Wijesuriya, D., Ekanayake, S. Y., Rennie, A. E. W., Lambert, C. G. y Gunawardhana, N. (2020). Online Delivery of Teaching and Laboratory Practices: Continuity of University Programmes during COVID-19. *Education Science*, 10(10), 291. <https://doi.org/10.3390/educsci10100291>
- Hodges, C. Moore, S. Lockee, B. Trust, T. y Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *Educause Review*. Recuperado el 15 de mayo de 2020 de <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Idoyaga, I. J (2020). *El laboratorio extendido: una oportunidad para la educación científica en entornos digitales*. Farmacia y bioquímica en foco. Recuperado el 12 de abril

- de 2021 de <http://enfoco.ffyb.uba.ar/content/el-laboratorio-extendido-una-opor-tunidad-para-la-educación-científica-en-entornos-digitales>
- 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>
- Lovato, A. (2019). *Diseño narrativo para AR y VR en proyectos transmedia de no ficción*. XXI Congreso de la Red de Carreras de Comunicación Social y Periodismo. Escuela de Ciencias de la Comunicación, Facultad de Humanidades (UNsa), Salta. <https://www.aacademica.org/21redcom/286>
- Martínez, J., Molina, J. P., García, A. S., Martínez, D. y González, P. (2009). Desarrollo de un guante de datos con retorno háptico vibro-táctil basado en Arduino. En *Interacción 2009: Jornadas de Realidad Virtual*, 1-10.
- Mill, D. (2014). Flexibilidade educacional na cibercultura: Analisando espaços, tempos e currículo em produções científicas da área educacional. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 97-126. <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12680>
- Mora Fernández, J. (2019). *La interfaz hipermedia: El paradigma de la comunicación interactiva*. Ediciones y Publicaciones Autor S.R.L.
- Moya, C. N., Medina, G., Granchetti, H. y Idoyaga, I. (2021). Las actividades experimentales en física durante la pandemia de covid-19. *Revista de Enseñanza de la Física*, 33, 471–478. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/35589>
- Orduña P., Rodríguez-Gil L., García-Zubia J., Angulo I., Hernandez U. y Azcuenaga E. (2018) Increasing the Value of Remote Laboratory Federations Through an Open Sharing Platform: LabsLand. En M.Auer y D. Zutin (eds) *Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Networks and Systems* (pp. 859–873). Springer, Cham.
- Pardo Kuklinski, H. y Cobo, C. (2020). *Expandir la universidad más allá de la enseñanza remota de emergencia Ideas hacia un modelo híbrido post-pandemia*. Outliers School.
- Posada Calderón, S., Monsalve Suárez, Y. y Mateus Santiago, S. (2019). Entorno virtual 3D de la tabla periódica como apoyo en la educación de la química. *Revista politécnica*, 15(30). 41-54. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a5>
- Reverdito, A. y Lorenzo, M.G. (2007). Actividades experimentales simples. Un punto de partida posible para la enseñanza de la química. *Educación en la Química*, 13(2), 108–121
- Scolari, C. A. (8 de agosto de 2020). *Nuevas interfaces para un mundo pospandemia*. Hipermediaciones. Recuperado el de 7 de enero de 2021 de <https://hipermediaciones.com/2020/08/08/las-nuevas-interfaces-pospandemia/>
- Verástegui Baldarrago, A. (2021). Simuladores hápticos: Una herramienta para la educación odontológica en tiempos de COVID-19. *Revista Odontológica Basadrina*, 5(2), 36–41. <https://doi.org/10.33326/26644649.2021.5.2.1195>

*La enseñanza de la física y el modelo STEM,*  
César Eduardo Mora Ley, Carmen del Pilar  
Suárez Rodríguez, Julián Félix Valdez (coordinadores),  
publicados Comunicación Científica, S. A. de C. V., se  
publicó en diciembre de 2022 en versión digital en los formatos  
PDF, Epub y HTML.