

# La enseñanza remota del Laboratorio de Mecánica a nivel universitario durante la pandemia de COVID-19

## *Remote Teaching of Mechanics Laboratory at University Level during COVID-19 Pandemic*

*Felipe Miguel Álvarez Siordia*

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México

secret@ciencias.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0978-9987>

*Gerardo Martínez Bautista*

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México

germarbau@ciencias.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7014-2325>

*José Ignacio Cabrera Martínez*

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México

jcabrera@ciencias.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6546-1180>

*María del Alba Pacheco Blas*

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México

maria.pacheco@ciencias.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9420-8376>

[https://doi.org/10.48102/didac.2022..80\\_JUL-DIC.105](https://doi.org/10.48102/didac.2022..80_JUL-DIC.105)



### RESUMEN

Debido al confinamiento sanitario, la enseñanza presencial tuvo que adaptarse a la virtual. Esto planteó nuevos retos y necesidades en la forma de trabajar de los laboratorios de mecánica clásica. Dichos requerimientos debieron solventarse con diversas estrategias, ya sea que previamente estuvieran disponibles o que tuvieran que desarrollarse sobre la marcha. Al principio, se trabajó con simuladores y después con experimentos contraintuitivos desarrollados durante el aislamiento, proyectos de investigación, realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés), Tracker y Arduino. Entre los principales logros obtenidos podemos mencionar que los estudiantes desarrollaron mayor interés hacia el laboratorio, incrementaron sus calificaciones y se modernizó la forma de trabajo. A partir de esta experiencia, se identificaron algunas he-

ramientas que pueden ser implementadas fácilmente en laboratorios posteriores, ya sea de forma presencial o a distancia, sin importar qué asignatura experimental sea.

**Palabras clave:** Laboratorios remotos; Arduino; proyectos; realidad aumentada (AR); simuladores.

#### ABSTRACT

*Due to sanitary confinement, classroom teaching had to be adapted to the virtual. This posed new challenges and needs in the way classical mechanics laboratories worked. These requirements had to be addressed with a variety of strategies, either previously available or developed on the fly. Initially, we worked with simulators and later with counterintuitive experiments developed completely in isolation; Tracker, research projects, augmented reality and Arduino were used as well. Among the main achievements obtained are that the students had a greater interest in the laboratory, in addition to increasing their grades, and that it was possible to modernize the way of working. From this experience, some tools were identified that can be easily implemented in subsequent laboratories, either in person or remotely, regardless of the experimental subject.*

**Keywords:** Remote Laboratory; Arduino; Projects; Augmented Reality (AR); Simulators.

Fecha de recepción: 18/06/2021

Fecha de aceptación: 30/08/2021

#### *Introducción*

Durante los primeros semestres de la licenciatura de Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se impartió una materia experimental de mecánica clásica denominada Laboratorio de Mecánica (Facultad de Ciencias, 2021), primera de las asignaturas de laboratorio. En dicha materia, se introduce la teoría del experimento por realizar, incluida una explicación del uso del material y la metodología por implementar en el montaje experimental. De manera presencial, las mediciones, el análisis y la explicación del fenómeno observado se realizaban usando el equipo disponible en el laboratorio. Al cambiar las actividades de manera presencial a remota fue necesario modificar la forma en que los docentes impartían cursos, así como la de trabajar de los alumnos.

En el Laboratorio de Mecánica se introducen por primera vez conceptos como incertidumbres y su propagación, cifras significativas, regresiones lineales y logarítmicas, junto con elementos básicos de estadística que el alumno utilizará en los laboratorios posteriores. Este laboratorio, al igual que los demás de la licenciatura, cuenta con equipo adecuado para que los alumnos realicen sus experimentos de mecánica clásica, por lo que es importante que el docente preste atención en el manejo del equipo y material.

Parte de los objetivos del laboratorio es que los estudiantes aprendan a trabajar en equipo, a redactar reportes y a realizar investigación y exposiciones, por lo que es necesario explicar con detenimiento qué es lo que se espera que realicen y apoyarlos con ejemplos y ejercicios, según sea el caso.

#### *Recursos educativos previos a la pandemia*

La UNAM declaró el cierre de sus escuelas el martes 17 de marzo de 2020 (Dirección General de Comunicación Social, 2020), a casi un mes y medio de iniciado el semestre 2020-2. La pandemia forzó la inclusión de recursos innovadores para las clases del Laboratorio de Mecánica: plataformas educativas (Classroom o Moodle), de comunicación (Meet o Zoom), simuladores (PhET o Educaplus) y aplicaciones de física para dispositivos móviles (Phyphox o Physics Toolbox). Estas adecuaciones fueron mejorando durante los semestres subsecuentes, por lo que se logró un aprendizaje significativo en clases remotas, las cuales se complementaron con experimentos caseros y diversas estrategias.

Por lo general, la principal instrumentación utilizada para llevar a cabo mediciones en el Laboratorio de Mecánica son sensores, interfaces y computadoras, por lo que realizar una clase de laboratorio remoto es un gran reto, ya que en casa no se cuenta con las

instalaciones, herramientas, instrumentos, equipo y material para llevar a cabo las prácticas regulares.

Antes de la pandemia, los laboratorios seguían una tendencia de modernización enfocada en el equipo de laboratorio, aplicaciones digitales o *software* especializado con licencias de propietario y licencias GPL. Sin embargo, la base de los experimentos en el laboratorio era el material y el equipo del que se disponía. En este sentido, habitualmente se usaban los sensores de adquisición de datos de fabricantes como LabQuest y Vernier con sus *software* DataStudio y LoggerPro, respectivamente, así como algunos ambientes de trabajo (Python o LaTeX). Estas herramientas se empleaban como complementos a la enseñanza de la experimentación tradicional.

#### *Forma de evaluación antes de la pandemia*

A lo largo del curso y conforme se va avanzando en las actividades, se asignan prácticas correspondientes al plan de estudios (Facultad de Ciencias, 2021) y se desarrollan los conocimientos a través del diseño del experimento, montaje de éste, adquisición de datos, análisis de resultados y, finalmente, la formulación de conclusiones. Todo esto debe escribirse en un reporte que es evaluado como parte de la calificación final. Cada docente decide los porcentajes de dicha evaluación. En algunos casos, la bitácora de trabajo también tiene una ponderación. Asimismo, los docentes pueden solicitar tareas como parte de la calificación.

Para concluir el semestre, y con las habilidades ya adquiridas, los alumnos desarrollan un proyecto final con base en un tema de su elección de mecánica clásica, en el que plantean qué tipo de experimento realizarán, con qué material y cómo lo medirán. Al terminar, los equipos de trabajo exponen sus proyectos y resultados ante el grupo. El proyecto final también tiene un porcentaje en la evaluación, la cual muestra el aprendizaje del alumno respecto a su trabajo efectuado en el laboratorio.

En este artículo se incluyen las experiencias de cuatro profesores que han impartido este curso desde antes de la pandemia a la fecha. Con la llegada del COVID-19 a México, no sólo las clases teóricas

tuvieron que modificarse, sino que también las clases de laboratorio, lo que nos llevó a hacer uso de nuevas tecnologías que, aunque ya existían o eran emergentes, su manejo no estaba muy extendido. Se mostrarán algunos de los recursos tecnológicos utilizados durante la pandemia para mejorar la enseñanza-aprendizaje del Laboratorio de Mecánica a distancia, tanto sus ventajas, desventajas y algunas recomendaciones.

#### *Los primeros cambios en la enseñanza del laboratorio con la pandemia*

##### Recursos educativos

El cambio en la enseñanza del Laboratorio de Mecánica del modo presencial al remoto fue repentino y muy vertiginoso. En muchos casos, tanto docentes como estudiantes no tenían los recursos necesarios (acceso a internet, computadora, bocinas, micrófono, entre otros) o nada de experiencia en las herramientas digitales para la educación remota. Concretamente, en el caso de los laboratorios, dada su metodología práctica y de trabajo en equipo, resultaron ser las clases más afectadas por el confinamiento. Distintas materias experimentales de la licenciatura en Física enfrentaron sus propios retos individuales.

La UNAM, a través del Plan de Emergencia de Apoyo a Estudiantes (Dirección General de Comunicación Social, 2020), adquirió tabletas con internet para estudiantes y profesores e impartió cursos de capacitación en línea. Mientras los docentes eran capacitados con cursos de diseño instruccional y en el uso de tecnologías educativas, a los estudiantes se les formaba para aprovechar las herramientas de Google con las que cuentan los correos institucionales (G-Suite).

Probablemente el paso más inmediato para todos los laboratorios fue hacer uso de los simuladores. Si bien es cierto que esta herramienta digital es muy útil para reforzar los conocimientos teóricos mediante actividades o ejemplos animados capaces de replicar aspectos reales (Chirinos, 2020), resultaron ser una valiosa ayuda en la preparación y la explicación de algunos experimentos del laboratorio.

Una vez que los recursos de los simuladores se volvieron insuficientes, otras soluciones debieron implementarse. Más allá del uso de los simuladores, para los profesores fue necesario diseñar actividades experimentales que los alumnos pudieran hacer a la distancia de forma “casera”. Así, la pandemia incentivó la creatividad para desarrollar las actividades experimentales, la toma de mediciones de los parámetros relevantes de los fenómenos y un método de análisis adecuado a la situación.

### Aprendizaje en el laboratorio

Algunas cantidades básicas en el Laboratorio de Mecánica, concretamente longitudes, tiempos y masas, pueden ser determinadas con dispositivos o procesos simples. Además, los alumnos deben aprender a utilizar el equipo de medición, saber cómo montar un experimento y realizar mediciones; todo esto representa un gran reto de forma remota.

Una de las principales finalidades que tiene el laboratorio es la de desarrollar en los alumnos la habilidad de calibrar los dispositivos de medición disponibles y estimar su incertidumbre asociada. Para esto, comprender el concepto de calibración es esencial; además, es importante enfatizar que la medición va más allá de un simple proceso de comparación. El péndulo, que es un fenómeno físico bien conocido y fácil de construir en casa, es un método adecuado para la calibración del cronómetro de un teléfono inteligente. Bajo las condiciones adecuadas, ya que el periodo de oscilación está relacionado con la longitud de la cuerda, se puede asegurar que las mediciones de tiempo del cronómetro son confiables, más allá de las especificaciones del fabricante del teléfono. De esta manera, los alumnos aprenden la importancia de revisar siempre las calibraciones de los instrumentos antes de iniciar las mediciones.

Adicionalmente, el uso de dispositivos móviles y de algunas herramientas digitales que ya se utilizaban antes de la pandemia facilitaron el proceso de medición y la toma de datos, a través de *software* libre (tabla 1). Un ejemplo es Tracker (Brown, 2021), que permitió a los alumnos analizar el movimiento

a partir de videgrabaciones, obteniendo información del tiempo, las posiciones, las velocidades, entre otros, de los experimentos hechos desde sus hogares, ya sea de manera individual o en equipo.

### Forma de evaluación durante la pandemia

Aun cuando el cambio en la instrumentación es lo más notorio, también el trabajo colaborativo se vio modificado, ya que los experimentos o proyectos ahora se realizan individualmente y los informes de forma colaborativa. Por otro lado, las tareas y los trabajos de investigación casi no tuvieron cambios. Aunque el mayor peso de la calificación final recae en los reportes de las prácticas, los proyectos son la parte más dinámica del trabajo en el laboratorio de forma remota, dado que los estudiantes inician formalmente en la licenciatura con la experimentación y así tienen un primer acercamiento a la investigación independiente. Se denomina un proyecto a la planeación, desarrollo y conducción de un experimento, en el que el alumno decide cómo desarrollará un tema con los elementos a su alcance, desde el diseño y el montaje, hasta la obtención y el análisis de datos, así como su exposición.

La implementación de proyectos en los laboratorios a distancia permite una mayor flexibilidad en el empleo de material y equipo, y representa un gran reto para los estudiantes. El aprendizaje resulta más significativo que una práctica convencional, porque de esta manera ellos toman en sus manos los conceptos teóricos y las bases experimentales para decidir el rumbo de su trabajo. Su creatividad los incentiva a abandonar un rol pasivo (sólo siguiendo instrucciones) y a tomar un rol activo, en el que ellos eligen, crean y desarrollan un experimento.

Al final del primer curso bajo estas condiciones, se reflexionó y evaluó el éxito de las estrategias implementadas. Entonces se decidió con cuáles continuar y mejorarlas, con el propósito de hacer más motivante el trabajo del laboratorio en aislamiento. A su vez, las estrategias poco útiles fueron descartadas.

*Las mejoras en el laboratorio con base en las experiencias exitosas*

### Antecedentes y primeras propuestas de adaptación

Algunos de los experimentos del Laboratorio de Mecánica no siempre van de la mano con la intuición que se desarrolla durante la vida cotidiana. En más de una ocasión, la percepción de un fenómeno físico permite adelantarse al resultado o, al menos, deducir de qué variables dependen los parámetros de estos fenómenos. No obstante, ciertos experimentos son, de cierto modo, “contraintuitivos”, por lo que es muy importante transmitir estos detalles a los alumnos, para que puedan desarrollar las bases de un pensamiento crítico, analítico y estructurado lógicamente. Un ejemplo es el periodo del péndulo simple, el cual no toma en consideración la masa del objeto colgante, ya que no afecta de ninguna manera al periodo, lo cual ilustra claramente la contraintuición. Por tal motivo, este tipo de experimentos se retoman para los cursos posteriores, junto con nuevos elementos y perspectivas.

Un obstáculo importante en la educación durante la pandemia fue que no todos los estudiantes lograron adaptarse a este nuevo modelo y, aunado a otras razones diversas, resultó desmotivante. Una de las estrategias adoptadas para contrarrestar la falta de interés ha sido la realización de más proyectos. En lugar de tener un único proyecto final, se aumentó el número de ellos a varios intermedios, donde la presentación ahora juega un rol preponderante.

Algunas formas de mostrar las habilidades adquiridas, producto de los proyectos, han sido las presentaciones de los resultados de maneras alternativas, ya sea mediante una exposición de modo síncrono o a través de la producción de un video, con la intención de motivar a los alumnos a ser creativos. El gran desempeño de los estudiantes en sus proyectos se manifestó con la difusión de sus materiales en plataformas digitales, como YouTube o Facebook, lo cual representó un fuerte aliciente a los alumnos para progresar. Los mejores proyectos fueron presentados en una Feria de Divulgación Científica.

**Figura 1**

*Presentación en la Feria de Divulgación Científica 2021, Facultad de Ciencias, UNAM*



*Fuente: Herramientas de Educación en Línea, Facultad de Ciencias, 2021.*

Otra iniciativa para fomentar la presentación de los proyectos fue mediante el uso de salas virtuales (realidad virtual no inmersiva), lo que permite man-

tenerlos disponibles en la red y que puedan ser consultados desde cualquier parte del mundo.

**Figura 2**  
Exposiciones hechas en sala virtual en Frame VR



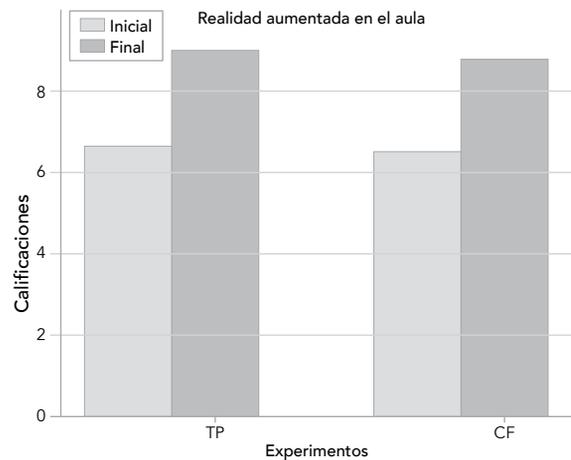
Fuente: Howland, 2021.

### Las subsecuentes propuestas implementadas

El uso de microcontroladores en el laboratorio remoto, específicamente Arduino (Banzi, 2021), funciona como herramienta de gran utilidad para la adquisición de datos. Esta tecnología proporciona equipamiento y sensores para medir distancias, velocidades, aceleraciones, temperaturas, entre otros, lo que les permite a los alumnos registrar la información de sus experimentos. Además, su implementación es sencilla, asequible y de bajo costo.

Otra propuesta vanguardista que tampoco se había utilizado en una clase de laboratorio, y que mejoró en gran medida el aprendizaje de los alumnos, fue la realidad aumentada (AR, por sus siglas en inglés), como apoyo en la introducción teórica, previa a cada práctica de laboratorio. Los alumnos mejoraron su comprensión de los conceptos teóricos con el uso de la AR entre 30% y 35%. En la figura 3 se observan las calificaciones antes y después de usar la AR en dos experimentos del Laboratorio de Mecánica. La muestra fue constituida por 29 alumnos, a quienes se les aplicó una evaluación rápida de los conceptos explicados por el profesor al inicio de la sesión.

**Figura 3**  
Comparativo de evaluaciones de conceptos realizadas para tiro parabólico (TP) y para coeficiente de fricción (CF), antes de usar AR (gris claro) y después de usar AR (gris oscuro)



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, la colección más representativa de recursos tecnológicos utilizados (recursos que ya existían, pero que no siempre se usaban para las clases de Laboratorio de Mecánica) antes y durante la pandemia se muestran en la tabla 1. Muy pocos de

ellos eran aprovechados y las nuevas necesidades educativas remotas requerían herramientas prácticas, fáciles de implementar y colaborativas, tanto para estudiantes como profesores. Por falta de adaptación a estas condiciones, ya sea por costos, compatibilidad o ciberseguridad, estos recursos se vieron

desplazados. En contraste, algunos de ellos se adaptaron exitosamente a la situación emergente y son la base de los cursos a distancia. A partir de ahora, por practicidad y efectividad, algunos de estos recursos seguirán usándose para el curso de Laboratorio de Mecánica.

**Tabla 1**  
*Porcentajes de uso de los recursos digitales para adquisición, análisis, procesamiento de datos y escritura de reportes de la práctica de laboratorio, entre otros*

RECURSOS	NOMBRE	USO ANTES DE LA PANDEMIA (%)	USO DURANTE LA PANDEMIA (%)	COMPARACIONES
Plataforma educativa	Google Classroom	100	100	<b>Antes:</b> sólo por elección del profesor. <b>Durante:</b> herramienta versátil que permite evaluar, organizar y tener comunicación en el curso.
	Salas de reuniones virtuales	0	100	<b>Antes:</b> no se usaba. <b>Durante:</b> herramienta para la impartición remota de clases y asesorías sincrónicas y asincrónicas.
Simuladores	Zoom	0	100	<b>Antes:</b> sólo era demostrativo. <b>Durante:</b> se puede conocer material de laboratorio, realizar prácticas completas, entre otros.
	Educaplus	0	50	
	Vascak	0	50	
<i>Apps</i> para dispositivos móviles	PhET	50	100	<b>Antes:</b> sólo por elección del profesor para sustituir algunos sensores del laboratorio. <b>Durante:</b> principales herramientas para la toma de datos.
	Arduino Science Journal	50	25	
	Phyphox	25	50	
	Scope AR	0	50	
<i>Software</i> especializado	Physics Toolbox	75	100	<b>Antes:</b> sólo por elección del profesor. <b>Durante:</b> principales herramientas para captura, análisis, presentación de datos y redacción del informe.
	Data Studio	75	0	
	Logger Pro	75	0	
	LabPlot 2	25	25	
	Fortran	25	25	
	GCC	25	25	
	Origin	100	25	
	Google Jamboard	0	50	
	Frame VR	0	50	
	LibreOffice	50	50	
gnuplot	75	50		
Google Forms	25	75		
Python	75	75		

	LaTeX	75	75	
	Overleaf	75	75	
<i>Software especializado</i>	Microsoft Office	75	75	<b>Antes:</b> sólo por elección del profesor.
	Arduino	0	75	<b>Durante:</b> principales herramientas para captura, análisis, presentación de datos y redacción del informe.
	Tracker	100	100	
	Google Docs	100	100	

### La seguridad en las actividades experimentales

Aunado a las estrategias descritas, la seguridad de los estudiantes siempre es una prioridad, por lo que es importante que el profesor no sugiera actividades que conlleven riesgos. En un laboratorio presencial, el docente da seguimiento continuo a los alumnos, verifica su trabajo y desarrollo en la actividad experimental para evitar toda situación de riesgo. En el trabajo a distancia esto no es posible, ya que los estudiantes pueden realizar la actividad en diferentes momentos y además pueden presentarse circunstancias ajenas a la clase en las que no es factible dar un seguimiento adecuado.

Una forma de minimizar los riesgos es establecer un protocolo previo a la experimentación. Inicialmente, al plantear una actividad de esta índole se sugiere una manera de proceder específica, considerando los posibles riesgos de la actividad. Se debe aprobar la propuesta hecha por el estudiante antes de llevarla a cabo. En caso de que el estudiante plantee una forma alternativa de trabajar, el proceso de validación debe repetirse.

### *Conclusiones*

Después de vernos obligados a enfrentar el reto de transitar de la enseñanza presencial a la remota para la asignatura de Laboratorio de Mecánica, fue necesario, además del uso de simuladores, el desarrollo y la adopción de otras herramientas. Éstas ayudaron a los profesores a cumplir con los objetivos del curso y a disminuir la deserción escolar.

Esta experiencia permitió construir otras formas de trabajo para que los estudiantes cubrieran el material curricular de la asignatura y desarrollaran

otras habilidades que les serán útiles en su vida profesional.

Además de ayudar a motivarlos en una situación extraordinaria como la pandemia, en la cual muchos alumnos han sentido gran desmotivación por el aislamiento y por falta de condiciones adecuadas para su aprendizaje, las estrategias aquí discutidas han reavivado el interés por las prácticas experimentales.

Sin representar un gran esfuerzo, estas tácticas pueden ser implementadas posteriormente en laboratorios presenciales o en línea, sin distinción entre el Laboratorio de Mecánica y cualquier otro curso de laboratorio.

A través de la experiencia adquirida en el primer curso donde se inició el trabajo a distancia, cuando no se tenía muy clara la idea de cómo conducir el laboratorio, se logró hacer una planeación más estructurada para el siguiente curso, recurriendo a diversos recursos de los que se disponían, para solventar las necesidades del curso experimental que estaba por iniciar.

Adaptarse al modelo en línea, después del análisis y la reflexión de la situación, no resultó un obstáculo infranqueable, sino más bien una oportunidad para la creatividad y la modernización de los laboratorios, implementando herramientas innovadoras.

En general, la aplicación de las nuevas estrategias de enseñanza para el Laboratorio de Mecánica clásica ha mostrado evidencias de avance, mejorando la comprensión de la física y del trabajo en el laboratorio a distancia realizado por los estudiantes, desde el inicio del confinamiento sanitario hasta el día de hoy. Tales avances se ven reflejados en las evaluaciones finales de los estudiantes, el interés por

adentrarse en el ámbito experimental y en la disminución de la deserción escolar. Es importante mencionar que algunas de estas nuevas estrategias ya forman parte de la planeación de laboratorios posteriores, tanto en línea como de manera presencial.

### *Recomendaciones para el aula*

A dos años de iniciada la pandemia, la forma de trabajar en el Laboratorio de Mecánica ha cambiado sustancialmente y con esto se ha logrado incorporar y mantener el uso de herramientas digitales (tecnológicas) en el quehacer cotidiano que antes no se empleaban. A continuación, se enuncian algunas recomendaciones surgidas de la experiencia del Laboratorio de Mecánica de forma remota:

- Desarrollar las habilidades que fomenta el laboratorio por medio del impacto que tiene el diseño de actividades experimentales realizadas de manera “casera”, pues esto incentiva la creatividad, entrena en la toma de mediciones de los parámetros relevantes de los fenómenos y motiva a los alumnos a elegir un método de análisis adecuado a la situación.
- Mantener el uso de los sensores y la cámara de los dispositivos móviles para desarrollar las actividades experimentales; así como de los simuladores para reforzar la parte teórica o para sustituir por una práctica que no se pueda llevar a cabo en el laboratorio, y de las *apps* y *software* especializado para analizar los parámetros de los fenómenos.
- Aumentar el número de proyectos de laboratorio a distancia, sustituyendo las prácticas tradicionales, para generar una mayor flexibilidad en el empleo de material y equipo. Esto representa un gran reto y motivación para los estudiantes y, a su vez, la presentación del proyecto toma un papel importante porque permite que el alumno muestre, analice y reflexione respecto al proyecto que realizó.
- Desarrollar Ferias de Ciencia (a nivel divulgación), minicongresos o congresos para incentivar, motivar y difundir los proyectos, o los productos del trabajo realizado para el laboratorio.
- Aprovechar las salas virtuales (realidad virtual no inmersiva), ya que permiten que los proyectos estén disponibles en la red y puedan ser consultados desde cualquier parte del mundo y en cualquier momento.
- Emplear microcontroladores en el laboratorio remoto, como Arduino, pues son herramientas de gran utilidad para la adquisición de datos; además, su implementación es sencilla, asequible y de bajo costo.
- Incentivar el uso de la AR como apoyo en la introducción teórica, previa a cada práctica de laboratorio.

### REFERENCIAS

- Banzi, M., Cuartielles, D., Igoe, T. & Mellis, D. (2021). Arduino (Versión 1.8.19) [Software]. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/software>
- Brown, D., Wolfgang, C. & Hanson, R. M. (2021). Tracker: Video Analysis and Modeling Tool (Versión 6.0.4) [Software]. Recuperado de <https://physlets.org/tracker/>
- Chirinos Delfino, Y. (2020). *La Realidad Virtual como mediadora de aprendizajes. Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Virtual orientada a niños* (Tesis de maestría, Universidad Nacional de la Plata). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/111879>
- Dirección General de Comunicación Social. (2020). *Boletín UNAM-DGCS-236bis Ciudad Universitaria* [Comunicado de prensa]. Recuperado de [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020\\_236bis.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_236bis.html)
- Dirección General de Comunicación Social. (2020). *Boletín UNAM-DGCS-793 Ciudad Universitaria* [Comunicado de prensa]. Recuperado de [https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020\\_793.html](https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2020_793.html)
- Facultad de Ciencias. (2021). *Licenciatura en Física*. Recuperado de <https://pagina.fciencias.unam.mx/estudiar-enciencias/estudios/licenciaturas/fisica>
- Herramientas de Educación en Línea, Facultad de Ciencias. (21 de diciembre de 2021). *Feria de Divulgación Científica 2021, Facultad de Ciencias, UNAM* [Archivo de video]. Recuperado de <https://youtu.be/u4tRpaQHie8>
- Howland, A. (2021). Frame VR [Aplicación web]. Recuperado de <https://framevr.io/>

## SEMBLANZAS

*Felipe Miguel Álvarez Siordia.* Estudió la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la maestría en Educación en la Universidad Tecnológica de México (Unitec), donde también hizo un diplomado en Tecnología Educativa. Actualmente realiza el doctorado en Ambientes y Sistemas Educativos Multimodales en el Instituto Rosario Castellanos, haciendo trabajos en realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR) aplicada a la docencia. Es profesor de la Facultad de Ciencias de la UNAM, en el Tecnológico de Monterrey Campus Santa Fe y en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. Ha participado como coordinador de Carpa en el evento de divulgación Noche de las Estrellas, del Instituto de Astronomía, UNAM, en el Congreso Nacional de Actividades Espaciales, así como en el Congreso Nacional de Física y el Congreso de la División de Fluidos y Plasmas.

*Gerardo Martínez Bautista.* Licenciado en Física por la UNAM, maestro y doctor en Ciencias (Astrofísica) por la misma institución. Ha participado como expositor en congresos nacionales e internacionales en la rama de la astrofísica y en diversas actividades de divulgación de la ciencia. Además, ha colaborado en distintos proyectos de investigación y ha publicado trabajos en revistas especializadas en astrofísica de circulación internacional. Es profesor en la Facultad de Ciencias de la UNAM y en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México.

*José Ignacio Cabrera Martínez.* Estudió la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, la maestría en Ciencias (Astronomía) en el Instituto de Astronomía de la UNAM y el doctorado en Ciencias (Astronomía) en el Instituto de Astronomía de la UNAM, en el área de astrofísica de altas energías. Realizó estancias de investigación en Observatorio Astronómico de Brera, en Merate, Italia, así como estancias posdoctorales en el Instituto de Física de la UNAM y en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Participó en el proyecto High-Altitude Water Cherenkov Observatory (HAWC). Ha publicado artículos de investigación en temas de *gamma ray burst*, *blazars* y chorros relativistas. Es profesor de asignatura de la Facultad de Ciencias de la UNAM y del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM.

*María del Alba Pacheco Blas.* Estudió la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, la maestría en Física en el Instituto de Física de la UNAM y el doctorado en Ciencias e Ingeniería de Materiales en la UNAM. Es candidata en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Actualmente realiza un posdoctorado en la Universidad de Guanajuato Campus León, donde estudia la caracterización mediante simulación numérica de interacción entre iones de metales pesados y cristales líquidos para su uso en la fabricación de sensores. Realizó un posdoctorado en la Facultad de Química de la UNAM estudiando la remediación de agua de contaminantes metálicos mediante dinámica molecular. Tiene diferentes publicaciones internacionales en revistas indizadas. Ha impartido cursos en línea y cursos presenciales en la UNAM, tanto de laboratorio como teóricos.