Ingeniería Investigación y Tecnología
Volume XXVII (Issue 1), January-March 2026 1-12
ISSN 2594-0732 FI-UNAM Peer-reviewed article
Article information: Received: June 13, 2025, accepted: October 13, 2025.
Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license
https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2026.27.1.003

Adecuación del programa de laboratorio de dinámica estructural durante el COVID-19: Retos y aprovechamiento de las estrategias post pandemia

Adapting the structural dynamics laboratory program during COVID-19: Challenges and leveraging post-pandemic strategies

Ledezma-Ramírez, Diego Francisco
Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
E-mail: diego.ledezmard@uan.edu.mx
https://orcid.org/0000-0002-3197-0291

Resumen

La práctica experimental y la validación de la teoría constituyen pilares fundamentales en la formación en ingeniería. El laboratorio ofrece un espacio donde el estudiante integra el conocimiento teórico con la aplicación práctica, mediante experimentos cuidadosamente diseñados para el desarrollo de competencias críticas. Sin embargo, el cierre de aulas durante la pandemia de COVID-19 obligó a replantear este componente esencial, impulsando la adopción de estrategias virtuales y a distancia. En este contexto, se presenta el estudio de caso del laboratorio de Dinámica Estructural en la carrera de Ingeniería Aeronáutica, donde se implementaron metodologías de aprendizaje activo apoyadas en experimentos caseros, bases de datos experimentales propias y simulaciones numéricas. Estas estrategias permitieron garantizar el cumplimiento de los objetivos del curso, a la vez que fomentaron la autonomía, el pensamiento crítico y la integración teórico-práctica. Se analiza el diseño metodológico, el uso de datos experimentales y los resultados de encuestas aplicadas a estudiantes, discutiéndose su pertinencia frente a experiencias reportadas en la literatura. Finalmente, se resalta la contribución distintiva de este trabajo: La generación de una base de datos experimental propia y la continuidad de las estrategias híbridas en la etapa post-pandemia, ofreciendo un modelo replicable y sostenible para la enseñanza de la ingeniería.
Descriptores: Educación en ingeniería, laboratorio virtual, ingeniería mecánica, vibraciones, dinámica estructural.

Abstract

Experimental practice and theory validation are fundamental pillars in engineering education. Laboratories provide a space where students integrate theoretical knowledge with practical application through carefully designed experiments aimed at developing critical competencies. However, the closure of classrooms during the COVID-19 pandemic disrupted this essential component, forcing the adoption of virtual and remote strategies. This article presents a case study from the Structural Dynamics laboratory in the Aeronautical Engineering program, where active learning methodologies were implemented using homemade experiments, proprietary experimental databases, and numerical simulations. These strategies ensured the fulfillment of course objectives while motivating autonomy, critical thinking, and theoretical-practical integration. The methodological design, the use of experimental data, and the results of student surveys are analyzed and discussed in comparison with similar experiences reported in the literature. The distinctive contribution of this work lies in the creation of a proprietary experimental database and the continuity of hybrid strategies in the post-pandemic stage, offering a replicable and sustainable model for engineering education.
Keywords: Engineering education, virtual lab, active learning, mechanical engineering, vibrations, structural dynamics.

Introducción

La enseñanza de la ingeniería enfrenta nuevos retos derivados de los cambios tecnológicos, sociales y económicos. El laboratorio representa un entorno esencial para la validación práctica de teorías, y su adaptación a entornos remotos ha sido crucial durante emergencias como la pandemia de COVID-19. La esencia de la ingeniería radica en la resolución de problemas prácticos mediante la aplicación innovadora de la ciencia y la tecnología, disciplinas que están en constante avance y cuyo progreso se ha acelerado en los últimos años (Valencia, 2011; Sheppard *et al.,* 2009). En la actualidad, los ingenieros enfrentan importantes desafíos en diversas áreas, como la promoción de una movilidad sostenible, la garantía de seguridad informática, la automatización y mejora de los procesos industriales, aplicaciones de inteligencia artificial, entre otros. Garcés y Peña (2020) han destacado la importancia de adaptar los modelos educativos a estas nuevas tendencias, siendo clave en este proceso la adecuación de las metodologías de enseñanza activa en los laboratorios. En este contexto, los laboratorios son parte fundamental para lograr una educación integral en el futuro ingeniero al permitirle una validación práctica de la teoría expuesta en las clases, en la cual el estudiante pueda comprobar los alcances y límites de la teoría y modelos propuestos. El laboratorio es entonces un espacio formativo alterno al aula de clase donde los problemas de la profesión pueden ser reproducidos en un ambiente adecuado para favorecer la formación y desarrollo de las competencias profesionales específicas de cada disciplina ingenieril (Falcón *et al.,* 2020). Se pueden considerar como una antesala a la realidad que el futuro ingeniero enfrentará, ofreciendo la oportunidad de comprender cómo se desarrolla el conocimiento en la comunidad científica y profesional, contribuyendo a una comprensión más sólida de conceptos teóricos, facilitando la superación de las dificultades que los estudiantes puedan encontrar y a la vez permite cuestionar los conocimientos previos y contrastarlos con la realidad, motivando al estudiante a aplicar y confirmar lo que ha aprendido a través de la práctica (Aguilera, 2020).

Las prácticas de laboratorio representan una metodología de enseñanza práctica en la que el alumno aprende mediante demostraciones o prácticas realizadas por él mismo (Alcoba, 2013). Éstas comúnmente se pueden describir en tres tipos, que son: Ingeniería de desarrollo, pensados para resolver una problemática específica; Investigación, donde se exploran las fronteras del conocimiento, y de Docencia, en el que se validan los modelos teóricos en ambientes controlados, siendo este último el tipo más común para los estudiantes de ingeniería (Feisel & Rosa, 2005). Sin embargo, existen limitantes que puedan obstaculizar la correcta implementación de las prácticas de laboratorio, por ejemplo, la infraestructura disponible, que en el caso de la ingeniería suele ser equipo sofisticado y costoso. Debido a esto, es primordial definir las actividades en el laboratorio, adaptándolas a los objetivos deseados, mediante un análisis crítico para proponer metodologías, estrategias y recursos didácticos que propongan soluciones a necesidades educativas reales (Marín, 2021).

El trabajo experimental en laboratorio es por naturaleza una actividad presencial que requiere una participación del estudiante con la debida guía del docente. Sin embargo, en años recientes se han propuesto y aplicado diferentes métodos de enseñanza en laboratorios de forma virtual y a distancia. Estas metodologías se han aplicado con éxito en diferentes instituciones, sobre todo por la aparición de planes de estudio en línea. Por ejemplo, Cuevas *et al.* (2014) plantean cómo el uso de herramientas computacionales para simular experimentos de química surge como un intento de motivar a los alumnos, de esta manera reforzando los principios teóricos al tener mejor control y poder modificar un mayor número de las variables involucradas en los experimentos, y permitiendo al alumno repetitividad del experimento sin limitantes de costo y tiempo. Tristancho *et al.* (2014) plantean la modificación del laboratorio de mecánica de materiales, en el cual típicamente se realizan pruebas destructivas con equipos, robustos y costosos, migrando hacia la integración con elementos de software, como simulaciones y cálculos numéricos, visión artificial, etc. Un punto importante para mencionar es que, de acuerdo con el consenso general entre los docentes, los laboratorios o experimentos virtuales no deben sustituir por completo a los experimentos reales, sino que deben ser un complemento de estos, siendo un punto importante el cómo lograr la forma más adecuada de complementar simulaciones experimentales y casos reales para conseguir un aprendizaje significativo (Rodríguez & González, 2014). Sin embargo, la pandemia de COVID-19 causó un cambio radical en los métodos de enseñanza, y como resultado todos los laboratorios tuvieron que ser impartidos de forma virtual. El impacto que esta situación trajo en la educación, particularmente en el caso de ingeniería ha sido global, y el dominio y disponibilidad de elementos como los diferentes recursos tecnológicos, conectividad, preparación de nuevas herramientas educativas resultaron clave para el éxito de esta transición (Marín *et al.,* 2021). En algunos casos había una preparación previa por parte de las universidades y docentes, en particular las que ya contaban con programas de estudios en línea o semi presenciales, pero en la mayoría no se contaba con una

experiencia, y las instituciones implementaron soluciones de emergencia, sin la debida planificación, y los docentes han tenido que adaptarse y aprender nuevas tecnologías de forma precipitada, y en algunos casos el tiempo para planeación y ejecución de actividades no resulta óptimo (Morales, 2023). Esto ha sido particularmente grave en el caso de carreras caracterizadas por su gran contenido práctico y aplicado que depende de los laboratorios y su instrumentación. Debido a esto, los docentes buscaron formas novedosas de cubrir las deficiencias que la educación a distancia pudiera introducir en las metodologías prácticas y aplicadas en la ingeniería. Ha sido necesario crear contenidos virtuales y dinámicos, que permitan transformar e innovar tecnológicamente la metodología didáctica, para que, en vista del fin de la pandemia, se logre disminuir la dependencia de lo presencial, e incluso del trabajo en línea sincrónico (Diaz *et al.,* 2021). A pesar de las restricciones en clases evidentemente prácticas como ciencias e ingenierías, algunos estudios han destacado que el uso de laboratorios remotos permite la experimentación en el control de variables y sistemas reales desde medios virtuales, aportando a la construcción de aprendizaje, y los alumnos han manifestado que estas estrategias refuerzan la enseñanza, dando una sensación de experimentación real, incrementando su motivación para enriquecer su formación y fortalecer sus conocimientos de manera innovadora y aplicada (Vargas *et al.,* 2020; Santiago *et al.,* 2021).

La integración de laboratorios virtuales en la educación superior ha emergido como una respuesta innovadora a los desafíos del aprendizaje a distancia, especialmente en disciplinas prácticas como la ingeniería. Los estudios revisados muestran la evolución y consolidación de metodologías híbridas y virtuales en la educación de ingeniería, evidenciando tanto avances como desafíos. Barojas *et al.* (2024) destacan que la implementación de un enfoque por competencias en entornos híbridos permite combinar teoría y práctica de manera eficiente, potenciando el desarrollo de habilidades clave en los estudiantes. De manera complementaria, Macías *et al.* (2025) plantean que las plataformas de aprendizaje en línea no buscan reemplazar la educación tradicional, sino actuar como complemento estratégico que optimiza la accesibilidad y flexibilidad de los programas educativos. Zúñiga *et al.* (2024) subrayan que la competencia docente en el manejo de módulos híbridos es un factor determinante para la efectividad de la enseñanza, especialmente en áreas con alta carga experimental como la física de ingeniería química. Finalmente, Haro (2025) evidencia que los laboratorios virtuales de automatización industrial pueden influir positivamente en la actitud de los estudiantes hacia el aprendizaje, demostrando que la integración de entornos virtuales y simulaciones interactivas contribuye a un aprendizaje más significativo y motivador. En conjunto, estos trabajos muestran que, aunque los laboratorios virtuales y los entornos híbridos no sustituyen completamente la experiencia presencial, constituyen herramientas estratégicas para enriquecer la enseñanza y fomentar competencias prácticas en ingeniería.

Los estudios previamente discutidos han mostrado el potencial de las simulaciones y laboratorios virtuales, aunque también sus limitaciones frente a la experiencia presencial. Este trabajo documenta las estrategias aplicadas en el laboratorio de Dinámica Estructural durante 2020-2022, su validación con estudiantes, y su aprovechamiento posterior para una transición hacia modelos híbridos. En este período se modificó la forma de impartir las prácticas, pero a la vez se aprovecha el conocimiento y la experiencia adquirida para promover el aprendizaje activo en el laboratorio presencial, complementando el trabajo con actividades prácticas y simulaciones fuera del aula que los estudiantes pueden realizar de forma relativamente simple. Se busca responder las preguntas: ¿Cómo impactaron estas estrategias en la formación de competencias de los estudiantes? ¿Pueden ser replicables en otros contextos? De esta forma se logra cumplir dos metas, una de ellas es alentar el aprendizaje experiencial, y la otra, preparar el curso de laboratorio para una modalidad híbrida o semipresencial, aprovechando de forma continua las metodologías y estrategias establecidas durante el período de pandemia.

Descripción del laboratorio "Dinámica Estructural"

El laboratorio de "Dinámica estructural" se imparte a estudiantes del programa educativo Ingeniería en Aeronáutica, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León. Algunas de las competencias de ingeniería del laboratorio son:

- Analiza las partes de un dispositivo, equipo, sistema o proceso, estableciendo las relaciones que guardan entre sí, que le permita documentar la información obtenida en forma estructurada, ordenada y coherente, incluyendo conclusiones propias.
- Genera modelos en lenguaje matemático que describan el comportamiento de un sistema, fenómeno o proceso, mediante el planteamiento de hipótesis, que le permita validarlos por métodos analíticos o herramientas computacionales.
- Resuelve problemas de ingeniería seleccionando la metodología apropiada, aplicando modelos establecidos, basados en las ciencias básicas, verificando

los resultados obtenidos con un método analítico o con el apoyo de una herramienta tecnológica, de forma que la solución sea pertinente y viable, cumpliendo con estándares de calidad y políticas de seguridad.

- Aplica métodos y técnicas de investigación científica y tecnológica, colaborando en grupos de generación y aplicación del conocimiento, para el desarrollo de proyectos de ingeniería.

El laboratorio se ubica en el sexto semestre del programa educativo, y como requisito se requiere una base teórica sólida en conceptos como ecuaciones diferenciales, series de Fourier y transformadas de Laplace, álgebra lineal y mecánica de materiales. El objetivo es conocer y aplicar las bases teóricas y experimentales que definen las vibraciones mecánicas en estructuras, así como identificar y evitar efectos negativos de las mismas. La importancia de esta asignatura para los futuros ingenieros radica en que las estructuras aeronáuticas pueden estar sujetas a vibraciones con efectos potencialmente catastróficos, y deben ser capaces de entender y analizar estos fenómenos. Sin embargo, las vibraciones mecánicas están presentes en diversas situaciones en las que el futuro ingeniero puede encontrarse, por ejemplo, en ambientes industriales, donde muchas máquinas y procesos pueden producir oscilaciones con resultados negativos, en sistemas de transporte como trenes y automóviles donde el control de las vibraciones es importante para garantizar la seguridad y confort de los pasajeros, entre otros. En estos y otros casos el ingeniero debe ser capaz de realizar análisis, diagnósticos, modificaciones estructurales, diseño o selección de aislamiento, etc. El laboratorio contempla cinco prácticas experimentales y una práctica integradora, cada una de las cuales requiere dos sesiones de clase de 50 minutos cada una. Para condensar de manera clara la discusión, se agrupan las prácticas en bloques, dado que la instrumentación y metodología de algunas prácticas es muy similar, aunque con diferentes objetivos. La Figura 1 resume la metodología fundamental de las prácticas del laboratorio, siendo: a) La configuración usada para las prácticas 1 y 2, que son adquisición y procesamiento de señales, y medición de

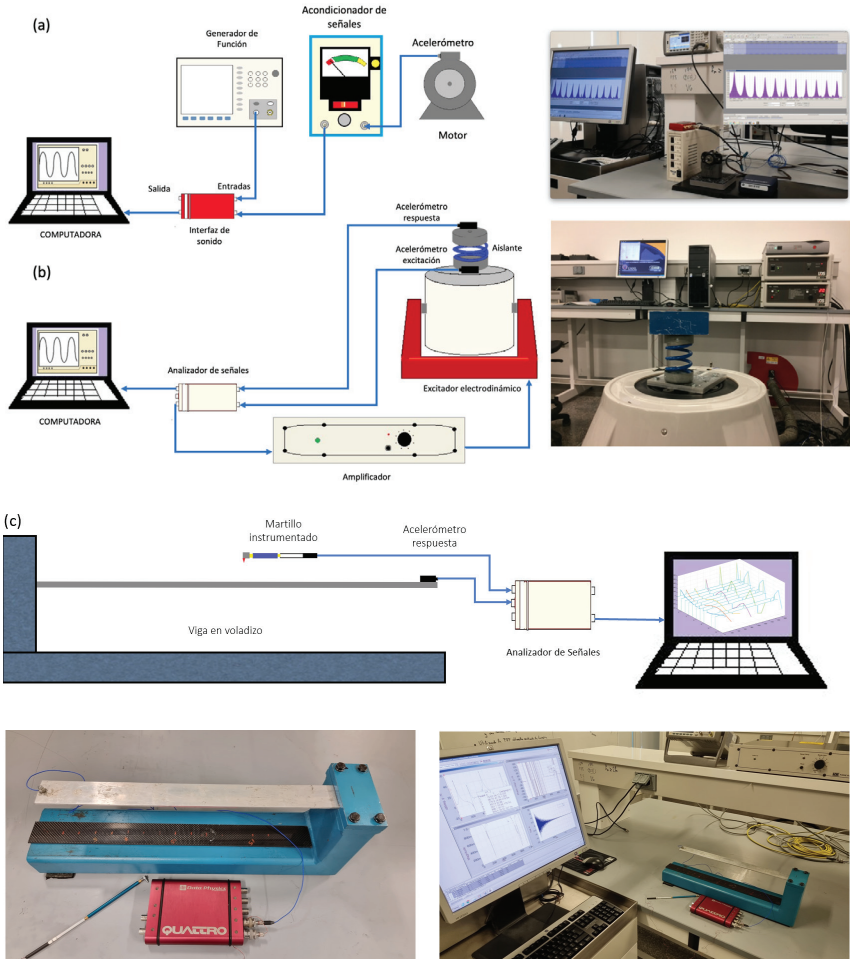


Figura 1. Procedimiento general usado en las prácticas del laboratorio de Dinámica Estructural. a) Práctica 1, adquisición, procesamiento de señales y medición de respuesta en frecuencia, b) aislamiento antivibratorio, c) análisis modal y modificación estructural.

la respuesta en frecuencia, respectivamente. La práctica 3 trata sobre la caracterización experimental de aislantes anti vibratorios, de acuerdo con la Figura 1b. Las prácticas 4, 5, y 6, usan la configuración presentada en la Figura 1c y son respectivamente, análisis modal de una estructura simple, modificación estructural mediante amortiguadores dinámicos, y análisis modal de una estructura compleja, esta última siendo la práctica integradora.

Durante los 10 años que se ha estado impartiendo el laboratorio siguiendo este esquema, se cuenta con una gran base de datos de experimentos y sus resultados, ampliamente documentada y curada. Esta base de datos consta de resultados de experimentos realizados con una gran variedad de las variables involucradas, por ejemplo, diferentes dimensiones y materiales de las probetas, variaciones en las geometrías, entre otros. Contar con esta base de datos resultó extremadamente valioso durante la pandemia, ya que representa una fuente de información para análisis y procesamiento de acceso abierto para los estudiantes y fue provechosa para compensar la falta de acceso a los laboratorios en el período de pandemia. Es importante mencionar que para que estos datos sean útiles es muy importante documentar claramente el proceso de la prueba, lo que se explica mediante videos realizados exprofeso en los cuales se detalla el experimento paso por paso, además de presentaciones y diapositivas documentando claramente los objetivos y metodología de cada práctica, en conjunto con el manual del laboratorio. De esta forma, se aplica el concepto de aula invertida en la impartición del laboratorio, para que el estudiante dedique tiempo previamente a estudiar los videos descriptivos de cada práctica de laboratorio, realice por sí mismo actividades experimentales, y que estas sean discutidas en las sesiones en línea previas a la escritura de los reportes (Martínez & Ruiz, 2022). Se describen a continuación los cambios y estrategias seguidas para lograr estos objetivos.

Metodología

La metodología implementada para adecuar el laboratorio de Dinámica Estructural combinó diversas estrategias de enseñanza-aprendizaje orientadas al desarrollo de competencias prácticas en un entorno virtual. Se utilizaron bases de datos experimentales previamente generadas, acompañadas de material audiovisual y guías interactivas, que permitieron a los estudiantes analizar fenómenos reales mediante simulaciones numéricas y software de análisis libre. Además, se fomentó la experimentación individual en casa mediante el uso de sensores integrados en dispositivos móviles y aplicaciones accesibles, como Audacity y Phyphox, que facilitaron la adquisición y procesamiento de señales reales. Con estas estrategias se busca además de sustituir temporalmente el entorno presencial, integrar herramientas que promueven el aprendizaje activo, la reflexión crítica y la autonomía del estudiante. Se enumeran y detallan a continuación las estrategias implementadas durante esta transición.

Adecuación de las prácticas de laboratorio

El primer bloque del laboratorio, conformado por las prácticas de adquisición y procesamiento de señales, y medición de la respuesta en frecuencia, presentado en la Figura 1a tienen como objetivo que el estudiante se familiarice con la instrumentación usada en el laboratorio, como los diversos transductores y sistemas de conversión análoga digital que serán usados en prácticas posteriores. El alumno explora de forma experimental conceptos como la frecuencia de muestreo y su efecto en la señal adquirida, captura señales periódicas complejas ideales y valida el teorema de Fourier, y lo complementa con la adquisición, procesamiento y análisis de señales provenientes del mundo real. Además, se comprueba la relación entre un estímulo de entrada y la salida provocada en un sistema mecánico lineal simple, para construir la respuesta en frecuencia de este y validar su función en frecuencia teórica.

La ventaja que ofrece esta primera práctica es que, aunque en el laboratorio el equipo usado es de precisión, para efectos prácticos el estudiante puede realizar estos experimentos en su casa y con instrumentación a la mano, como una computadora o un teléfono móvil, uso de herramientas libres como osciloscopios virtuales (https://www.zeitnitz.eu/scope_en), y herramientas de programación y análisis numérico libres (https://www.spyder-ide.org). En esta práctica se le asignó al alumno la actividad de generar, adquirir y analizar diferentes formas de onda periódicas como la sinusoide, rectangular, triangular y diente de sierra, usando la herramienta libre Audacity (https://www.audacityteam.org). Estas señales fueron sintetizadas en una frecuencia específica, y muestreadas a diferentes frecuencias. Por medio del análisis el alumno es capaz de procesar una descomposición de Fourier de estas señales y validar los componentes armónicos teóricos. De la misma forma, se estudia el efecto de la frecuencia de muestreo en la reconstrucción de la señal y su espectro. La Figura 2a muestra un ejemplo de captura de señal periódica y su análisis de Fourier.

Mediante esta práctica realizada por el mismo alumno, se plantean las siguientes preguntas para la reflexión y análisis:

- ¿Se cumple la predicción teórica de las series de Fourier al analizar el espectro de las señales complejas?
- ¿Qué limitantes o diferencias se observan entre teoría y práctica y cuales son sus causas?
- Al considerar diferentes frecuencias de muestreo, ¿Cuál es el resultado en la señal reconstruida y su espectro?

Posteriormente este ejercicio se repite capturando y analizando una señal proveniente de algún fenómeno del mundo real. Por ejemplo, el ruido generado por algún electrodoméstico, como licuadoras, lavadoras, refrigerador, ventilador, etc. La Figura 2b presenta la captura del ruido generado por una licuadora usando una PC y la aplicación libre Audacity para captura y análisis de sonido. El proceso es muy simple, ya que se captura mediante el micrófono de la PC y no requiere mayor instrumentación. Este fenómeno es más complejo, ya que la señal, además de contener diferentes componentes en frecuencia por la naturaleza del sistema, no es completamente periódica al tener ruido de fondo, componentes debidos a la aerodinámica y turbulencias, y otros fenómenos de acuerdo con el sistema elegido. El estudiante puede analizar y reflexionar sobre la naturaleza del fenómeno analizado, tratar de distinguir los componentes armónicos que resulten del análisis de frecuencia y relacionarlos con las características del sistema analizado, como su velocidad de operación, y la posible presencia de componentes aleatorios, para descartar que sean resultados de ruidos de fondo, o de la operación normal del sistema elegido. En el reporte entregado como evidencia de la actividad, el estudiante analiza y discute de forma crítica estos puntos.

En este bloque también se empiezan a analizar sistemas de aplicación como los aislantes antivibratorios, los cuales se someten a una entrada de tipo aleatoria, para cuantificar su función de transferencia, conocida como transmisibilidad de vibración, presentado en la Figura 1b. Una limitante para que esta práctica se lleve a cabo de forma virtual o a distancia es que requiere de equipo más especializado y costoso, como lo son los generadores de vibración, o shakers electrodinámicos. Para cumplir el objetivo de esta práctica, se optó por hacer uso de datos de mediciones previas en los aislantes estudiados en el laboratorio, mismos que se proporcionan al estudiante para que los analice y compare contra los modelos teóricos usando herramientas de simulación numérica. La Figura 3a muestra los resultados experimentales de mediciones en dos tipos de aislantes, un resorte helicoidal de acero, y un bloque de espuma en el cual el alumno compara estos resultados con las predicciones del modelo teórico, discutiendo sus alcances y limitantes. Para complementar esta práctica, el estudiante puede hacer uso del acelerómetro del teléfono móvil y una aplicación libre para adquirir los datos en forma de onda, de manera que pueda comparar entre una medición de vibración directa con la fuente y el receptor para cuantificar la vibración transmitida al soporte para evaluar el nivel de transmisión. Preferentemente la fuente de vibración analizada puede ser el mismo sistema elegido en la práctica anterior. Por ejemplo, se puede medir la vibración en una licuadora, en la parte superior, y en la superficie de la mesa. La Figura 3 muestra un ejemplo de medición realizada usando el acelerómetro de un teléfono móvil mediante la aplicación Phyphox (https://phyphox.org) en una licuadora a la cual se le han retirado las gomas antivibratorias, y se compara la respuesta en tiempo del sistema con y sin las gomas, y la vibración medida directamente en la fuente, es decir la licuadora. El alumno compara y discute las diferencias observadas en ambos casos, y el efecto de las gomas en la reducción de vibraciones. Posteriormente se puede extender el análisis usando como base diferentes materiales aislantes como espuma de poliuretano, hule, o corcho, y a la vez modificar la masa del soporte, por ejemplo, aumentando la masa usando una tabla de corte, libros, o algún método similar. El estudiante puede abordar las siguientes reflexiones:

- ¿Qué ocurre con la transmisión de vibración al aumentar o disminuir la rigidez del soporte? ¿Cuál es el efecto obtenido al aumentar la masa de éste mismo?

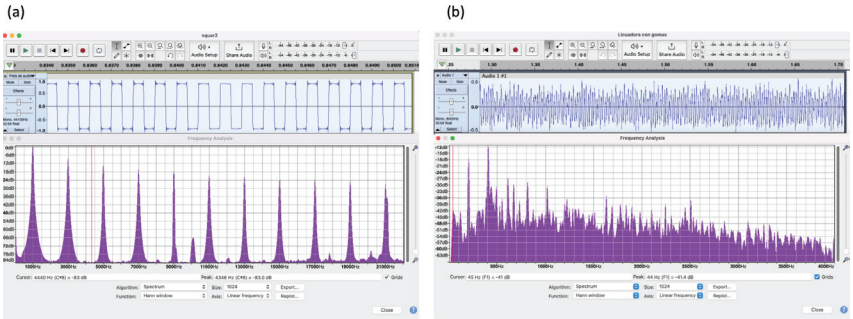


Figura 2. Ejemplo de captura y procesamiento de señales usando PC, micrófono integrado, y aplicación libre Audacity. a) Señal cuadrada en dominio del tiempo y frecuencia, b) ruido de una licuadora en tiempo y frecuencia.

- De acuerdo con la gráfica de transmisibilidad de vibración, ¿Cómo cambia la transmisión de vibración de acuerdo con la frecuencia de trabajo de la fuente de vibración?
- ¿Cuáles son las limitantes del modelo teórico simple de un grado de libertado comparado contra un sistema aislante en la práctica?

En el segundo bloque se estudia el análisis modal de una estructura simple y el resultado de realizar modificaciones estructurales en su masa y rigidez, mediante una viga en voladizo, en la cual se determinan los modos y frecuencias naturales de la misma usando una prueba con martillo instrumentado, de acuerdo con la Figura 1c. El equipo usado para esta práctica es altamente especializado, por lo que, en busca de una estrategia adecuada, se hace uso de datos reales obtenidos en experimentos previos, para el análisis y validación por parte de los estudiantes. Una gran ventaja a pesar de las limitantes de esta práctica es que gracias a la gran base de datos con la que se cuenta, el estudiante puede hacer comparaciones entre dos vigas de mismas dimensiones, pero diferente material, por ejemplo, aluminio y fibra de carbono, y analizar de forma crítica las diferencias encontradas en ambas, reflexionando sobre la diferencia en las frecuencias naturales como cambio en la rigidez y masa del sistema. Otra opción es estudiar dos vigas del mismo material, pero diferentes dimensiones. Mediante simulaciones por elemento finito y métodos numéricos con aplicaciones de licencia estudiantil, el estudiante puede comparar las predicciones teóricas con los resultados experimentales, discutir las diferencias observadas, y reflexionar sobre la importancia de las validaciones experimentales en sistemas estructurales. La Figura 4 muestra un resumen del proceso de comparación experimental entre las cuatro primeras frecuencias naturales de dos vigas de idénticas dimensiones, una de aluminio y la otra de fibra de carbono,

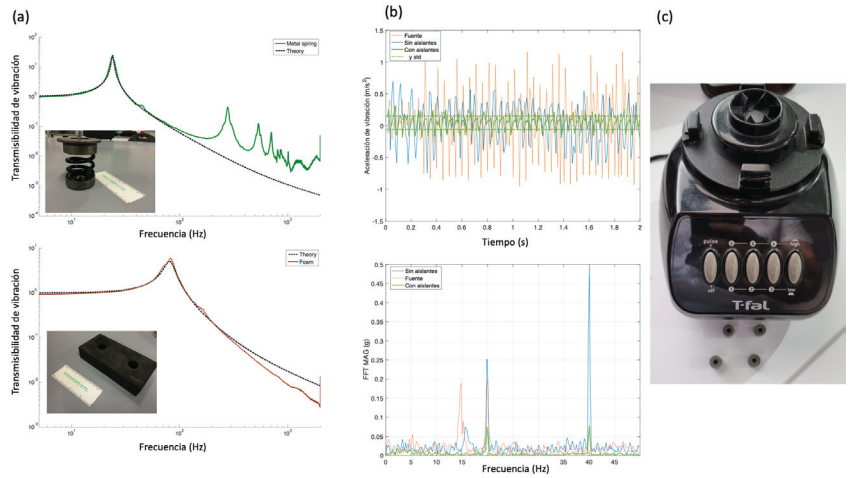
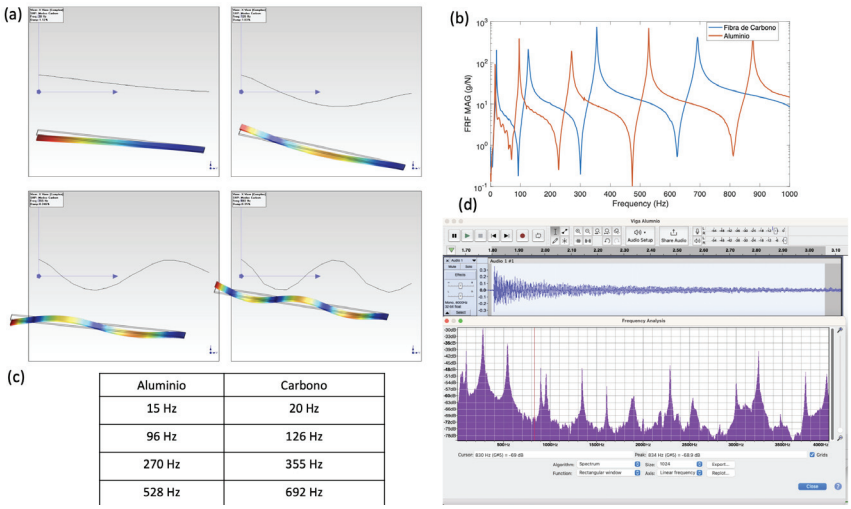


Figura 3. Ejemplos de mediciones y análisis de la práctica aislamiento antivibratorio. a) Análisis y comparación de resultados de diferentes aislantes comerciales disponibles en base de datos, b) mediciones en licuadora con y sin gomas aislantes, c) electrodoméstico usado en el estudio.



Aluminio	Carbono
15 Hz	20 Hz
96 Hz	126 Hz
270 Hz	355 Hz
528 Hz	692 Hz

Figura 4. Comparativa de análisis modal de vigas en voladizo de fibra de carbono y aluminio, usando base de datos de experimentos y análisis por elemento finito. a) Formas modales teóricas y experimentales, b) gráfica comparativa de respuesta en frecuencia, c) valores de frecuencias naturales, d) captura de sonido durante impacto a la viga y espectro.

usando los datos de referencia suministrados a los estudiantes, y las formas modales obtenidas experimental y teóricamente mediante simulación. Esta práctica se complementa mediante validaciones simples aplicando pequeños impactos en estructuras simples para grabar el sonido y aplicar un análisis de Fourier, determinando los componentes principales de frecuencia, de acuerdo con la Figura 4d. Aunque este método tiene limitantes claras, le permite al estudiante hacer uso de instrumentos simples y cotidianos que le proveen de herramientas y casos de análisis. La discusión y análisis de estos resultados se plantea con algunas preguntas como:

- ¿Cuál es la rigidez flexural aproximada de la viga en cuestión, tomando como base la primera frecuencia natural, y que diferencia se observa con respecto a la predicción teórica?
- ¿Cómo es la rigidez flexural de la viga de fibra de carbono comparada contra la de aluminio?
- ¿Qué limitantes y diferencias se observan en las predicciones de acuerdo con la teoría de vigas delgadas, las simulaciones de elemento finito, y los resultados experimentales? ¿Cuál es la razón de estas diferencias?

Metodología del estudio

Se realizó un estudio descriptivo del caso con enfoque mixto cuantitativo y cualitativo, para el cual se aplicó una encuesta estructurada con 8 preguntas de opinión con escala Likert de 4 puntos. Se realizó una encuesta entre los estudiantes que cursaron este laboratorio en el semestre Agosto-Diciembre 2020, Enero-Junio 2021, y Agosto-Diciembre 2021, de forma anónima y voluntaria, garantizando consentimiento informado. De un total de 56 alumnos que cursaron el laboratorio en estos periodos, se obtuvieron 42 respuestas, logrando un porcentaje de participación de 75 %. La encuesta fue aplicada mediante Google forms, analizando las estadísticas descriptivas. Mediante esta encuesta se busca determinar la experiencia y los aspectos a destacar o mejorar de acuerdo con el enfoque seguido. Las preguntas planteadas fueron las siguientes:

1. ¿Considera adecuada la metodología implementada al laboratorio en línea?
2. ¿Considera adecuado el acceso a la base de datos de experimentos?
3. ¿Considera adecuada la cantidad y calidad de los datos suministrados?
4. ¿Considera adecuado el material audiovisual de soporte (presentaciones, manuales, videos)?
5. ¿Se siente en un entorno adecuado para realizar mediciones experimentales individuales en casa?
6. ¿Considera adecuado el acceso a herramientas de análisis y simulación?
7. ¿Considera esta estrategia adecuada para complementar el trabajo presencial en laboratorio?
8. ¿Considera esta estrategia adecuada para implementar una estratega híbrida/semipresencial?

Por otra parte, se presenta un análisis estadístico de las calificaciones de grupos de laboratorio de los años 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023 que representan el estado normal presencial antes de pandemia, inicio de las clases en línea, el proceso de implementación de estrategias, y la consolidación de las mismas para finalizar con el regreso a clases presenciales.

Resultados

Los resultados de la encuesta se muestran en la Figura 5. Se mostró que más del 85 % de los estudiantes consideraron adecuada la estrategia de laboratorio en línea, coincidiendo en que el enfoque híbrido podría complementar la modalidad presencial. El 76 % señaló que el material audiovisual es clave para el éxito de la estrategia y les resulta claro y útil. Un 64 % reportó dificultades por condiciones en casa, debido a la organización y cantidad de datos para algunas prácticas, además de problemas de conectividad para descargar grandes cantidades de información. Algunos de los estudiantes consideraron que el espacio de trabajo individual no era el más adecuado, por razones como ruidos de fondo, conectividad, o debido a conflictos con horarios laborales en estudiantes que continuaron trabajando en este período. También se aprecia que la mayoría considera que esta estrategia no sustituye por completo al laboratorio físico, pero resulta adecuada como soporte para el regreso al trabajo presencial, y tiene potencial como metodología para programas semipresenciales o híbridos. Es importante señalar que, gracias a los resultados y comentarios de los estudiantes, se detectaron áreas de oportunidad para mejorar estas estrategias, principalmente en la facilidad de acceso a la información, por lo que es importante depurar y presentar los datos de forma clara y ordenada para evitar conflictos.

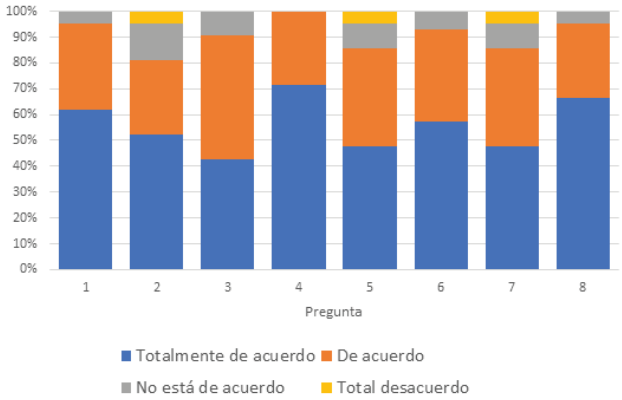


Figura 5. Resultado del sondeo realizado entre los alumnos para cuantificar la satisfacción de la estrategia implementada.

En la Tabla 1 se muestra el análisis cuantitativo de las evaluaciones de desempeño de los años 2020, 2021 y 2022. La Tabla 2 desglosa el promedio por semestre.

El análisis estadístico de las calificaciones revela tendencias clave en el desempeño estudiantil entre 2019 y 2023. Se consideran como referencia, o grupos de control los anteriores (2019) y posteriores (2023) a la pandemia. Antes de la pandemia, con clases 100 % presenciales se había mantenido una tendencia de altas calificaciones con un promedio general de 98 en el año 2019. Sin embargo, el descenso en el año 2020 es evidente, dadas las acciones emergentes que se tomaron y a la falta de preparación o premura en la implementación de las adecuaciones para las clases en línea. En el año 2020 se observa una distribución más dispersa, con calificaciones más bajas (20, 70) y alta frecuencia de 100, reflejando posible impacto de factores externos como lo fue el cambio a modalidad en línea y otros efectos de la pandemia. En los años 2021 y 2022 se aprecia una mayor concentración en 90-100, especialmente en 2022 (casi el 90 % en este rango) y una notable reducción de calificaciones menores a 80, mostrando una mejora general. Se aprecia una consistencia en el rendimiento académico, observando que más del 45 % de los estudiantes obtuvieron 100 en todos los años. El rendimiento académico mejoró ligeramente de 2020 a 2022, con un aumento en calificaciones altas y reducción de calificaciones bajas. La mediana en 100 refleja un enfoque efectivo en la excelencia, aunque persisten variaciones entre grupos. Se observa también que el promedio general aumentó de 89.7 en el semestre de Enero-Junio

Tabla 1. Análisis de calificaciones de los años 2019 al 2023.

Año	Total Estudiantes	Promedio	Mediana	Calificación Mínima	Calificación Máxima	% Calificaciones ≥ 90	% Calificaciones = 100
2019	37	98	100	90	100	100.00%	47.5%
2020	39	91.2	96	20	100	76.30%	39.50%
2021	28	92.8	100	70	100	85.70%	60.00%
2022	15	93.5	100	70	100	86.70%	46.70%
2023	34	93.5	100	70	100	71.06%	59.00%
Total	82	92.5	96	20	100	82.50%	48.50%

Tabla 2. Análisis de promedios por año y por semestre Enero-Junio (EJ) y Agosto-Diciembre (AD).

Año	Semestre	Promedio	Núm. total estudiantes	Rango calificaciones
2019	EJ	97.7	19	90 – 100
2019	AD	98.3	18	90 – 100
2020	EJ	89.7	11	20 – 100
2020	AD	94.2	28	80 – 100
2021	EJ	92.9	10	70 – 100
2021	AD	93.1	18	80 – 100
2022	EJ	94.1	6	80 – 100
2022	AD	98.3	9	95 – 100
2023	EJ	93.9	30	70 – 100
2023	AD	90	4	70 – 100

2020 a 98.3 en el semestre de Agosto-Diciembre 2022 (2022-AD), indicando una mejora acumulativa de 9.6 %.

La Figura 6 muestra la tendencia de promedios por año, mostrando un incremento de los promedios. Se nota una baja inicial, probablemente debido al inicio de las clases en línea y el proceso de adaptación a las nuevas estrategias, para posteriormente mostrar una tendencia al alta. Particularmente en el año 2022 los grupos mostraron una notable recuperación, con promedios equilibrados, probablemente como resultado de la adaptación a la modalidad de clases en línea y las nuevas estrategias implementadas en el laboratorio. Posteriormente se aprecia una baja en los promedios del año 2023, una vez que se habían restaurado por completo las actividades presenciales, probablemente debido a la falta de refuerzo en clases previas al laboratorio, mismas que fueron impartidas al inicio de la pandemia y son importantes como base para este laboratorio. Es importante señalar que en diversos casos, los promedios individuales bajaron por la falta de entrega de algunas evidencias o reportes de laboratorio por parte de los alumnos. En el caso atípico de la calificación de 20 que se presentó en el semestre Enero-Junio 2020 fue por baja del alumno.

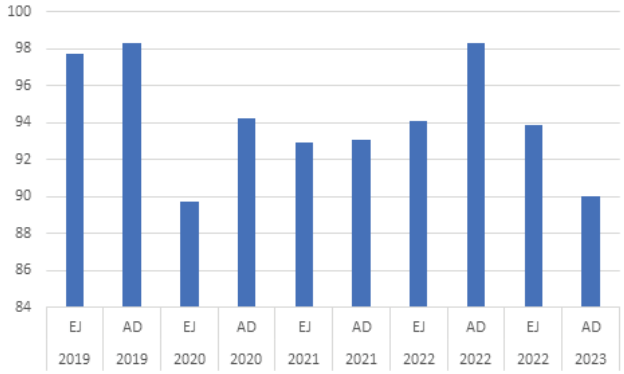


Figura 6. Tendencia de promedios por año.

Por último, para validar la diferencia entre años se presenta un análisis de hipótesis ANOVA. La Figura 7 muestra un diagrama de cajas de las calificaciones por año que muestra la mediana y la dispersión de los promedios, evidenciando variabilidad entre semestres. Las comparaciones post-hoc de Tukey-Kramer indican diferencias significativas entre ciertos años ($p < 0.05$), lo que refleja que algunos semestres presentaron rendimientos consistentemente más altos o bajos que otros. Estas observaciones permiten concluir que, aunque existen tendencias generales de desempeño elevado, ciertos años se distinguen por variaciones notables en los promedios, lo cual podría estar asociado a factores pedagógicos, cambios en el plan de estudios o variabilidad en la composición de los grupos de estudiantes, que fueron factores que se presentaron durante el paso de la pandemia.

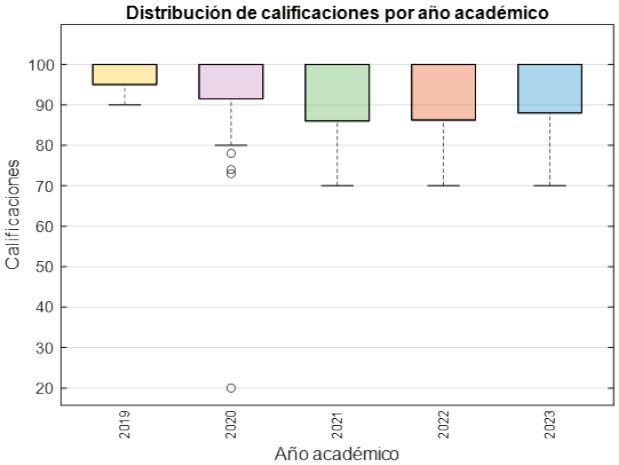


Figura 7. Gráfico de cajas de distribución de calificaciones por año.

Discusión

El análisis cualitativo muestra que los reportes presentados por los estudiantes como evidencias de aprendizaje mostraron una mejora en la autonomía para analizar señales reales, uso de software, y comprensión de fenómenos complejos como la función de respuesta en frecuencia, la transmisibilidad, y el análisis modal. Las comparaciones entre estructuras con distintos materiales permitieron desarrollar pensamiento crítico al comparar los efectos en la respuesta resonante y comprobar el camio resultante de los parámetros básicos como la inercia y la elasticidad. De esta forma, el uso de estas estrategias motiva la capacidad de análisis, y la interpretación de fenómenos de la vida real usando metodologías abstractas y científicas que le permitan al alumno validar los conceptos teóricos, y establecer los límites de las suposiciones que plantean. A su vez, le permite al estudiante familiarizarse con nuevas herramientas y conceptos en la adquisición y procesamiento de señales, como lo son el uso de aplicaciones especializadas y dispositivos móviles, manejo de datos en la nube, etc. Contar con datos provenientes de sistemas de medición especializados y compararlos con estas nuevas tecnologías le permitirán al estudiante verificar las limitaciones, alcances, y potencial de estos. Aprovechando el aprendizaje y experiencia desarrollados durante la etapa de clases en línea debido a la pandemia, estas metodologías implementadas son de gran valor para el trabajo presencial en el laboratorio, ya que en muchas ocasiones el tiempo limitado durante las prác-

ticas no permite realizar un gran número de pruebas. Contar con diferentes casos de análisis en una base de datos permite al estudiante tener más material de análisis crítico para ampliar su experiencia en el laboratorio, y poder realizar sus propios razonamientos de forma independiente. De igual manera, estos procedimientos facilitan y fomentan un sistema híbrido o semipresencial donde algunas o parte de las prácticas se desarrollen en línea. A su vez, este enfoque resulta también una salida de emergencia para eventualidades que puedan surgir en el laboratorio y limiten el desarrollo de las prácticas, por ejemplo, falla de los equipos o instalaciones, cortes en el suministro de energía eléctrica, reposición de prácticas por días de asueto, etc.

Comparado con trabajos y enfoques similares encontrados en la literatura (Rodríguez & Llovera, 2014; Zorrilla *et al.,* 2022), el procedimiento y estrategia presentado en este caso se distingue por combinar herramientas accesibles, datos experimentales reales y análisis numérico guiado. Esta combinación fortalece competencias de análisis crítico, integración teórico-práctica y uso de tecnología. Se enfatiza que el aporte distintivo de este trabajo radica en la combinación de una base de datos experimental propia con la implementación de metodologías híbridas que permiten continuidad del aprendizaje postpandemia. Esta integración proporciona a los estudiantes experiencias de análisis más amplias y autónomas, facilita la validación de conceptos teóricos mediante datos reales y accesibles, y fortalece competencias críticas y prácticas que no siempre pueden desarrollarse durante las limitadas sesiones presenciales de laboratorio. Sin embargo, a pesar de los beneficios observados, el estudio presenta limitaciones importantes que deben ser consideradas. Primero, aunque se cuenta con un grupo de control, la muestra puede no ser representativa de la totalidad del alumnado, lo que limita la generalización de los resultados. Segundo, la implementación de herramientas tecnológicas depende de la disponibilidad de recursos, conectividad y familiaridad previa de los estudiantes con estas aplicaciones, lo que puede introducir sesgos en la percepción de aprendizaje. Tercero, las condiciones de medición y análisis de señales fuera del laboratorio no siempre pueden replicar de manera estricta las condiciones experimentales controladas, afectando la comparabilidad de los datos. Cuarto, el estudio no evalúa de manera cuantitativa la transferencia de competencias adquiridas al desempeño profesional o a escenarios prácticos fuera del aula, limitando la visión de impacto a largo plazo. Finalmente, aunque se observó una mejora en habilidades como análisis crítico y uso de software, no se realizaron evaluaciones estandarizadas de desempeño académico frente a cursos presenciales completos, lo que impide cuantificar objetivamente la eficacia relativa del enfoque híbrido. Estas limitaciones abren oportunidades para futuras investigaciones, como estudios longitudinales, comparación directa con cursos presenciales, entrevistas cualitativas con estudiantes y docentes, asimismo evaluación del impacto en desempeño profesional o en proyectos integradores.

Conclusiones

Se presentó una discusión general sobre la importancia de los laboratorios en ingeniería y la tendencia de generar espacios virtuales y remotos para las prácticas de laboratorio, sobre todo como resultado de la pandemia COVID-19, durante la cual la educación se llevó a cabo a distancia. En este contexto, se presentó el caso de estudio del laboratorio de Dinámica Estructural, en el cual se realizaron adecuaciones para lograr los contenidos y objetivos de forma remota, mediante uso de bases de datos de experimentos previos, experimentos simples hechos en casa por los estudiantes y simulaciones numéricas. Las estrategias implementadas resultaron exitosas de acuerdo con el cumplimiento del programa y la experiencia y opiniones de los alumnos, y como resultado, el uso de estas metodologías se realizó de forma continua después de la pandemia como medio de apoyo al trabajo en el laboratorio, y en perspectiva de cursos impartidos de forma híbrida o semi presencial. También se detectaron áreas de oportunidad para mejorar el acceso, disponibilidad y claridad de la base de datos suministrada a los estudiantes como material de apoyo.

Referencias

Aguilera, E. A. R. (2020). Prácticas de laboratorio: La antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), 61-66. https://doi.org/10.5377/multiensayos.v6i11.9290

Alcoba-González, J. (2013). La clasificación de los métodos de enseñanza en educación superior. Contextos Educativos. *Revista de Educación*, (15), 93-106. https://doi.org/10.18172/con.657

Barojas-Payán, E., Mota-López, D. R., & Juárez-Rivera, V. (2024). Optimizando el aprendizaje hibrido implementación del enfoque de competencias en una experiencia educativa de ingeniería. Competencias en LCS. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 15(29). https://doi.org/10.23913/ride.v15i29.2226

Cuevas, M., Fernández, D., & Parra, M. (2014) Uso de simulaciones por ordenador para mejorar la enseñanza en el laboratorio de ingeniería química. *Modelling in Science Education and Learning*, Volume 7. https://doi.org/10.4995/msel.2014.2122

Díaz-Garay, B. H., Noriega-Araníbar, M. T., & Ruiz-Ruiz, M. F. (2021). Experiencias y desafíos en la formación de ingenieros durante la pandemia de la covid-19. *Desde el Sur*, 13(2). https://doi.org/10.21142/DES-1302-2021-0019

Falcón-Anaya, C. E., González-Rey, G., & Brianza-Gordillo, G. (2021). El laboratorio docente como espacio formativo en la práctica de ingeniería de engranaje. *Referencia Pedagógica*, 9(1), 114-126.

Feisel, L. D., & Rosa, A. J. (2005). The role of the laboratory in undergraduate engineering education. *Journal of engineering Education*, 94(1), 121-130. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00833.x

Garcés, G., & Peña, C. (2020). Ajustar la educación en ingeniería a la industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 19(40), 129-148. https://dx.doi.org/10.21703/rexe.20201940garces7

Haro, S. A. (2025). Uso de un laboratorio virtual de automatización industrial y su relación con la actitud hacia el aprendizaje de estudiantes de ingeniería. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 32, 210-234. https://doi.org/10.51302/tce.2025.24325

Macías-Lara, R. A., Estupiñán, R. D., Angulo, K. L. C., Perlaza, L. C., & Medina, J. M. V. (2025). Plataformas de aprendizaje en línea *vs.* educación tradicional: ¿Complemento o sustituto? Online learning platforms vs. traditional education: Complement or substitute? *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 6(1), 3875. https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.579

Marín-Quintero, M. (2021). Trabalho prático de laboratório no ensino de ciências naturais: uma experiência com professores em formação inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (49), 163-182.

Martínez-Villalobos, G., & Ruiz-Rodríguez, D. (2022). Impacto del aula invertida con tecnologías emergentes en un curso del ciclo básico de ingeniería. *Revista mexicana de investigación educativa*, 27(94), 971-997.

Marín-Delgado, J. R., Cabrera-Delgado, E., & Escoriza-Martínez, T. D. L. M. (2021). Impacto de la COVID-19 en el proceso de formación-evaluación en la carrera de ingeniería mecánica. *Ingeniería Mecánica*, 24(3), 33-38.

Morales-García, I. T. (2023) Condiciones para el aprendizaje en línea en pandemia: La perspectiva de estudiantes universitarios. *Innovación Educativa*, 23(91), 144-170.

Rodríguez-Llerena, D. & Llovera-González, J. (2014). Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería. *Latin American Journal of Physics Education*, 8(4), 1-8.

Santiago, D., Río-Gamero, D., & Melián-Martel, N. (2021). *El laboratorio virtual como herramienta didáctica en las enseñanzas de ingeniería. Adaptación a la COVID-19. In IN-RED 2021: VII Congreso de Innovación Edicativa y Docencia en Red*, 941-949. Editorial Universitat Politècnica de València.

Sheppard, S., Macatangay, K., Colby, A., Sullivan, W. M., & Shulman, L. S. (2009). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. Vol. 9. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Tristancho-Ortiz, J. A., Contreras-Bravo, L. E., & Vargas-Tamayo, L. F. (2014). Análisis y aplicación de técnicas de aprendizaje activo en mecánica aplicada. *Revista Educación Y Desarrollo Social*, 8(2), 28-45. https://doi.org/10.18359/reds.305

Valencia-Restrepo, D. (2011). Crisis y futuro de la ingeniería. *Ingeniería y competitividad*, 2(2), 6368. https://doi.org/10.25100/iyc.v2i2.2344

Vargas, J., Cuero, J., & Torres, C. (2020). Laboratorios remotos e IOT una oportunidad para la formación en ciencias e ingeniería en tiempos del COVID-19: Caso de Estudio en Ingeniería de Control. *Espacios*, 41(42), 188-198. https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n42p16

Zorrilla, E., Mazzitelli, C., Calle-Restrepo, A., Angulo-Delgado, F., & Soto-Lombana, C. A. (2022). Representaciones sociales sobre las prácticas de laboratorio: Implicaciones epistemológicas y prácticas para la formación inicial de docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (52), 101-116. https://doi.org/10.17227/ted.num52-13392

Zúñiga-Moya, M. N., Moya-Alchundia, L. S., & Zúñiga-Navarrete, M. M. (2024). Competencia docente en aplicación de módulos híbridos de enseñanza aprendizaje en física de ingeniería química. *Polo del Conocimiento*, 9(4), 1693-1714. https://doi.org/10.23857/pc.v9i4.7019

How to cite:

Ledezma-Ramírez, D. F. (2026). Adecuación del programa de laboratorio de dinámica estructural durante el COVID-19: Retos y aprovechamiento de las estrategias post pandemia. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 27(01), 1-12. https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2026.27.1.003