

# Estrategias metodológicas para el contenido *oscilaciones y ondas mecánicas* en Ingeniería industrial

Methodological strategies for the content *oscillations and mechanical waves* in Industrial Engineering

María Gabriela Campos Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente. San Ramón, Alajuela, Costa Rica.

\*E-mail: [maria.camposfernandez@ucr.ac.cr](mailto:maria.camposfernandez@ucr.ac.cr)

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

## Resumen

Este trabajo presenta los resultados de una experiencia en el curso Laboratorio de Física General II de la Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, durante el segundo semestre del año 2020. Se realizó un diagnóstico a una muestra de la población estudiantil y al personal docente de la Sección de Física. Mediante encuesta y entrevista se indagó respecto a estrategias metodológicas, material didáctico y evaluaciones usadas en semestres anteriores. Además, se recolectó información de las necesidades y expectativas de formación del estudiantado de la carrera de Ingeniería industrial para el curso. Con la información recolectada, se desarrolló una estrategia educativa para implementar bajo la modalidad virtual, utilizando la plataforma institucional Mediación Virtual. La propuesta introduce el enfoque constructivista para el contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas" bajo la modalidad virtual, utilizando una secuencia de actividades que promuevan un aprendizaje significativo en el estudiantado. La estrategia educativa fue validada por un experto y evaluada por el estudiantado del curso. Los resultados obtenidos muestran la presencia del enfoque constructivista en la propuesta elaborada.

**Palabras clave:** Aprendizaje significativo; Laboratorio de física; Estrategias metodológicas; Oscilaciones y ondas mecánicas.

## Abstract

This work presents the results of an experience in the Laboratorio de Física General II course at the Universidad de Costa Rica, Sede de Occidente, during the second semester of 2020. A diagnosis was made to a sample of the student population and the teaching staff of the Physics Section. Through a survey and an interview, it was inquired about methodological strategies, didactic material and evaluations used in previous semesters. In addition, information was collected on the training needs and expectations of the students of the Industrial Engineering career for the course. With the information collected, an educational strategy was developed to implement under the virtual modality, using the institutional platform Virtual Mediation. The proposal introduces the constructivist approach to the curricular content "Oscillations and mechanical waves" under the virtual modality, using a sequence of activities that promote meaningful learning in the student. The educational strategy was validated by an expert and evaluated by the students of the course. The results obtained show the presence of the constructivist approach in the elaborated proposal.

**Keywords:** Meaningful learning; Physics laboratory; Methodological strategies; Oscillations and mechanical waves.

## I. INTRODUCCIÓN

Una tendencia indica que la aproximación al aprendizaje de las ciencias a la actividad científico-investigadora una manera de afrontar dos problemáticas: las dificultades en la enseñanza y relacionar al estudiantado a métodos y formas de trabajo actualmente utilizadas en la actividad científica (Valdés y Valdés, 1999). Según este autor, hay dos preguntas básicas para la concepción del aprendizaje de la física: “¿Por qué aprendizaje en la física como actividad científico-investigadora?” y “¿De qué actividad investigadora se trata?” (Valdés y Valdés, 1999) Para responder la primera pregunta se indica que el rasgo que “caracteriza la investigación científica es, precisamente, el de ser una actividad orientada a profundizar a partir de la apariencia de las cosas, en lo que está oculto, en lo que no apreciamos directamente” (Valdés y Valdés, 1999). El organizar el aprendizaje como una actividad investigadora necesita de las actitudes como disciplina y tenacidad, pero además tiene un papel motivador en el estudiantado (Valdés y Valdés, 1999). Con respecto a la segunda pregunta planteada, se argumenta que el aprendizaje no tiene lugar espontáneamente y por tanto la persona docente debe dirigir la dirección del proceso (Valdés y Valdés, 1999). Para actualizar los métodos y formas de trabajo que se emplean en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, se debe conocer cuáles son las características de la actividad científica en la actualidad, y en base a estas características, Valdés y Valdés (1999) indica

*... si verdaderamente se desean reflejar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física elementos esenciales de la experiencia investigadora contemporánea, entonces no es suficiente que los estudiantes realicen actividades como el análisis y acotamiento de la situación estudiada, la formulación de hipótesis y la operativización de ellas en forma matemática, el diseño de experimentos, etc. Se requiere, además: cuidar de que una parte de las situaciones consideradas estén orientadas hacia aplicaciones actuales de la física en la técnica, en otras esferas de la ciencia, o que tengan una proyección social; elevar el papel que desempeña el elemento intelectual, teórico, durante el análisis y resolución de los problemas; utilizar dispositivos electrónicos, computadoras y, en general, la automatización como importantes herramientas para la solución de los problemas planteados; promover formas de trabajo que realcen el carácter colectivo, social, de la actividad científica; etc. La incorporación de tales elementos al proceso de enseñanza-aprendizaje de la física constituye, sin lugar a dudas, uno de los mayores retos que ha de enfrentar la didáctica de la física en nuestros días. (Valdés y Valdés, 1999, p. 526)*

Por tanto, los elementos descritos anteriormente deben de estar incorporados al proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, pero a la vez constituye un reto actual. Además, los autores argumentan que la actividad investigadora no puede ser simplificada con la realización de actividades de laboratorio como ocurre en la enseñanza de la física (Valdés y Valdés, 1999) y se debe prestar más atención a incorporar los elementos anteriores. Se debe utilizar esquemas y modelos para exteriorizar acciones que se llevan a cabo en el plano ideal y como apoyo sensorial durante la experimentación mental con las situaciones analizadas, se debe favorecer una elevada independencia intelectual durante la realización de las tareas, organizar el trabajo en equipos y presentar y discutir en el colectivo los resultados obtenidos, y finalmente, evaluar continuamente la actividad que se realiza. La resolución de cuestiones a lápiz y papel y las prácticas de laboratorio son actividades donde el estudiantado tiene la posibilidad de desarrollar un intenso trabajo intelectual, propiciando dos cosas: precisar en rasgos esenciales de conceptos y que se ponga en manifiesto concepciones alternativas no científicas que el estudiantado (Valdés y Valdés, 1999). Además, con base en todo lo anterior indicado por los autores, la introducción de una computadora puede tener dos orientaciones. Primero, en relacionar al estudiantado con conceptos y procedimientos que caracterizan la actividad científica. Segundo, la computadora usada como “un facilitador del aprendizaje, un medio de ayuda al profesor” (Valdés y Valdés, 1999). Sin embargo, bajo esta concepción, esta herramienta debe dar solución a problemas, de otro modo el objetivo de los programas informáticos, como por ejemplo las simulaciones, consiste en “favorecer el cambio conceptual” (Valdés y Valdés, 1999).

Como una referencia más actual de la enseñanza de la física, Moreira (2014) señala que se debe tener en consideración el conocimiento previo del estudiantado, presentar en el comienzo de la enseñanza los aspectos más generales del cuerpo de conocimientos y progresivamente ir a adentrándose en los contenidos, incorporar tecnologías de la información y comunicación en la enseñanza, considerar la interacción personal y negociación de significados entre el alumnado y profesorado o entre ellos mismos como algo fundamental, considerar la enseñanza dialógica, los contenidos físicos deben ser enseñados como construcciones, creaciones del hombre, los contenidos curriculares deben incluir física moderna y contemporánea, se deben usar distintos materiales instruccionales y estrategias didácticas para estimular la participación, la evaluación debe buscar evidencias de aprendizaje incluyendo aspectos formativos y recursivos, y finalmente, se señala el desarrollar talentos mezclando el aprendizaje activo con la práctica deliberada.

En los laboratorios en la enseñanza de las ciencias se realizan a una serie de actividades basadas en observación, ensayos y experimentos por parte del alumnado (Trumper, 2003). De forma más específica Satuarno *et al.* (2019) indica que las actividades realizadas por el estudiantado en los laboratorios de física corresponden a la observación, medición, recolección y análisis de datos, y extracción de conclusiones en el laboratorio utilizando ciertos equipos y materiales. Espinosa-Rios, González-López y Hernández-Ramírez (2016) amplían las consideraciones antes señaladas indicando que:

*La implementación de las prácticas de laboratorio implica un proceso de enseñanza-aprendizaje facilitado y regulado por el docente, el cual debe organizar temporal y espacialmente ambientes de aprendizaje para ejecutar etapas estrechamente relacionadas que le permitan a los estudiantes, realizar acciones psicomotoras y sociales a través del trabajo colaborativo, establecer comunicación entre las diversas fuentes de información, interactuar con equipos e instrumentos y abordar la solución de los problemas desde un enfoque interdisciplinar-profesional. (Espinosa-Rios, González-López y Hernández-Ramírez, 2016, p. 269)*

A la vez, los autores hacen una crítica al personal docente que considera que las prácticas de laboratorio están orientadas a confirmar algo tratado en una lección tipo expositiva con actividades donde el estudiantado siguen una receta para llegar a un producto esperado, generando una demanda cognitiva muy baja, explícitamente se indica “La rigidez, el control y seguir instrucciones desplazan el desarrollo de los procesos cognitivos en los estudiantes” (Espinosa-Rios et al., 2016). Es por ello que el personal docente debe implementar una metodología apropiada para generar una mayor demanda cognitiva.

En la actualidad, se desarrollan laboratorios de física como parte del currículo al ser la física una ciencia experimental. Por tal motivo, “... las prácticas de laboratorio concebidas como estrategias didácticas, deben permitirles a los estudiantes comprender la forma en que se construye el conocimiento en una comunidad científica” (Espinosa-Rios et al., 2016), esto al considerar que la enseñanza de la física debe tener elementos de la actividad investigadora. Al respecto Valdés y Valdés (1999) señala

*Comenzaremos subrayando que la actividad investigadora no puede ser identificada de un modo simplista con la realización de actividades de laboratorio, como muchas veces ocurre en la enseñanza de la física. ¿Cómo no considerar, por ejemplo, la lectura analítica, consciente, de diversos materiales, si en la ciencia la mayor parte del tiempo de los investigadores se emplea en semejante actividad? Por otra parte, sabemos muy bien que los trabajos de laboratorio pueden llevarse a cabo como meras manipulaciones de instrumentos y fórmulas, sin tener en cuenta elemento alguno de investigación. (Valdés y Valdés, 1999, p. 526)*

La persona investigadora en temas de física debe, por ejemplo, leer estudios recientes, debe ser capaz de escribir, exponer y discutir sus hallazgos con la comunidad científica, en contraposición con el manipular instrumentos o generar gráficas como logro de aprendizaje. Adicional a lo señalado, las prácticas de laboratorio empleadas pueden tomar significancia al estar bien diseñadas

*Los modelos y las teorías científicas adquirirán relevancia para los estudiantes si les proporcionamos repetidas oportunidades de comprobar su utilidad y su potencial explicativo. Las prácticas de laboratorio han sido tradicionalmente empleadas en la enseñanza de las ciencias para demostrar las teorías científicas. Bien diseñadas, permiten cuestionar las ideas alternativas de los alumnos formuladas como hipótesis previas a los experimentos, así como encontrar sentido a las ideas científicas cuando son aplicadas para explicar fenómenos. (Romero y Quesada, 2014, p. 103)*

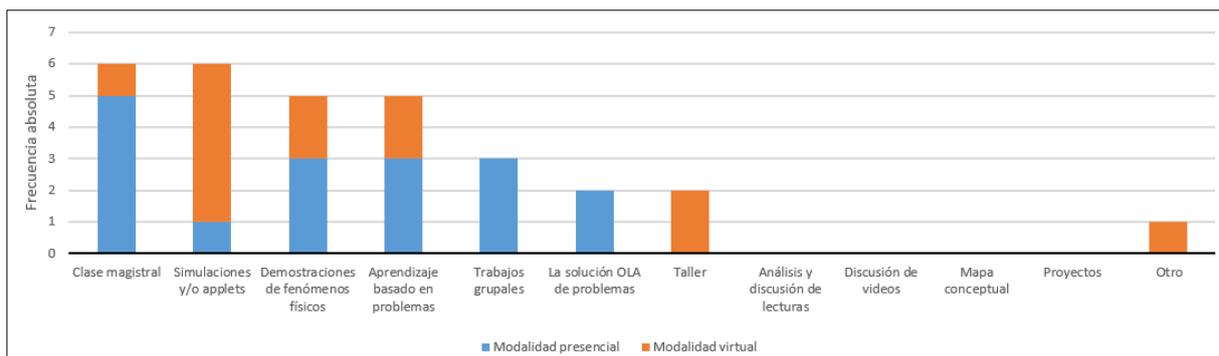
De esta forma, se debe buscar la utilidad y potencial explicativo de estas prácticas para adquirir relevancia en el estudiantado, y provocar un aprendizaje significativo. Según menciona Holmes y Smith (2019), la AAPT lanzó descripciones para metas de aprendizaje que el plan de estudios trataría de lograr a través de la instrucción de laboratorios introductorios o avanzados de física, con el fin de ser convertidas en objetivos para el aprendizaje efectivo. Las recomendaciones abarcan una amplia gama de objetivos que se dividen en seis temas:

- El modelado incluye la definición de modelos como representaciones abstractas físicas y sistemas de medición con limitaciones y aproximaciones, y desarrollar, evaluar o probar dichos modelos.
- El diseño de experimentos incluye el desarrollo, la evaluación y la resolución de problemas de experimentos para probar modelos.
- El desarrollo de habilidades técnicas y prácticas incluye el desarrollo de una gama de habilidades relacionadas con la experimentación, como trabajar con equipos específicos.
- Analizar y visualizar datos incluye comprender e implementar una variedad de métodos estadísticos y gráficos para evaluar e interpretar los datos y sus incertidumbres.
- La construcción del conocimiento incluye el proceso de usar datos para generar ideas y conclusiones sobre el mundo físico.
- La comunicación en física incluye la argumentación a partir de la evidencia y la síntesis de métodos y resultados experimentales para un consumo amplio.

## II. DIAGNÓSTICO

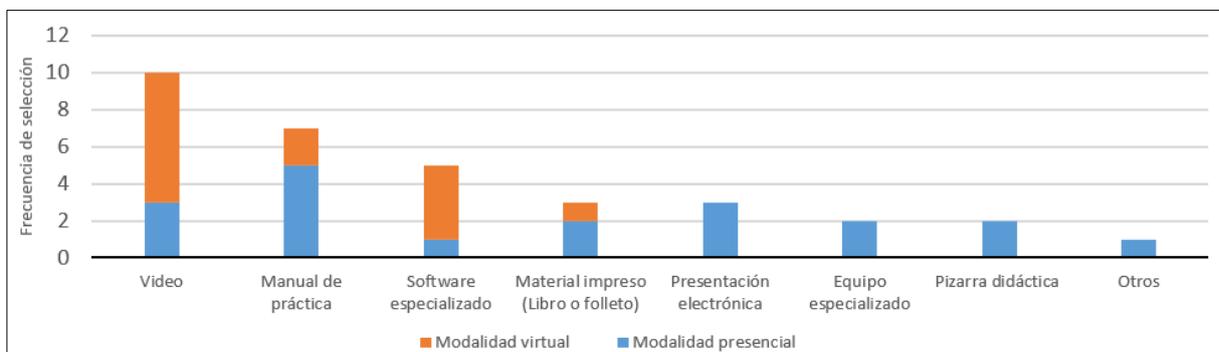
Se desarrolló un diagnóstico al estudiantado y el personal docente de la Sección de Física de la Sede de Occidente utilizando un cuestionario en línea y la entrevista, para determinar las estrategias metodológicas utilizadas y, además, las necesidades y expectativas de formación del estudiantado. Los resultados de un cuestionario aplicado a 13 estudiantes se dividieron por modalidad implementada en el curso; 6 estudiantes con la modalidad presencial y 7 estudiantes con la modalidad virtual. La modalidad presencial corresponde a un curso donde las lecciones fueron presenciales y la modalidad virtual corresponde a un curso donde las lecciones fueron impartidas por medios virtuales. Mediante la entrevista, las personas docentes coinciden que se debe experimentar como parte fundamental de la experiencia de un curso de laboratorio y uno de ellos enfatiza que la experimentación debe ser parte esencial que comunica el curso de teoría con el laboratorio, porque indica, que la necesidad de experimentar nace desde el curso de teoría. Una de las personas docentes, además, señala que el programa del curso no permite hacer un abordaje del curso consecuente con el enfoque constructivista y el aprendizaje significativo.

Mediante el cuestionario, inicialmente se indagó si se lograron los objetivos del curso tanto en la modalidad presencial como virtual, de los cuales 11 estudiantes indican que sí se lograron los objetivos del curso y solo 2 estudiantes de la modalidad virtual indican que no se lograron los objetivos del curso. Con respecto de las estrategias metodológicas por parte del estudiantado, en la figura 1 se muestra los resultados las estrategias metodológicas implementadas según la modalidad matriculada. Se observa que en la modalidad presencial se utilizaron mayor cantidad de estrategias metodológicas comparadas con la modalidad virtual, esta información fue corroborada con el personal docente. El personal docente indica que en la modalidad virtual los trabajos de laboratorio fueron individuales, mientras que en la modalidad presencial fue en grupos. Cabe resaltar la precepción del uso de clase magistral en la modalidad presencial y el uso del taller en la modalidad virtual. El personal docente indica que al inicio de cada clase se introduce el laboratorio mediante una explicación, no así una clase magistral. Por otra parte, el personal docente no identifica el uso de taller como estrategia en la modalidad virtual.



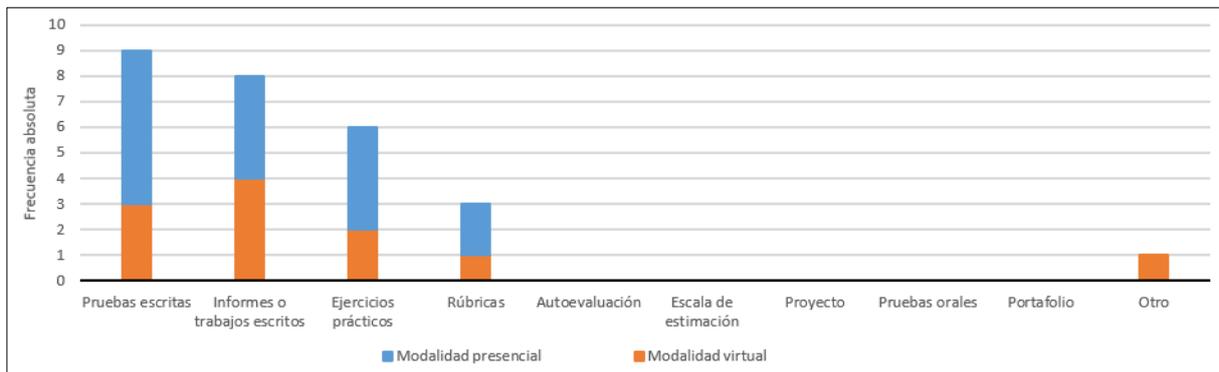
**FIGURA 1.** Estrategias metodológicas utilizadas por el personal docente durante el desarrollo del contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas" indicadas por el estudiantado, según la modalidad matriculada.

Con respecto al material didáctico, en la figura 2 se muestran los materiales didácticos utilizados en cada modalidad. En la presencial seleccionaron variedad de materiales didácticos en comparación con la modalidad virtual, donde solo se seleccionaron video, manual de práctica, software especializado y material impreso como el libro de texto.



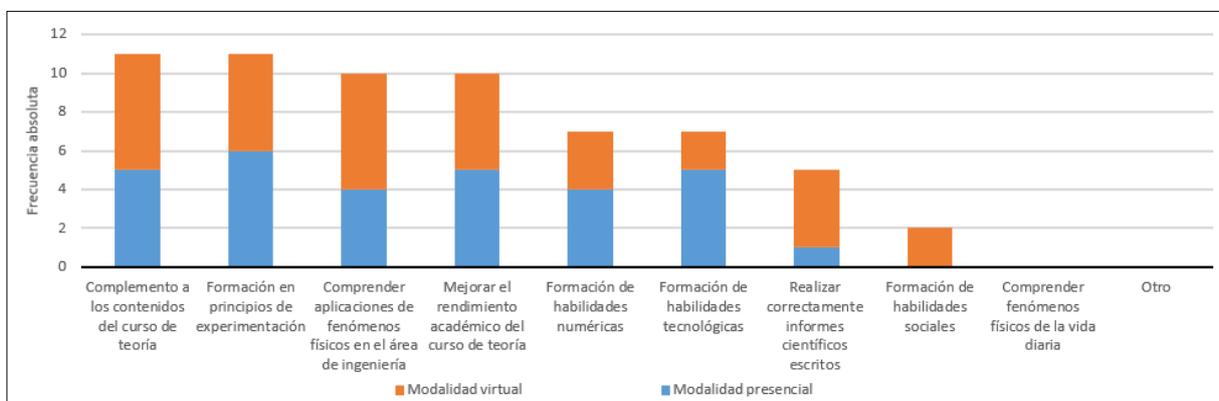
**FIGURA 2.** Materiales didácticos utilizados por el personal docente, según el estudiantado, en el desarrollo del contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas", según modalidad matriculada.

El personal docente indicó que la modalidad virtual se manejó de forma asincrónica, donde al estudiante se le suministraba videos, manuales de práctica entre otros, para que el estudiante completara las actividades asignadas de forma independiente. En la modalidad virtual, se utilizaba la pizarra, computadora y todo el equipo necesario en las mesas de trabajo para realizar la práctica. Un estudiante selecciona "Otro" y hace referencia al equipo de la marca Pasco disponible en las mesas de trabajo. Con respecto a las evaluaciones usadas, los estudiantes seleccionaron los mismos instrumentos de evaluación tanto para la modalidad presencial como virtual. Un estudiante selecciona "Otro" y hace referencia a pruebas en línea mediante la plataforma institucional Mediación Virtual. Esta información fue corroborada con el personal docente, donde se indica que no se varió las actividades evaluativas en la modalidad virtual. Con base en estos datos, se deduce que a pesar que el programa del curso se enmarca en una metodología tradicional expositiva, la estrategia de mediación implementada por el personal docente es percibido de forma positiva por parte del estudiantado.



**FIGURA 3.** Instrumentos de evaluación de los aprendizajes en el contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas" utilizados por el personal docente, indicados por el estudiantado, según modalidad matriculada.

Como parte del diagnóstico se indagó sobre las necesidades y expectativas de formación del estudiantado respecto al curso, los resultados se muestran en la figura 4. En los resultados resalta el hecho de que comprender los fenómenos físicos en la vida diaria no corresponde a una expectativa de formación por parte del estudiantado consultado, no así el comprender las aplicaciones de fenómenos físicos en el área de ingeniería. También se indagó respecto a la satisfacción de las necesidades de formación de la carrera, donde 10 estudiantes indican que, sí se satisfacen las necesidades de formación y 3 estudiantes, de la modalidad virtual, indican que no se satisface las necesidades de formación en el curso. Por último, se indaga respecto a la necesidad de comprensión de los principios de experimentación y la necesidad de uso de instrumentos de medición como parte de su formación universitaria. En estos dos puntos la mayoría de los estudiantes califican como "muy necesario" y "bastante necesario". Con esta información se determina que los objetivos generales y específicos del curso están acorde a lo señalado por el estudiantado y son tomados en cuenta para la elaboración de la estrategia educativa.



**FIGURA 4.** Opinión del estudiantado respecto a expectativas de formación académica al asistir al curso Laboratorio de Física General II, según modalidad matriculada.

### III. ESTRATEGIA EDUCATIVA

Durante el II semestre del 2020, el curso de Laboratorio de Física general II es un curso exclusivo de la carrera de Ingeniería industrial e implementado bajo la modalidad virtual. Tomando como base los hallazgos del diagnóstico realizado, se procede a realizar una estrategia educativa para el contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas" con la intencionalidad de introducir un enfoque constructivista para el cual se propone una serie de estrategias metodológicas para que el estudiantado construya su conocimiento mediante actividades que entrelacen el conocimiento teórico de los fenómenos físicos con los objetivos del programa del curso, propiciando un aprendizaje significativo. Además, se toma en cuenta habilidades necesarias para el desarrollo profesional como lo es la comunicación y el trabajo colaborativo.

Para la elaboración de la estrategia educativa se parte de una exploración teórica realizada previamente y de los resultados obtenidos en el diagnóstico. La estrategia educativa pretende brindar una mejor comprensión del contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas". Se tomaron en consideración los hallazgos encontrados en la modalidad virtual, estos son el uso de actividades grupales, complementar los contenidos conceptuales indicados en el curso de teoría, incluir principios de experimentación y contextualizar los aprendizajes al área de ingeniería. Es muy importante identificar los conocimientos previos que posee el estudiantado, porque esta es la base con la cual el estudiantado interpreta la realidad y nuevo contenido.

La estrategia educativa desarrolla un planeamiento por etapas. Cada etapa corresponde a una serie de actividades que el estudiantado debe desarrollar para lograr los objetivos de aprendizaje. Cada etapa está diseñada de forma que el nivel de complejidad vaya en aumento, tal que se inicia con actividades sencillas hasta llegar a actividades más complejas, lo anterior partiendo de los conocimientos previos del estudiantado. Los resultados de aprendizaje de las cinco etapas se muestran en la figura 5, cada avance en una etapa tiene como fin exigir mayor nivel cognitivo en el estudiantado. La implementación de actividades se realiza para completar en un periodo establecido con actividades de mediación sincrónicas y asincrónicas, y cuyos contenidos se desglosan en la Tabla I. Cada etapa tiene una evaluación diagnóstica, formativa y sumativa acorde a los objetivos de aprendizaje.

**TABLA I.** Contenidos incluidos en la estrategia educativa.

Contenidos conceptuales:	Contenidos procedimentales:	Contenidos actitudinales:
a. Modelos físicos: Sistema masa-resorte, péndulo, ondas en interferencia, ondas bajo condiciones de frontera.	a. Resolución de problemas matemáticos.	a. Responsabilidad y actitud positiva hacia la materia.
b. Movimiento armónico simple (MAS).	b. Medición correcta con instrumentos de medición.	b. Actitud indagadora.
c. Propagación de ondas. Reflexión y transmisión de una onda mecánica.	c. Cálculo de incertidumbres.	c. Respeto, cordialidad y colaboración con las personas compañeras de clase.
d. Sobreposición de ondas, ondas estacionarias y resonancia.	d. Escritura de un análisis de resultados experimentales.	d. Acatamiento de recomendaciones sanitarias en el contexto actual y normas de seguridad.

Por otra parte, la estrategia educativa pretende el desarrollo de las siguientes habilidades y destrezas por parte del estudiantado:

- Trabajo colaborativo.
- Comunicación apropiada sus ideas con base en la fundamentación teórica.
- Respeto y cordialidad al interactuar.
- Realización adecuada de una medición según el instrumento de medición utilizado.
- Comprensión de los datos experimentales con base en la teoría.
- Diseña un experimento sencillo de forma adecuada para dar respuesta a una interrogante.

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de la etapa 2 y etapa 4 fue realizada por medio de la plataforma institucional Mediación Virtual en el transcurso de dos semanas. Esta plataforma permite tanto la colocación de asignaciones como la programación de videoconferencia por medio de zoom. Al finalizar la semana, el estudiantado evaluó las estrategias utilizadas mediante una rúbrica de evaluación.

En la implementación de la estrategia educativa se detectaron fortalezas y debilidades. Entre las fortalezas encontradas está la facilidad de colocar los videos, material y coordinar la reunión por Zoom en el aula virtual. Las actividades e instrucciones se pueden acceder en cualquier momento al ser actividades asincrónicas, provocando facilidades como la gestión del tiempo por parte del estudiantado. También las actividades planificadas permiten la toma de decisiones para adecuarse al contexto del estudiante. Entre las debilidades encontradas está que se desconoce si la persona estudiante pudo tener problemas en cuanto a la conexión a internet y como consecuencia dificultad en la coordinación de tareas en el grupo de trabajo.

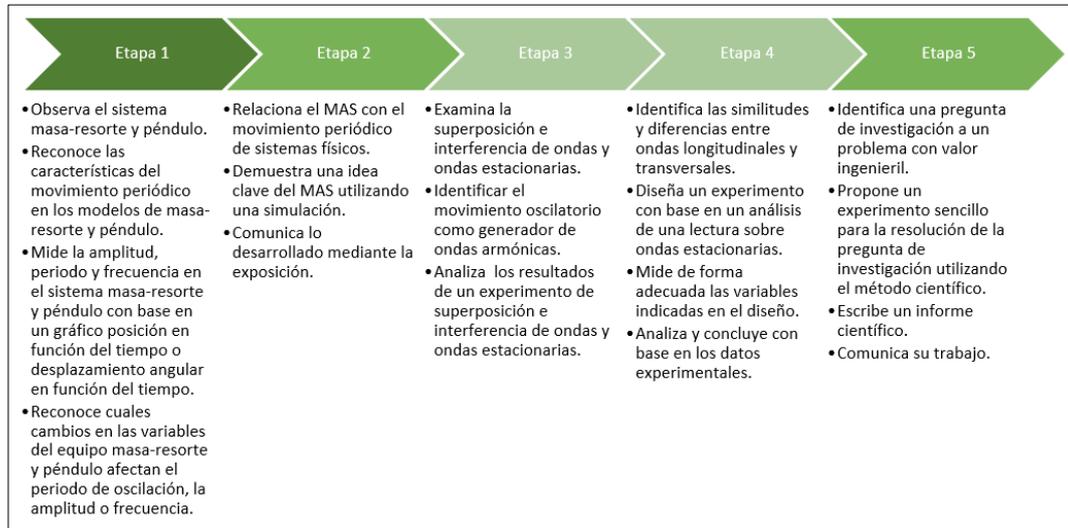


FIGURA 5. Resultados de aprendizaje para cada etapa planteada.

La mediación se realiza mayoritariamente asincrónica, a excepción de una clase sincrónica. En la clase sincrónica de la primera semana se conectaron 22 estudiantes de 25 estudiantes matriculados. Para la clase sincrónica se utiliza una presentación con el contenido de Movimiento Armónico Simple (MAS), cuatro preguntas diagnóstico utilizando preguntas en línea con *Mentimeter*, e interacción por medio de audio, donde hay un ambiente de participación durante la actividad. De manera sincrónica se aplican cuatro preguntas diagnóstico, donde se identifica deficiencia en cuanto al conocimiento de las posiciones de velocidad y aceleración máximas en el MAS, posteriormente se explica la dinámica para la idea clave. Se habilita una asignación tipo tarea para la conformación de grupos de trabajo y para recibir la idea clave. En total se conformaron 10 grupos de trabajo y se habilita el foro para compartir los videos realizados con el estudiantado. Se da retroalimentación en el proceso y se califica mediante rubrica. La segunda semana se realiza un video y preguntas a completar de manera asincrónica mediante un ítem de lección, con el fin de que la totalidad del estudiantado participe, sin embargo, la cantidad de estudiantes que completó la lección fue menor que con la actividad sincrónica. Durante la semana, el estudiantado realizó, en grupos de trabajo, las asignaciones, donde se les solicitó adaptar y realizar un experimento en casa tomando como base el experimento de ondas estacionarias de la lectura de Cabello (2010). Se atendió dudas en forma escrita mediante correo electrónico, videollamada y foro de discusión del curso. Al finalizar la semana, se recibe el informe del experimento. El estudiantado logra realizar con éxito el experimento en casa, tomando en consideración adaptaciones para su contexto. Con respecto al contenido del informe, se detectan algunas deficiencias en cuanto al cálculo de incertidumbres solicitado, a la escritura del análisis y de conclusiones, para ello se da una retroalimentación en el proceso de calificación.

La evaluación de las etapas 2 y 4 de estrategia educativa fue realizada por 16 estudiantes por medio de una rúbrica de evaluación. Entre los aspectos más relevantes se encuentra que 13 personas seleccionaron "Totalmente" en los aspectos "Se adapta a necesidades o características específicas del estudiantado y sus diferentes respuestas", "Permite su utilización combinada con otras actividades desarrolladas por estudiantes" y "Los audios, videos, animaciones y multimedia utilizados son pertinentes y coincidentes con la propuesta de diseño y contenido". Por otra parte, solo un aspecto fue seleccionado como "Deficiente" por una persona, el cual corresponde a "Estimula el aprendizaje autónomo". La totalidad de estrategia educativa fue validada por una persona experta en constructivismo utilizando una rúbrica de validación. A cada ítem de la rúbrica de validación se asigna un puntaje respecto a los siguientes parámetros: 5 puntos para "Totalmente", 4 puntos para "En su mayoría", 3 puntos para "Algunos aspectos", 2 puntos para "Deficiente" y 1 punto para "No cumple". En total se obtuvo un puntaje de 155 de 160. Por aspecto, se obtuvo lo siguiente; 52 de 55 puntos en aspectos psicopedagógicos, 45 de 45 puntos en aspectos didácticos curriculares, 39 de 40 puntos en aspectos técnicos estéticos y 19 de 20 puntos en aspectos funcionales.

## V. CONCLUSIONES

El curso Laboratorio de Física General II es un curso con una metodología tradicional de enseñanza, que al ser virtualizado conservó ciertos elementos de esa metodología tradicional como lo es el uso de manuales y de la evaluación sumativa que indican la presencia de un enfoque conductista en la concepción del curso. Al realizar un diagnóstico al personal docente y al estudiantado de la carrera de Ingeniería industrial, se determina que las estrategias metodológicas en la modalidad presencial y virtual son similares, la principal diferencia es el uso de simulaciones virtuales en lugar de la experimentación con el apoyo de un manual de práctica adaptado al equipo de laboratorio. Mediante el cuestionario, se obtiene una percepción positiva por parte del estudiantado respecto a las estrategias implementadas en la modalidad presencial y en menor grado con la modalidad virtual a pesar de tener la metodología tradicional.

Con la intención de pasar de un enfoque conductista a un enfoque constructor, se realiza una estrategia educativa que involucre los hallazgos del diagnóstico y aspectos teóricos como las recomendaciones dadas por Holmes y Smith (2019) para abordar el contenido curricular "Oscilaciones y ondas mecánicas" mediante una modalidad virtual utilizando la plataforma institucional Mediación Virtual. En esta, se realizó una planificación de actividades como una secuencia de etapas que van de actividades simples a más complejas permite que exista un aprendizaje significativo en concordancia con el enfoque constructivista, además permite abordar el contenido curricular de manera dinámica, en contraste con la monotonía en estrategias utilizadas actualmente en los laboratorios e indicada en el programa del curso. En el planeamiento se involucran actividades como la observación, trabajo colaborativo, la comunicación de ideas, la medición en casa, la lectura, el desarrollo de una investigación y la exposición de los hallazgos en una propuesta de actividades virtuales. Se hace énfasis en realizar evaluaciones diagnósticas, formativa y sumativa en cada etapa y a generar una mayor demanda cognitiva conforme se avanza con las actividades propuestas.

Como resultado de la implementación de la etapa 2 y 4 del planeamiento, se determina que la plataforma institucional permite la mediación con el estudiantado de forma sincrónica y asincrónica. Como limitante en el proceso, no hay verificación u observación de algunos aspectos clave en la realización del experimento para mejorar sus resultados, por lo que hay que tener una buena comunicación a la hora de atender consultas. Además, el estudiantado matriculado en el curso sí tenían las condiciones para realizar las actividades propuestas de manera virtual. Se observan las competencias tecnológicas requeridas durante la realización de la estrategia, como por ejemplo uso de programas ofimáticos y edición de video. Las clases expositivas sincrónicas y asincrónicas mostraron dinámicas diferentes. De manera sincrónica hay participación por parte del estudiantado en las preguntas del diagnóstico, mientras que de manera asincrónica la actividad de preguntas no fue realizado por todo el estudiantado, no así el video explicativo, este sí fue visto por todo el estudiantado. En ambos casos, las preguntas fueron de selección única, por lo que se detecta una preferencia por participar en actividades no sumativas de manera sincrónica que asincrónica. La validación de la estrategia educativa por parte de una persona experta en constructivismo y la evaluación por parte del estudiantado muestra que es elaborada bajo el enfoque constructivista y permite un aprendizaje significativo en el estudiantado.

## REFERENCIAS

- Cabello, J. (2010). Experimentos sencillos de onda estacionaria en tubos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 23(1-2).
- Díaz, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. 2da edición. México: McGraw-Hill Interamericana
- Davis, N.; McCarty, B.; Shaw, K. y Sidani-Tabbaa, A. (2006). Transitions from objectivism to constructivism in science education. *International Journal of Science Education*, 15(6), 627-636
- Espinosa-Ríos, E.; González-López, K. y Hernández-Ramírez, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281
- Holmes, N. G., y Smith, E. M. (2019, Mayo). Operationalizing the AAPT Learning Goals for the Lab. *The Physics Teacher*, 57(5), 296–299. doi:10.1119/1.5098916
- Moreira, M. A. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 45-52.
- Romero, M. y Quesada, A. (2014) Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32(1), 101-105.

Serway, R. y Jewett, J. (2019). *Física para ciencias e ingeniería*. 10th ed. México: Cengage.

Sutarno, S.; Setiawan, A.; Kaniawati, I. y Suhandi, A. (2019) The development of higher order thinking virtual laboratory on photoelectric effect. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(3), 032034.

Trumper, R. (2003). The Physics Laboratory – A Historical Overview and Future Perspectives. *Science & Education*, 12, 645–670

Valdés, P. y Valdés, R. (1999) Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física en las condiciones contemporáneas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(3), 521-523