

[Cierre de edición el 30 de agosto del 2024]


<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

# Aprendizaje basado en casos prácticos integradores en la enseñanza de la ingeniería. Un caso de estudio sobre dinámica estructural

*Learning Based in Integrative Practical Cases in Engineering Education: A Case Study on Structural Dynamics*

*Aprendizagem baseada em casos práticos integrativos no ensino de engenharia. Um estudo de caso sobre dinâmica estrutural*



Diego Francisco Ledezma-Ramírez  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
 <https://ror.org/01fh86n78>  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Nuevo León, Mexico  
[diego.ledezma@uanl.edu.mx](mailto:diego.ledezma@uanl.edu.mx)  
 <https://orcid.org/0000-0002-3197-0291>

Recibido • Received • Recebido: 01 / 06 / 2023  
Corregido • Revised • Revisado: 18 / 07 / 2024  
Aceptado • Accepted • Aprovado: 12 / 08 / 2024

## Resumen:

**Introducción.** En el ámbito de la enseñanza de la ingeniería, se busca constantemente mejorar los métodos pedagógicos para garantizar un aprendizaje efectivo y significativo para el estudiantado. **Objetivo.** Aplicar casos prácticos reales basados en información experiencial como problemas integradores en la enseñanza de la ingeniería para motivar el aprendizaje activo y despertar interés en el estudiantado. **Discusión.** Con la presentación de un ejemplo de análisis de un vehículo para la asignatura de dinámica estructural, se examina cómo estos casos pueden ser adaptados y modificados utilizando datos reales como base, lo cual le permite al estudiantado reflexionar y construir su aprendizaje de manera activa. **Conclusiones.** Se sugiere integrar casos prácticos reales en la enseñanza de la ingeniería, que permitan al estudiantado reflexionar y construir su aprendizaje, para favorecer así el cumplimiento de las competencias y el perfil de egreso del programa educativo.

**Palabras claves:** Aprendizaje experiencial; educación en ingeniería; método de casos; problema integrador; aprendizaje basado en casos.

**ODS:** Educación de calidad.

## Abstract:

**Introduction.** In engineering education, there is a continuous effort to enhance pedagogical methods to ensure effective and meaningful learning for students. **Objective.** This study aims to explore the implementation of real-life practical cases, based on experiential information, as integrative problems within engineering education. The goal is to motivate active learning and arouse interest in students. **Discussion.** By presenting the example of vehicle analysis in a structural dynamics course, the study examined how these practical cases can be adapted and modified using real data as a foundation, enabling students to actively reflect on and construct their learning. **Conclusions.** The



<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

study suggests integrating real-life practical cases into engineering education, enabling students to reflect on and construct their learning, thus promoting the fulfillment of competencies and aligning with the educational program's profile.

**Keywords:** Experiential learning; engineering education; case method; integrative problem; case-based learning.

**SDG:** Quality education.

### Resumo:

**Introdução.** No campo do ensino de engenharia, há uma busca constante para melhorar os métodos pedagógicos a fim de garantir uma aprendizagem eficaz e significativa para cada estudante. **Objetivo.** Explorar a aplicação de casos práticos reais baseados em informações experienciais como problemas integradores no ensino de engenharia para motivar a aprendizagem ativa e despertar o interesse do grupo de estudantes. **Discussão.** Ao apresentar o exemplo de análise de um veículo para a disciplina de dinâmica estrutural, examina-se como esses casos podem ser adaptados e modificados utilizando dados reais como base, permitindo que o grupo de estudantes reflita e construa seu aprendizado de forma ativa. **Conclusões.** Sugere-se integrar casos práticos reais no ensino de engenharia, permitindo que cada estudante reflita e construa seu aprendizado, promovendo assim o cumprimento das competências e do perfil do programa educacional.

**Palavras-chave:** Aprendizagem experiencial; ensino de engenharia; método de caso; problema integrativo; aprendizagem baseada em casos.

**ODS:** Educação de qualidade.

## Introducción

En la actualidad, la formación de profesionales en ingeniería enfrenta diversos retos debido a los constantes cambios no solo en el ámbito tecnológico, parte central de la ingeniería, sino también debido a los aspectos sociales, económicos y políticos que se mantienen en constante evolución. La esencia de la ingeniería por naturaleza es la solución de problemas prácticos mediante la aplicación innovadora de la ciencia y la tecnología, cuyas múltiples disciplinas avanzan constantemente, y en años recientes este progreso se ha acelerado (Sheppard et al., 2009; Valencia Restrepo, 2000). Existen hoy en día grandes desafíos para ingenieros e ingenieras en diferentes áreas como lo son la movilidad sostenible, seguridad informática, automatización y mejora de procesos industriales, entre otros, donde cada día vemos surgir nuevas herramientas y aplicaciones, como por ejemplo la inteligencia artificial. Diversos estudios han profundizado en la forma de abordar estos problemas mediante propuestas para adaptar la educación de la ingeniería en función de los constantes cambios y retos. Vega-González (2013) ha propuesto un nuevo esquema para la formación, basado primeramente en los fundamentos teóricos, físico-matemáticos, y de formación en ciencias de la ingeniería, y en el cual el estudiantado pueda involucrarse en proyectos académicos y de investigación dictados por las necesidades actuales. Muchas escuelas de ingeniería actualmente han tomado, en cierta forma, algunas o varias de las ideas propuestas por Vega-González (2013), implementando programas de titulación que fomentan al estudiantado a participar en proyectos con alto nivel de desarrollo tecnológico, dictados por las necesidades de la industria y la sociedad, motivándolo a desarrollar y aplicar el pensamiento crítico en la solución de problemas. En la

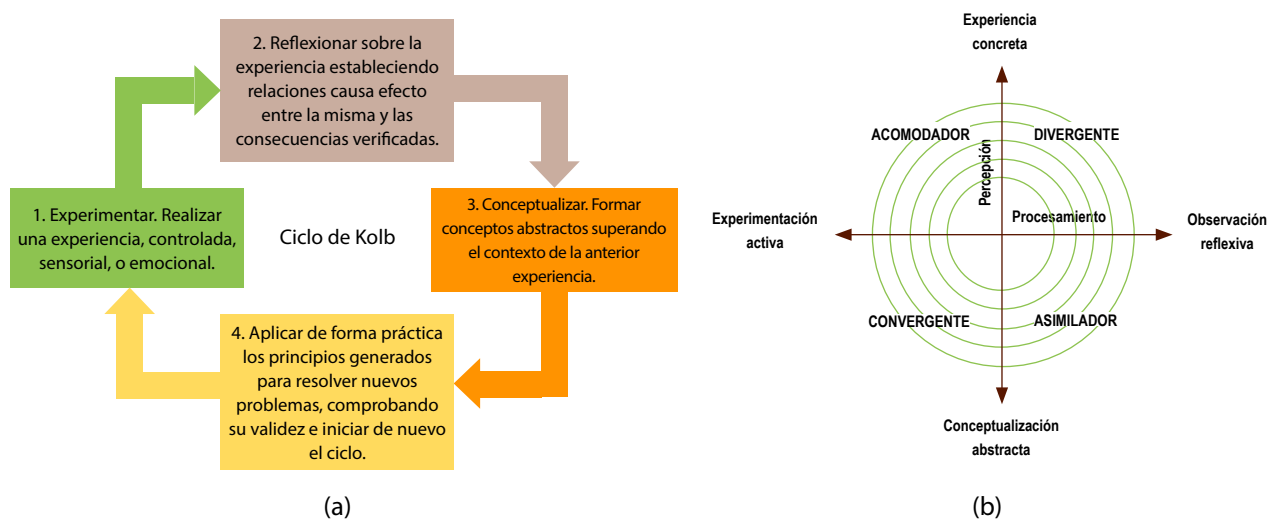


Universidad Autónoma de Nuevo León, el actual modelo educativo permite al estudiantado la participación en prácticas profesionales, y estancias de investigación en proyectos pertinentes a los requerimientos de la industria y la sociedad. Se implementa la educación centrada en el aprendizaje que requiere de experiencias relevantes, pertinentes e interesantes que despierten el deseo de aprender, al vincular anteriores y nuevos conocimientos para lograr, de esta forma, transformar el aprendizaje académico hacia al ejercicio profesional.

### Aprendizaje y métodos de enseñanza en educación superior

Rimbau Gilabert et al. (2008) sintetizan los tipos de aprendizaje en tres categorías: el aprendizaje formal que se desarrolla de forma estructurada, por ejemplo, en instituciones educativas mediante los planes curriculares; el aprendizaje no formal, que contempla actividades planeadas, pero no específicamente para el aprendizaje, aunque sí impactan de forma importante en la formación, y el aprendizaje informal, concerniente a la vida diaria, laboral, familiar, etc., también llamado aprendizaje por experiencia. En este contexto, Rimbau Gilabert et al. (2008) proponen el reconocimiento de aprendizajes obtenidos por la experiencia previa (RAEP) como medio de lograr el aprendizaje permanente, clave para el futuro estudiantado egresado de ingeniería. De acuerdo con Kolb (1984), el aprendizaje experiencial se define como el proceso a través del cual se crea conocimiento por medio de la transformación de la experiencia. Así, se considera el modelo de Kolb, no como un método, sino como un enfoque que abarca diferentes metodologías en las que el estudiantado aprende o descubre mediante el contacto directo con la realidad. Este modelo consta de cuatro fases que comprenden la experimentación, reflexión, conceptualización y aplicación, de acuerdo con el ciclo presentado en la Figura 1(a).

**Figura 1:** Modelo de aprendizaje de Kolb, adaptado de Pinto, et al. (2016). (a) Esquema del ciclo de aprendizaje, (b) estilos de aprendizaje



**Nota:** Figura creada por el autor.

<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

Como resultado se tienen cuatro estilos de aprendizaje, a saber, convergente, divergente, asimilador y acomodador, presentados en la [Figura 1\(b\)](#). Estos resultan de sobreponer las percepciones opuestas generadas a través de experiencias concretas y conceptos abstractos y, por otro lado, dos extremos de procesamiento, uno por experimentación activa, y el otro por observación reflexiva ([Pinto et al., 2016](#)). El modelo de Kolb respalda la implementación de casos prácticos, ya que promueve un ciclo continuo de aprendizaje basado en la experiencia real.

[Alcoba González \(2012\)](#) ha presentado una clasificación de los métodos de enseñanza, definiendo un total de 25, entre los que se destacan, para efectos del presente trabajo, la clase magistral, método de casos, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas y prácticas de laboratorio.

El método más popular es la clase magistral, una interacción unidireccional entre un profesor o profesora que expone los conceptos teóricos y el alumnado quien recibe pasivamente la información. Este método ha sido criticado recientemente en el contexto de los nuevos modelos educativos, en favor de otras metodologías de aprendizaje que fomenten mayor participación e interactividad. [Gatica-Saavedra & Rubí-González \(2021\)](#) documentaron una revisión bibliográfica sobre este método, donde se concluye que, a pesar de las críticas, este método sigue siendo de gran utilidad, pero debe adaptarse de manera que favorezca la participación y reflexión del estudiantado, propiciando el diálogo y al debate ([Gómez & Muñoz, 1997](#)).

El aprendizaje basado en problemas implica el trabajo en grupos pequeños donde el estudiantado aborda problemas reales, con la debida supervisión de quien instruye. El estudiantado busca la información requerida para comprender y solucionar el problema, determinando sus objetivos de aprendizaje en función de sus conocimientos ([Alcoba González, 2012](#)). Esto permite que el personal docente pase de ser un comunicador del conocimiento, a motivar la búsqueda de este, mientras que el alumnado deja de lado el rol pasivo para buscar el conocimiento de forma activa ([Betancourt Correa, 2006](#)). Un aspecto importante en esta metodología son los llamados problemas integradores, que articulan los diversos contenidos presentados en una o varias asignaturas, buscando la máxima inclusión de contenidos en la solución de estos ([Echazarreta & Haudemand, 2009](#)).

El método de casos presenta una situación concreta que se comete a análisis y a la toma de decisiones. De acuerdo con [Montes de Oca Recio & Machado Ramírez \(2011\)](#), este método tiene como objetivo que el alumnado estudie el caso presentado, defina problemas, tome sus propias conclusiones y decida qué acciones tomar, contrastando y defendiendo sus ideas. Para que el caso sea atractivo al estudiantado, debe presentar una historia interesante, reciente, pertinente y que favorezca la toma de decisiones al afrontar un problema ([Torres Charry, 2010](#)).

El aprendizaje basado en proyectos se basa en el desarrollo de un producto concreto condicionado a recursos y tiempos específicos de manera que todas las actividades formativas giran en torno a dicho producto. Requiere también de un proceso permanente de reflexión, mediante la discusión de ideas, toma de decisiones, y evaluación de la puesta en práctica ([Alcoba González, 2012; Montes de Oca Recio & Machado Ramírez, 2011](#)).

Las prácticas de laboratorio son un modo de enseñanza práctico donde el contenido principal de lo que se aprende es demostrado o practicado por el alumnado (Alcoba González, 2012), y de acuerdo con Tristancho Ortiz et al. (2014) la forma de que el estudiantado logre las cuatro etapas propuestas por el modelo de Kolb es mediante las prácticas de laboratorio. Prince (2004) demostró que los enfoques de aprendizaje activo, incluyendo el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y el aprendizaje basado en problemas (ABP), aumentan la retención del conocimiento y desarrollan habilidades de resolución de problemas en comparación con métodos tradicionales. Sin embargo, también identificó que estos métodos pueden ser limitados por la complejidad y los recursos necesarios para su implementación efectiva. Hmelo-Silver (2004) apoya estas afirmaciones al mostrar que el ABP y el ABP fomentan el pensamiento crítico y la colaboración, pero también requiere una facilitación experta para evitar posibles desventajas, como la dependencia excesiva en la dinámica del grupo.

Se han documentado diferentes casos en donde estas metodologías son aplicadas y cuantificadas con éxito. Fernández & Duarte (2013) proponen una metodología para el desarrollo específico de competencias, mediante la solución de un problema específico, que permita detectar, diagnosticar y corregir debilidades en la formación del estudiantado.

Tristancho Ortiz 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., donde el estudiantado determina la metodología y el modelo para lograr una mayor profundidad en el análisis de datos y la validación teórica-práctica.

Soto-Vergel et al. (2020) aplican una metodología que propone la formulación de una hipótesis de trabajo desde la teoría del aprendizaje experiencial, generación de una estrategia pedagógica, su aplicación y análisis, todo esto enfocado a la enseñanza de la onda armónica, concluyendo que la relación entre experimentación y comprensión de un fenómeno teórico es favorable.

Gómez & Muñoz (1997) implementan la aplicación de conceptos teóricos en la asignatura de Ingeniería de software sobre casos reales, en un entorno industrial mediante convenios con empresas, en los que el estudiantado realiza estancias cortas trabajando sobre un problema, favoreciendo la asimilación de los fundamentos teóricos y la motivación del alumnado.

Mediante el uso de estas metodologías de enseñanza, se puede mejorar significativamente el compromiso y la motivación estudiantil al proporcionar contextos reales que hacen que los conceptos teóricos sean más relevantes y comprensibles. Sin embargo es importante destacar que existen importantes desafíos y limitaciones en el uso de estas prácticas, que deben ser considerados por el personal docente. Felder & Brent (2004) destacan que los métodos de enseñanza activa, incluidos los casos prácticos, requieren una preparación y desarrollo profesional continuo del personal docente para ser efectivo. La falta de recursos adecuados y formación docente puede limitar el éxito de estos enfoques. Savery (2006) enfatiza que para mantener la relevancia y efectividad del aprendizaje basado en casos, es crucial actualizar



<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

continuamente los casos prácticos con datos recientes y contextos actuales. Esto asegura que el estudiantado esté preparado para enfrentar los desafíos modernos en su campo profesional.

De acuerdo con las experiencias, teorías y resultados encontrados en la bibliografía existente, se puede establecer una base empírica sólida que destaca los beneficios del aprendizaje basado en casos prácticos en términos de motivación, aplicación práctica y desarrollo de habilidades críticas. No obstante, también es importante hacer notar los desafíos relacionados con la necesidad de recursos, la formación docente y la actualización continua de los casos, sustentados por estudios previos y datos empíricos que confirman la efectividad y las limitaciones de este enfoque pedagógico en la educación en ingeniería.

### Planteamiento y objetivos del estudio

De acuerdo con la discusión anterior, para lograr que el estudiantado de ingeniería logre adaptarse a los nuevos retos que la sociedad y la industria demandan, debe contar con una base teórica firme en ciencias básicas y de la ingeniería, para posteriormente trascender hacia una experiencia en ambientes reales y ser capaz de experimentar y buscar soluciones a casos prácticos. Sin embargo, el método clásico de enseñanza mediante clases magistrales, donde se presenta teoría, ejercicios, etc. no es suficiente.

La enseñanza de la práctica fundamentada en la teoría es esencial. En la enseñanza de ingeniería, las prácticas de laboratorio son pieza clave para este objetivo, estas deben estar alineadas con las clases teóricas y deben tener como objetivo complementar y validar los conceptos teóricos. Sin embargo, no siempre es posible lograr una adecuada correlación entre teoría y práctica, ya sea debido a la falta de planeación en la impartición de las prácticas, falta o limitantes del equipo de laboratorio, o debido a que la metodología seguida en las prácticas no es la adecuada y pueda carecer del debido planteamiento teórico y validación de los resultados experimentales. Otro aspecto importante es que tanto la teoría como el laboratorio, en la mayoría de los casos, se presentan mediante modelos simplificados y ambientes controlados que no reflejan adecuadamente lo que ocurre en la práctica de la ingeniería del día a día. El estudiantado de ingeniería debe ser capaz de afrontar situaciones de la vida real que muchas veces están alejadas de los modelos ideales presentados en clase y laboratorio. La incursión de proyectos y prácticas industriales para resolver problemáticas de actualidad es clave, pero la curva de aprendizaje puede ser pronunciada ([Medina Contento et al., 2020](#)).

Debido a ello, en el presente trabajo se propone incluir el estudio de casos documentados, que representen situaciones reales de problemas prácticos, donde el alumnado pueda evaluar y analizar diferentes situaciones, y validar los alcances de las teorías, cuando estas son aplicadas a sistemas y situaciones de la vida real, distintas a las simplificaciones y modelos ideales contemplados en clase. Estos casos en ocasiones son desarrollados por personal docente que realiza actividades de ingeniería fuera del aula, ya sea como parte de trabajos previos o alternos, o bien como trabajos de asesoría, consultoría, investigación o desarrollo. Se presenta

la experiencia de la asignatura Dinámica estructural mediante un caso práctico, documentado y presentado al estudiantado, analizando su implementación en la práctica. Contar con los datos reales de estos casos le permite al estudiantado realizar análisis y simulaciones de los problemas analizados, promoviendo el pensamiento crítico y la solución de problemas mediante el planteamiento de preguntas hipotéticas.

En el contexto específico de la dinámica estructural, el método basado en casos prácticos presenta una combinación equilibrada de teoría y práctica, lo que lo hace altamente eficaz para preparar a los grupos de estudiantes para desafíos reales en ingeniería. Sin embargo, su efectividad dependerá, en gran medida, de la calidad y actualización de los casos presentados, así como de la habilidad del sujeto instructor para guiar el proceso de aprendizaje. La combinación de este enfoque con otros métodos, como el aprendizaje basado en proyectos o problemas, puede ofrecer una educación más completa y adaptable a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades educativas.

## Descripción de la asignatura Dinámica Estructural

La asignatura 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 y se ubica en el sexto semestre de dicho programa. Como requisito, se necesita una base teórica sólida en conceptos como ecuaciones diferenciales, series de Fourier y transformadas de Laplace, álgebra lineal y mecánica de materiales. El objetivo de esta asignatura es conocer y aplicar las bases teóricas y experimentales que definen las vibraciones mecánicas en estructuras, así como identificar y evitar efectos negativos de estas mismas. Además de los conceptos y problemas expuestos en clase, la asignatura cuenta con un laboratorio diseñado para demostrar y explorar diferentes aplicaciones de los fundamentos teóricos. La importancia de esta asignatura para el futuro del estudiantado de ingeniería radica en que las estructuras en diferentes aplicaciones como aeronáutica, automotriz, edificios y maquinaria en general pueden estar sujetas a vibraciones con efectos negativos y potencialmente catastróficas, y deben ser capaces de entender y analizar estos fenómenos, proponiendo análisis, diagnósticos, modificaciones estructurales, diseño o selección de aislamiento de vibraciones, etc.

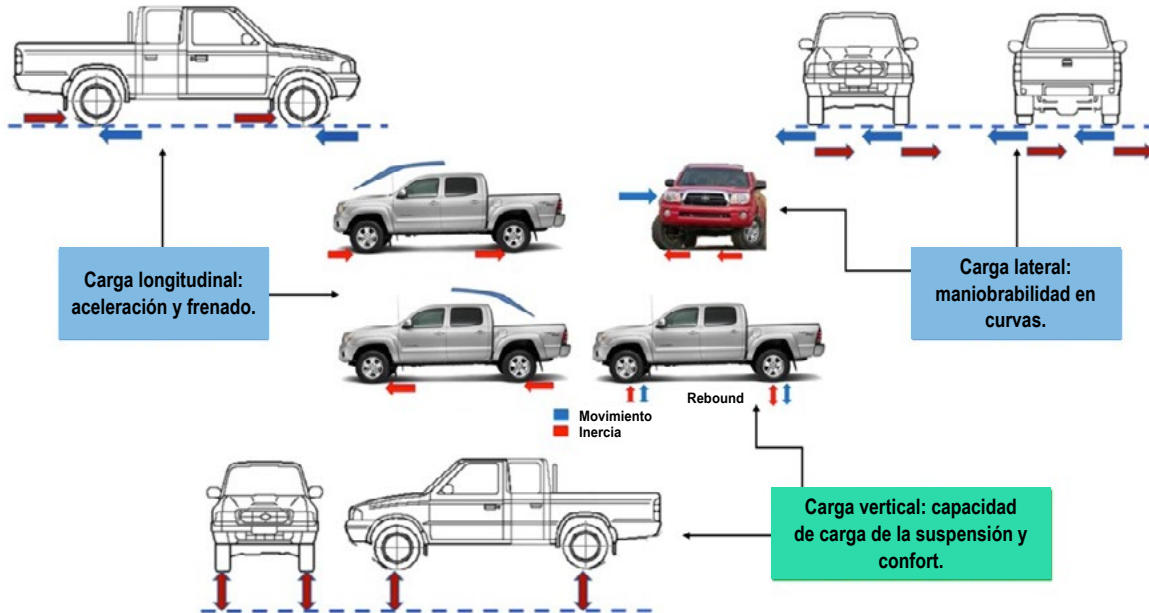
## Caso de estudio y su base teórica

El caso presentado representa una situación integradora donde se estudian la mayoría de los conceptos presentados en clase desde un enfoque aplicado. El análisis presenta el estudio de una camioneta ligera bajo cargas estáticas, que se conoce como Kinematics and Compliance (K&C). En este ensayo, el vehículo completo se prueba experimentalmente en instalaciones especiales, para aplicar carga en las direcciones vertical, axial, y lateral, con la finalidad de encontrar información útil para el estudio de capacidades de carga, suspensión, maniobrabilidad en curvas, frenado, aceleración y confort de los pasajeros y pasajeras, de acuerdo con el esquema presentado en la [Figura 2](#).



<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

**Figura 2:** Descripción de los tipos de carga y condiciones de una prueba de Kinematics and Compliance (K&C)



**Nota:** Figura creada por el autor.

Estos análisis son de gran importancia para la industria automotriz cuando se busca proponer nuevos diseños o realizar modificaciones en los actuales. Este proyecto fue gestionado por una empresa local que se dedica a la fabricación de chasis y componentes automotrices de suspensión y las mediciones se llevaron a cabo en Carolina del Norte, Estados Unidos de América por ser el lugar más accesible geográficamente para realizarlo. Como resultado de la colaboración que se tiene en la UANL y la empresa que llevó a cabo el estudio (se reserva el nombre por motivos de confidencialidad), este proyecto derivó en la escritura de una tesis de grado de maestría de un estudiante de la UANL (Contreras-Monreal, 2015). Gracias a este proyecto, se cuenta con una valiosa base de datos pertinente a un caso real que proporciona una herramienta de análisis ideal para el estudio de la dinámica estructural y áreas afines.

## Fundamentos y propiedades de sistemas vibratorios

En la asignatura de Dinámica Estructural el primer objetivo es comprender los elementos básicos que definen la respuesta dinámica de un sistema vibratorio, a saber, la inercia, la rigidez y el amortiguamiento. Se consideran cuerpos rígidos que se caracterizan por su inercia, elementos elásticos lineales que siguen la Ley de Hooke, que expresa que la deformación experimentada es linealmente proporcional a la fuerza aplicada, y los amortiguadores del tipo viscoso. Se hace mención explícita de que, en la práctica, muchas veces los modelos compuestos con estas propiedades ideales solo reflejan el comportamiento bajo ciertos límites, y que los sistemas reales distan de este comportamiento idealizado.

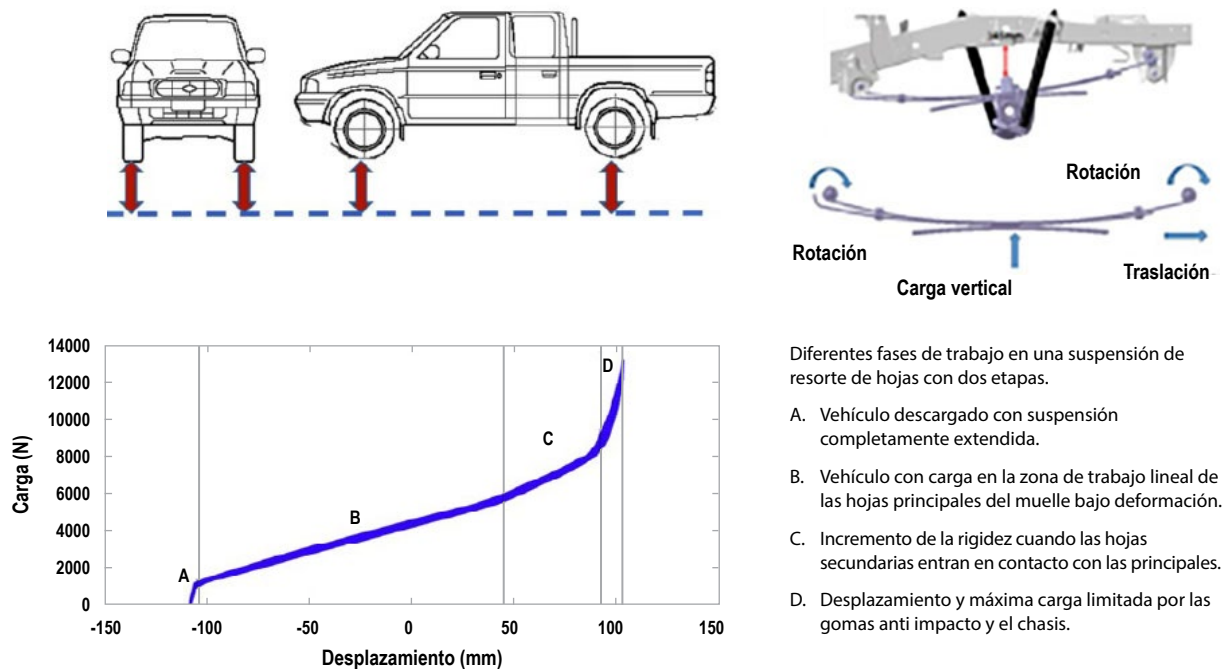


En la **Figura 3** se muestran los resultados reales del análisis de fuerza contra desplazamiento bajo carga vertical de la camioneta ligera. Este caso se presenta al estudiantado para contrastar entre lo que sucede en la práctica y el modelo ideal. Se observa claramente que la curva no es lineal, y no sigue la Ley de Hooke (aunque puede ser linealizado bajo ciertas condiciones). En lo particular se observan claramente ciertas etapas de trabajo características de una suspensión por muelles de hoja, que constan primero de una deformación de las hojas principales, y posteriormente al aumentar la carga entran en acción las hojas secundarias que incrementan la capacidad de carga, para que en la etapa final en carga máxima el chasis y la suspensión entran en contacto por medio de las gomas anti impacto y el chasis empieza a absorber la carga aplicada.

Como parte de la discusión y análisis de esta etapa se plantean preguntas como la siguientes:

- ¿Cuál es el objetivo de usar dos etapas en los muelles de hojas? Si el resultado es claramente no lineal, ¿por qué no usar un muelle con todas las hojas acopladas desde un principio?
- ¿Qué implica considerar la masa de la camioneta, carrocería y chasis como un cuerpo rígido montado sobre los elementos elásticos? ¿En qué condiciones deja de considerarse como cuerpo rígido?
- Considerando el peso bruto vehicular, y con los datos proporcionados, ¿cómo se ve afectada la frecuencia natural para diferentes condiciones de carga?

**Figura 3:** Descripción de las etapas de trabajo basado en mediciones experimentales de un muelle de hojas bajo carga vertical



Diferentes fases de trabajo en una suspensión de resorte de hojas con dos etapas.

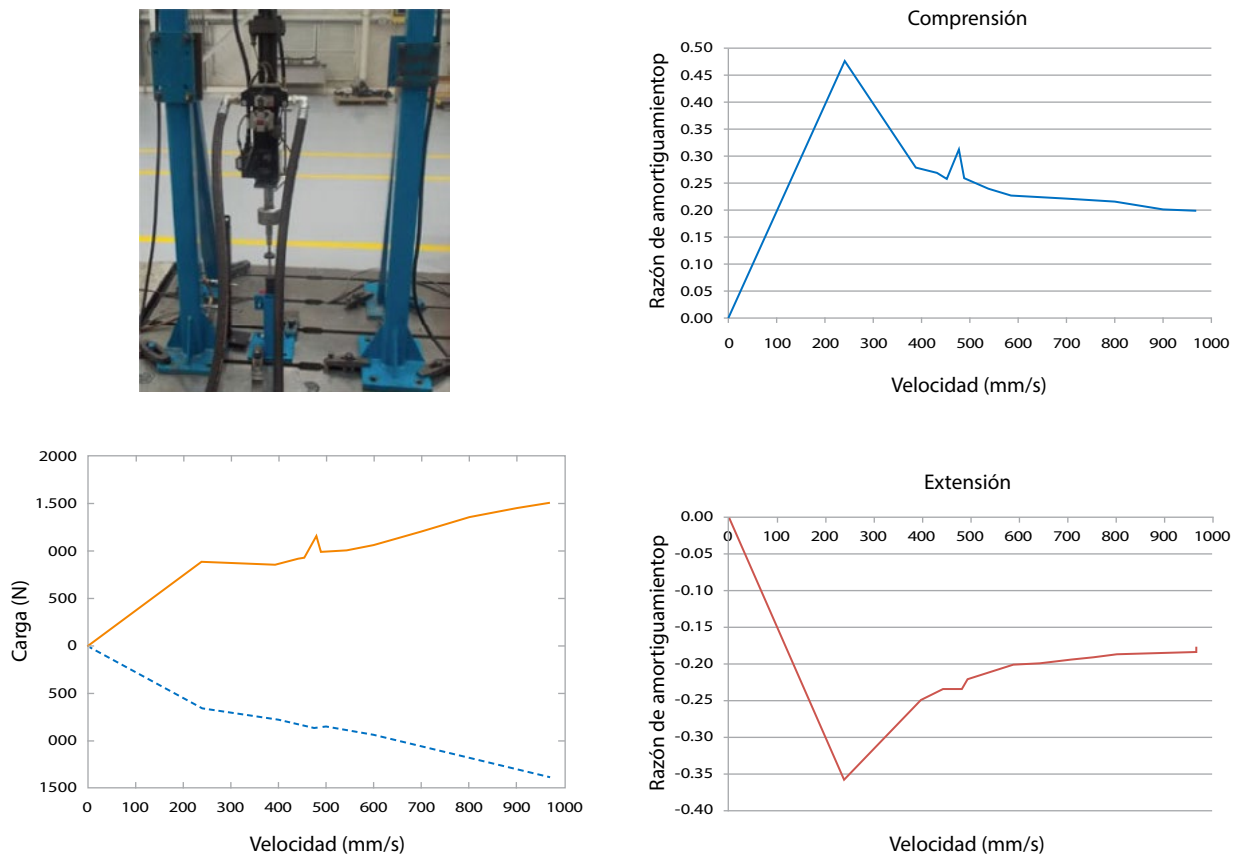
- Vehículo descargado con suspensión completamente extendida.
- Vehículo con carga en la zona de trabajo lineal de las hojas principales del muelle bajo deformación.
- Incremento de la rigidez cuando las hojas secundarias entran en contacto con las principales.
- Desplazamiento y máxima carga limitada por las gomas anti impacto y el chasis.

**Nota:** Figura creada por el autor.

<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

Para extender el análisis de este caso, se puede considerar el efecto del amortiguamiento determinado experimentalmente como parte del proyecto. En la **Figura 4**, se muestra una imagen del proceso experimental sobre el amortiguador, y los resultados. En el modelo viscoso la fuerza amortiguadora es proporcional a la velocidad aplicada. Sin embargo, en el caso real es notorio que esta relación no es lineal. Además, el comportamiento es distinto para extensión y compresión del amortiguador. Se observa que la razón de amortiguamiento no es constante para todo el rango de velocidades, por lo que en un caso real deben considerarse estas variaciones que determinarán el comportamiento dinámico. Con estos datos, el estudiantado realiza simulaciones simples en diferentes condiciones, y llega, por sí mismo, a diversas conclusiones sobre la respuesta dinámica, contando con un mejor entendimiento de las situaciones reales aplicables a casos prácticos de ingeniería.

**Figura 4:** Proceso de caracterización experimental del amortiguador, y resultados de este, carga aplicada y razón de amortiguamiento viscoso como función de la velocidad de aplicación de la carga



**Nota:** Figura creada por el autor.

## Modelos de varios grados de libertad

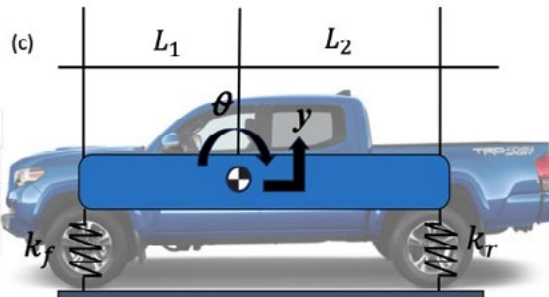
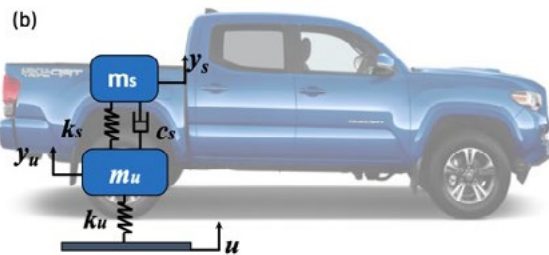
En la segunda etapa del curso se consideran modelos con varios grados de libertad. Este enfoque permite obtener más información útil de los modelos a costa de una mayor complejidad de las ecuaciones que lo definen. Este tema es la parte central del curso porque permite entender las bases del análisis modal, conjunto de técnicas teóricas y experimentales de amplia aplicación en ingeniería en estructuras y parte de la práctica industrial cotidiana. En la **Figura 5** se muestra el modelo teórico de la camioneta estudiada, considerando sus datos reales obtenidos de la prueba de K&C.

**Figura 5:** Modelos de dos grados de libertad basados en los datos disponibles y obtenidos experimentalmente de la camioneta ligera. (a) Resumen de datos, (b) modelo de un cuarto de vehículo, (c) modelo de medio vehículo

(a)

	Delantero	Trasero
Constante elástica de la llanta $k_u$ (N/m)	36300.0	29530.0
Constante elástica de la suspensión $k_s$ (N/m)	94000	30000
Distribución de masa %	0.6	0.4
Peso delantero/trasero (kg)	1108.0	802.4
Masa suspendida $m_s$ (1/4 masa total) (Kg)	504.0	301.2
Masa no suspendida $m_u$ (kg)	50	100

Masa total	1910.4 kg
Distancia entre ejes	3.5 m
$L_1$	1.4 m
$L_2$	2.1 m



**Nota:** Figura creada por el autor.

Los datos con los que se cuenta permiten, al estudiantado, el análisis y comparación de dos modelos típicamente usados en dinámica vehicular, el llamado modelo de un cuarto de vehículo definido en la **Figura 5(b)**, que arroja información sobre capacidades de la suspensión, compromiso entre maniobrabilidad, confort y capacidad de carga, espacio requerido para el viaje (desplazamiento) de los componentes mecánicos, etc. y el modelo de medio vehículo de la

<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

Figura 5(c), que permite analizar el plano vertical en movimiento de traslación, y el movimiento oscilatorio alrededor del centro de gravedad. Como parte de este análisis, el estudiantado estima las frecuencias naturales y modos de vibración, es decir, la forma del movimiento cuando el sistema trabaja en sus frecuencias naturales, siendo capaces de analizar y discutir el efecto de diferentes parámetros. De igual manera que en la primera parte del curso, estas simulaciones se pueden llevar a cabo mediante aplicaciones de software comerciales o de uso libre, como MATLAB, Python, e inclusive Excel.

Algunos puntos específicos de reflexión son:

- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas observadas al estudiar ambos modelos? ¿Cuál es la razón de la diferencia de los resultados arrojados y que enfoque sería más adecuado de acuerdo con la situación?
- ¿Cuál es el efecto de considerar el amortiguamiento debido a los neumáticos, dado que se suele despreciar en el modelo de un cuarto de vehículo?
- ¿Qué efecto tiene en la respuesta del sistema la carga útil, por ejemplo, público pasajero, carga de trabajo, entre otros? ¿Qué sucede al modificar la posición del centro de gravedad?

## Discusión

Contar con datos reales extraídos de sistemas físicos, que el estudiantado puede observar en el día a día, como lo es el caso de un vehículo, resulta atractivo y de interés para el estudiantado como aplicación a su vida profesional futura en ingeniería. Máxime si esta información proviene de primera mano, como la experiencia misma del instructor o instructora. No basta con presentar a manera de exposición los casos, sino que deben ofrecerse al análisis, reflexión y discusión. Es importante darle al caso una estructura para que la historia se cuente de forma interesante, y plantear una serie de actividades que permitan al estudiantado manipular la información y analizarla con las herramientas básicas, ya sean métodos matemáticos y físicos, aplicaciones de software, etc. Al contar con casos bien documentados, donde el estudiantado tenga libre acceso a la información, y pueda integrar diferentes conceptos teóricos alrededor de un mismo caso, le permitirá construir un aprendizaje experiencial, mediante la evaluación de diferentes etapas donde la complejidad y los conceptos van evolucionando, y el efecto de las diferentes variables involucradas puede ser explorado.

El caso particular presentado en este trabajo representa un escenario que ha sido aplicado con éxito en la asignatura de Dinámica Estructural, permitió una sinergia entre conceptos teóricos y aplicados, y que a su vez favoreció la expansión hacia otros conceptos afines y otras técnicas, como lo es el laboratorio. Es importante mencionar también que este tipo de problemas integradores como el caso propuesto aceptan la modificación y adecuación para

evitar que sea repetitivo en los diferentes ciclos de la asignatura, dado que es flexible y permite modificar el alcance y profundidad del análisis, así como las propiedades y condiciones de las diferentes simulaciones y estudios propuestos a este mismo, y la pertinencia de este en función de las nuevas tendencias en movilidad. Además, otro aspecto importante es que gracias a la implementación de este tipo de problemas integradores, con el uso de datos reales, que cuentan con el respaldo e interacción de empresas, grupos de investigación y la infraestructura de clase y laboratorio, se logran cumplir las competencias específicas de ingeniería definidas en el programa educativo y la asignatura, y mejora la experiencia de aprendizaje propuesta en las metodologías clásicas usadas con anterioridad en esta asignatura.

La consistencia entre las bases teóricas y la utilización didáctica del caso descrito en este trabajo se evidencia claramente en la forma en que los conceptos de dinámica estructural se integran con un estudio práctico de análisis vehicular. Las bases teóricas, que incluyen ecuaciones diferenciales, series de Fourier, transformadas de Laplace, álgebra lineal y mecánica de materiales, proporcionan el fundamento necesario para entender los fenómenos de vibraciones mecánicas en estructuras. El caso práctico de la camioneta ligera bajo cargas estáticas permite a estudiantes aplicar estos conceptos en un contexto real, facilitando una comprensión más profunda y concreta. Este enfoque no solo valida la teoría mediante datos reales y observaciones experimentales, sino que también fomenta un aprendizaje activo y reflexivo, donde se analizan, se discuten y se resuelven problemas reales de ingeniería. Al presentar y analizar resultados experimentales, que involucren fenómenos encontrados en el mundo real, a medida ignorados por suposiciones y simplificaciones teóricas, como lo son los efectos no lineales en la curva elástica y los efectos del amortiguamiento, el estudiantado puede contrastar entre los modelos ideales y las aplicaciones prácticas, reforzando así su capacidad para abordar desafíos de la ingeniería en el mundo real. Este método didáctico, basado en la aplicación directa de teorías a problemas prácticos, asegura que el aprendizaje sea relevante, significativo y alineado con las competencias y perfiles profesionales que demanda la industria actual.

De esta forma, se puede establecer una postura a favor de la integración de casos prácticos en la enseñanza de la ingeniería, particularmente en el campo de la dinámica estructural. Sin embargo, aunque este enfoque ofrece múltiples beneficios, como la motivación estudiantil y la aplicación práctica de teorías complejas, también enfrenta desafíos significativos. Estos incluyen la necesidad de recursos sustanciales, tanto materiales como humanos, para desarrollar y actualizar constantemente los casos prácticos, así como la capacidad y experiencia docente para implementar eficazmente este método. Además, la dependencia de casos específicos puede limitar la exposición de estudiantes a una variedad más amplia de problemas teóricos y abstractos, fundamentales en la formación de ingenieros e ingenieras capaces de adaptarse a diversos contextos y desafíos. Por lo tanto, aunque el enfoque basado en casos prácticos es valioso, debe ser complementado con otros métodos pedagógicos para asegurar una educación integral y balanceada.



<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

Al comparar los resultados con otros estudios en el campo, se pueden observar tendencias y diferencias significativas que enriquecen la comprensión de las mejores prácticas en la educación en ingeniería. Los resultados de este estudio coinciden con hallazgos previos en cuanto a la mejora en la capacidad de análisis y resolución de problemas por parte del estudiantado (Fernández & Duarte (2013). Sin embargo, se añade una capa adicional de relevancia práctica al utilizar datos reales de la industria automotriz. La contribución de este trabajo es congruente con los resultados de Soto-Vergel et al. (2020), ya que ambos estudios subrayan la importancia de la relación entre la experimentación y la comprensión teórica; sin embargo, proporciona una perspectiva complementaria a su trabajo al enfocarse en una aplicación diferente (dinámica estructural). La incorporación de datos actualizados y contextos reales es crucial para mantener la relevancia del aprendizaje basado en casos, como enfatiza Savery (2006). En futuras investigaciones, sería beneficioso explorar cómo la actualización continua de casos prácticos puede influir en la efectividad del aprendizaje y en la preparación del estudiantado para enfrentar desafíos contemporáneos en la ingeniería.

Al contextualizar los resultados presentados con respecto a otros estudios y avances en el campo, se evidencia que el uso de casos prácticos reales no solo mejora el aprendizaje activo y la motivación del estudiantado, sino que también proporciona una herramienta valiosa para el desarrollo de habilidades críticas y la aplicación práctica del conocimiento teórico. Este análisis pretende enriquecer la conversación académica y proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y mejoras en la pedagogía de la ingeniería.

## Conclusiones

En este trabajo se presentó un panorama general de los diferentes métodos de enseñanza que permiten lograr un aprendizaje experiencial de acuerdo con el modelo de Kolb. El contexto para este análisis se da en función de los retos de la educación en ingeniería, disciplina en constante cambio y evolución, para la cual el personal docente debe buscar y adaptar herramientas y metodologías para asegurar la pertinencia de los contenidos y técnicas de cada disciplina.

Parte fundamental para la formación de profesionales para el futuro de la ingeniería es la exposición a situaciones y problemas reales demandados por la sociedad e industria actualmente, para lo cual se debe buscar que el estudiantado pueda participar en proyectos dictados por estas demandas. Sin embargo, se requiere una base teórica sólida, que puede ser nutrida con la experiencia y el estudio de casos reales en las asignaturas de ciencias de la ingeniería.

En este trabajo se propone el uso de problemas integradores aplicado el estudio de casos usando como base datos reales de una situación que resulte interesante y novedoso para el estudiantado. El caso propuesto es la caracterización de las cargas y propiedades



de la suspensión de una camioneta ligera, resultado de la colaboración escuela empresa, suministrando información real al alumnado que le permite realizar simulaciones y análisis crítico-constructivos, llegando a sus propias conclusiones al aplicar los conceptos teóricos y estudiar la respuesta de un sistema real, estableciendo claramente las desviaciones de la práctica con respecto a la teoría. Este tipo de ejercicios es clave para que el estudiantado logre captar la diferencia de un ambiente controlado en el aula, donde los modelos teóricos resultan simples y ordenados, pero en la práctica el análisis se torna más complejo.

Contar con estas capacidades de análisis le permitirá al estudiantado contar con una capacidad de análisis abstracto para aterrizar los conceptos en situaciones reales. En el contexto específico de la dinámica estructural, el método basado en casos prácticos presenta una combinación equilibrada de teoría y práctica, lo que lo hace altamente eficaz para preparar a estudiantes para desafíos reales en ingeniería. Sin embargo, su efectividad depende, en gran medida, de la calidad y actualización de los casos presentados, así como de la habilidad de la persona instructora para guiar el proceso de aprendizaje. La combinación de este enfoque con otros métodos, como el aprendizaje basado en proyectos o problemas, puede ofrecer una educación más completa y adaptable a diferentes estilos de aprendizaje y necesidades educativas.

## Declaración de material complementario

Este artículo tiene disponible material complementario:

Preprint en <https://doi.org/10.5281/zenodo.10636223>

## Referencias

- Alcoba González, J. (2012). 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>
- Betancourt Correa, C. (2006). Aprendizaje basado en problemas una experiencia novedosa en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 1(2), 45-51. <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/37/29>
- Contreras Monreal, L. M. (2015). *Análisis de correlación entre un modelo multi-cuerpo y pruebas de laboratorio de una camioneta de carga ligera* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/9533/>
- Echazarreta, D. R. & Haudemand, R. E. (2009). Resolución de problemas integradores en la enseñanza de la física para estudiantes de ingeniería civil. *Formación Universitaria*, 2(6), 31-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062009000600005>



<https://doi.org/10.15359/ree.28-1.18442>  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>  
[educare@una.ac.cr](mailto:educare@una.ac.cr)

- Felder, R. M. & Brent, R. (2004). The ABC of engineering education: Abet, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on. En *Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. [https://www.researchgate.net/publication/247741404\\_The\\_ABC'S\\_of\\_engineering\\_education\\_ABET\\_Bloom's\\_taxonomy\\_cooperative\\_learning\\_and\\_so\\_on](https://www.researchgate.net/publication/247741404_The_ABC'S_of_engineering_education_ABET_Bloom's_taxonomy_cooperative_learning_and_so_on)
- Fernández, F. H. & Duarte, J. E. (2013). El aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias específicas en estudiantes de ingeniería. *Formación Universitaria*, 6(5), 29-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062013000500005>
- Gatica-Saavedra, M. & Rubí-González, P. (2021). La clase magistral en el contexto del modelo educativo basado en competencias. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1-12. <https://dx.doi.org/10.15359/ree.25-1.17>
- Gómez, J. & Muñoz, R. (1997, junio, 16 al 17). Métodos de enseñanza en ingeniería del software: Hacia una cooperación universidad-empresa. *JENUI97:III Jornadas de Enseñanza Universitaria de Informática*. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/128561/1/JENUI\\_1997\\_008.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/128561/1/JENUI_1997_008.pdf)
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Medina Contento, A., Peláez Valencia, L. E., Parra Valencia, J. A., & Sarria Palacio, A. M. (2020, Setiembre, 15 al 18). El modelo dual en la formación del ingeniero: Una experiencia significativa desde la ingeniería industrial. En *eiei. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería: La formación de ingenieros: Un compromiso para el desarrollo y la sostenibilidad*. <https://doi.org/10.26507/ponencia.704>
- Montes de Oca Recio, N. & Machado Ramírez, E. F. (2011). Estrategias docentes y métodos de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. *Humanidades médicas*, 11(3), 475-488. <http://scielo.sld.cu/pdf/hmc/v11n3/hmc05311.pdf>
- Pinto, G., Prolongo, M. L., Alonzo, J. V., Díaz, I., Ortiz-Domínguez, C., & Díaz-Muñoz, F. (2017). Fomento del aprendizaje experiencial de la química: Estudio del caso de un proyecto de innovación educativa. *ALDEQ*, 1(32), 95-100. [https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Pinto-5/publication/324208622\\_Fomento\\_del\\_Aprendizaje\\_Experiencial\\_de\\_la\\_Quimica\\_Estudio\\_del\\_Caso\\_de\\_un\\_Proyecto\\_de\\_Innovacion\\_Educativa/links/5ac4ae76aca27218eabc612c/Fomento-del-Aprendizaje-Experiencial-de-la-Quimica-Estudio-del-Caso-de-un-Proyecto-de-Innovacion-Educativa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Pinto-5/publication/324208622_Fomento_del_Aprendizaje_Experiencial_de_la_Quimica_Estudio_del_Caso_de_un_Proyecto_de_Innovacion_Educativa/links/5ac4ae76aca27218eabc612c/Fomento-del-Aprendizaje-Experiencial-de-la-Quimica-Estudio-del-Caso-de-un-Proyecto-de-Innovacion-Educativa.pdf)





- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Rimbau Gilabert, E., Armayones Ruiz, M., Delgado García, A. M., Mas García, X., & Rifà Pous, H. (2008). El reconocimiento de los aprendizajes adquiridos por la experiencia previa: Un nuevo reto para el sistema universitario. *Estudios sobre Educación*, 15, 53-86. <https://doi.org/10.15581/004.15.23443>
- Savery, J. R. (2006). Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), 9-20. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1002>
- Sheppard, S. D., Macatangay, K., Colby, A., & Sullivan, W. M. (2009). *Educating engineers: Designing for the future of the field*. Carnegie-Jossey-Bass.
- Soto-Vergel, A. J., López-Bustamante, O. A., Medina-Delgado, B., Gallardo-Pérez, H. de J., & Guevara-Ibarra, D. (2020). Enseñanza del concepto de onda armónica en la educación superior desde la teoría del aprendizaje experimental. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 8(3), 33-41. <https://doi.org/10.15649/2346030X.754>
- Torres Charry, G. (2010). El estudio de casos y su aplicación en el curso introducción a la Ingeniería Mecánica en la Universidad Tecnológica de Pereira. *Scientia Et Technica*, 16(44), 55-60. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4549154.pdf>
- 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. (2000). Crisis y futuro de la ingeniería. *Ingeniería y competitividad*, 2(2), 63-68. <https://doi.org/10.25100/iyc.v2i2.2344>
- Vega-González, L. R. (2013). La educación en ingeniería en el contexto global: Propuesta para la formación de ingenieros en el primer cuarto del Siglo XXI. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 14(2), 177-190. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(13\)72235-2](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(13)72235-2)

