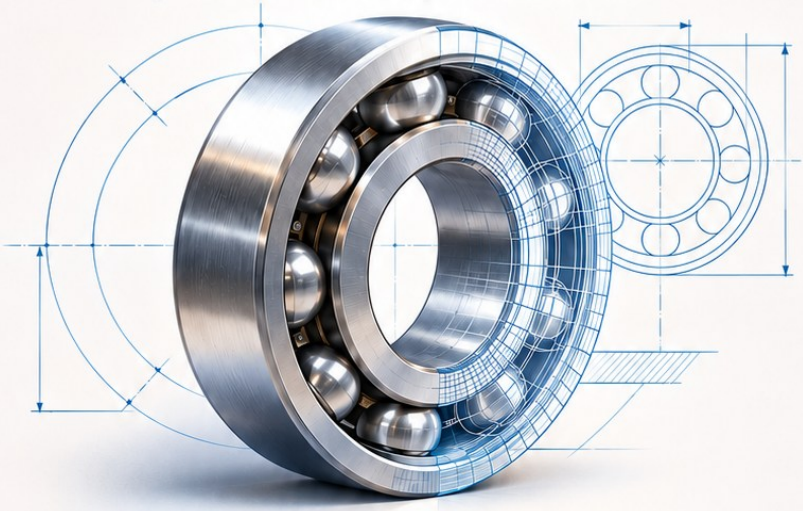
Live Working
EDITORIAL

Enseñanza de la Ingeniería Mecánica en Educación Superior

Diseño, experimentación y formación profesional



Ernesto Quishpe Sacancela
Lenin Aristóbulo Cardoso Machado
Christian Giovanni Flores Arévalo
Luis Andres Hidalgo Bonifaz
Nelson Ivan Tuquinga Sagñay

ISBN 978-9907-851-10-6

CRÉDITOS

Enseñanza de la Ingeniería Mecánica en Educación Superior
Diseño, experimentación y formación profesional

AUTORÍA Y AFILIACIONES

Ernesto Quishpe Sacancela
Universidad Técnica de Ambato
Correo: e.quishpe@uta.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5773-8485

Lenin Aristóbulo Cardoso Machado
Investigador independiente
Correo: lenincardosom@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0006-7141-9054

Christian Giovanni Flores Arévalo
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
Correo: giovanni.flores@espoch.edu.ec
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0132-8326

Luis Andres Hidalgo Bonifaz
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Correo: andres.hidalgo@upec.edu.ec;
andreshidalgo13245@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3635-5877

Nelson Ivan Tuquinga Sagñay
Investigador independiente
Correo: nelson.tuquinga@eppetroecuador.ec
ORCID: https://orcid.org/0009-0002-8318-5575

INDEXACIÓN

Dirección y Coordinación Editorial: Sara Díaz Villacís

Revisión de contenido Christian Armendáriz PhD

Revisión pedagógica: Fabrizzio Andrade PhD

© ® Derechos de Copia y Propiedad Intelectual

Maquetación y Diseño de portada: *Sara Díaz V*

Libro bajo revisión técnica y didáctica de pares

Guayaquil - Ecuador

Octubre del 2026

Descarga:

https://liveworkingeditorial.com/product/978-9907-851-10-6/

Enlace del DOI:

https://doi.org/10.63792/978-9907-851-10-6

Certificado de autenticidad

CÁMARA ECUATORIANA DEL LIBRO

ISBN: 978-9907-851-10-6

Google Play Books

Primera edición: 2026

Esta obra se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Se permite la reproducción y distribución no comercial, siempre y cuando se cite la fuente original y no se realicen obras derivadas.

Distribuido digitalmente.

CONTENIDO

CRÉDITOS II

AUTORÍA Y AFILIACIONES II

INDEXACIÓN III

CONTENIDO V

ÍNDICE DE TABLAS IX

ÍNDICE DE FIGURAS IX

CONTENIDOS MÍNIMOS XI

RESULTADOS DE APRENDIZAJE XII

INTRODUCCIÓN 1

UNIDAD 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica 6

Objetivo de aprendizaje 9

Desarrollo de la unidad 9

1.1. El problema mecánico como organizador del aprendizaje 9

1.2. Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales 11

1.3. Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual 15

1.4. Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación 18

1.5. Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia 21

Conclusiones de la unidad 1 22

UNIDAD 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura 27

Objetivo de aprendizaje 30

Desarrollo de la unidad 30

2.1. Necesidad funcional, especificaciones y planos 30

2.3. Análisis CAE: hipótesis, malla y validación 37

2.4. CAM, mecanizado y fabricación aditiva 38

2.5. Selección de materiales y mejora iterativa del diseño 41

Conclusiones de la unidad 2 42

UNIDAD 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica 47

Objetivo de aprendizaje 50

Desarrollo de la unidad 50

3.1. Diseño del experimento, variables y trazabilidad 50

3.2. Metrología, repetibilidad e incertidumbre 53

3.3. Materiales y resistencia: del modelo al ensayo57

3.4. Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía 58

3.5. Vibraciones, control y laboratorios digitales 61

Conclusiones de la unidad 3 62

UNIDAD 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad 67

Objetivo de aprendizaje 70

Desarrollo de la unidad 71

4.1. Proyectos integradores, roles y comunicación técnica 71

4.2. Automatización, mantenimiento y datos industriales 74

4.3. Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones 76

4.4. Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida 79

4.5. Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso 82

Conclusiones de la unidad 4 83

GLOSARIO 88

REFERENCIAS 103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Correspondencia entre objetivo, actividad y evidencia..... 13
Tabla 2. Criterios de aceptación en el proceso CAD–CAE–CAM 35
Tabla 3. Plan mínimo de control de una práctica experimental 54
Tabla 4. Rúbrica sintética para integración de competencias..... 75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Alineación didáctica 14
Figura 2. Ciclo de aprendizaje basado en proyectos 17
Figura 3. Alineación de resultados, actividades y evidencias..... 20
Figura 4. Proceso de diseño mecánico..... 33
Figura 5. Interpretación de planos 37
Figura 6. Ciclo de decisión en el diseño mecánico 40
Figura 7. Secuencia de experimentación en el laboratorio de mecánica 52
Figura 8. Medición e incertidumbre experimental 56

Figura 9. Secuencia de decisión en una práctica de medición 60
Figura 10. Desarrollo de competencias profesionales del ingeniero mecánico..... 73
Figura 11. Integración de simulación, manufactura y mejora continua en la formación mecánica..... 78
Figura 12. Integración de dimensiones del desempeño profesional 81

CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica

- El problema mecánico como organizador del aprendizaje
- Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales
- Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual
- Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación
- Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia

Unidad 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura

- Necesidad funcional, especificaciones y planos
- Modelado paramétrico CAD y evaluación del razonamiento
- Análisis CAE: hipótesis, malla y validación
- CAM, mecanizado y fabricación aditiva
- Selección de materiales y mejora iterativa del diseño

Unidad 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica

- Diseño del experimento, variables y trazabilidad
- Metrología, repetibilidad e incertidumbre

- Materiales y resistencia: del modelo al ensayo
- Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía
- Vibraciones, control y laboratorios digitales

Unidad 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad

- Proyectos integradores, roles y comunicación técnica
- Automatización, mantenimiento y datos industriales
- Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones
- Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida
- Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

RA1. Analizar y planificar experiencias de enseñanza de ingeniería mecánica que articulen fundamentos científicos, tareas auténticas y evidencias de aprendizaje verificables.

- Relacionar contenidos científicos y decisiones propias de sistemas mecánicos.
- Seleccionar estrategias de enseñanza según la complejidad del desempeño esperado.

- Diseñar instrumentos de evaluación capaces de distinguir procedimiento, comprensión y criterio profesional.

RA2. Desarrollar criterios para enseñar el ciclo de diseño mecánico desde la representación geométrica hasta la validación y la fabricación responsable de componentes.

- Interpretar necesidades funcionales y transformarlas en especificaciones técnicas.
- Integrar herramientas CAD, CAE y CAM sin confundir visualización con validación.
- Justificar la selección de materiales y procesos mediante criterios medibles de desempeño.

RA3. Planificar y analizar experiencias experimentales de mecánica que integren procedimientos seguros, medición, incertidumbre y contraste con modelos físicos y digitales.

- Diseñar protocolos de medición que permitan reproducir resultados y estimar incertidumbre.
- Interpretar datos de materiales, fluidos, energía y vibraciones sin confundir observación con explicación.
- Seleccionar modalidades presenciales, virtuales o mixtas según los desempeños que deben comprobarse.

RA4. Integrar competencias técnicas, comunicativas, digitales, éticas y ambientales en experiencias de formación profesional de ingeniería mecánica basadas en evidencias.

- Diseñar proyectos integradores con responsabilidades, hitos y criterios de calidad explícitos.
- Examinar oportunidades y límites de la automatización y de la inteligencia artificial en el trabajo ingenieril.
- Argumentar decisiones profesionales considerando seguridad, impacto ambiental y comunicación técnica.

INTRODUCCIÓN

La formación universitaria en ingeniería mecánica enfrenta una tensión conocida: el estudiante puede resolver un ejercicio de resistencia de materiales y, sin embargo, no siempre logra decidir qué modelo representa mejor una pieza real. En el aula, la dificultad aparece cuando una dimensión cambia, el material disponible no coincide con el previsto o el dato experimental contradice la simulación. En esos momentos se revela que conocer una fórmula no equivale a saber utilizarla con responsabilidad técnica. El razonamiento ingenieril necesita conceptos, pero también criterios para reconocer su ámbito de aplicación y sus límites.

La disciplina reúne conocimientos de mecánica de sólidos, termodinámica, fluidos, materiales, manufactura, sistemas de control y diseño. Enseñarlos como compartimentos estancos puede facilitar la organización administrativa del currículo, aunque no representa la forma en que se manifiestan los problemas profesionales. Una transmisión de potencia involucra geometría, cargas, fatiga, lubricación, tolerancias, mantenimiento y costo. Cuando esas relaciones quedan fuera de la experiencia

educativa, el estudiante aprende fragmentos sólidos de información que después le resulta difícil articular.

El propósito de la obra consiste en examinar cómo organizar una enseñanza que conecte explicación conceptual, representación técnica, experimentación y toma de decisiones. No propone reemplazar clases magistrales por proyectos en todas las asignaturas, ni convertir cada contenido en una actividad tecnológica. Defiende una distribución razonada de métodos, de acuerdo con el aprendizaje que interesa comprobar. Una demostración rigurosa sigue siendo valiosa cuando el estudiante necesita comprender la lógica de una ley física; un laboratorio resulta imprescindible cuando debe apreciar la variabilidad de una medición.

La literatura reciente de educación en ingeniería ofrece argumentos para revisar la relación entre lo que el docente expone y lo que el estudiante es capaz de hacer con ese conocimiento. Las revisiones sobre aprendizaje basado en proyectos indican resultados prometedores, pero también diferencias importantes entre programas, instrumentos de evaluación y condiciones de implementación. Por ese motivo, el valor de una metodología no puede establecerse mediante una

etiqueta. Debe examinarse la coherencia entre la tarea planteada, la preparación previa del estudiante, la intervención del profesorado y la evidencia utilizada para valorar el aprendizaje (Lavado-Anguera et al., 2024; Ramírez de Dampierre et al., 2024).

En diseño mecánico, el desarrollo de modelos digitales ha modificado la forma de enseñar. Un archivo tridimensional permite visualizar relaciones que un plano bidimensional no comunica con la misma facilidad, pero una geometría atractiva puede ocultar supuestos deficientes. La simulación por elementos finitos necesita una decisión fundamentada sobre cargas y restricciones; la fabricación asistida por computadora exige anticipar herramientas, trayectorias y condiciones de operación. El tránsito entre CAD, CAE y CAM solo constituye aprendizaje avanzado cuando cada representación responde a una pregunta y puede contrastarse con resultados observables.

La experimentación tiene una función que ninguna animación sustituye por completo: hacer visible que los fenómenos presentan dispersión y que los instrumentos poseen límites. Un ensayo de flexión, una lectura de temperatura o un registro de vibraciones no ofrece una

verdad automática. Requiere calibración, procedimientos reproducibles, registro de condiciones, análisis de incertidumbre e interpretación. Al mismo tiempo, las modalidades virtuales y remotas pueden ampliar las oportunidades de preparación, repetición y acceso. La decisión pedagógica consiste en determinar qué parte del desempeño puede desarrollarse mediante simulación y qué parte necesita contacto con equipos y materiales.

El libro considera la dimensión profesional de la ingeniería sin reducirla a empleabilidad inmediata. Un ingeniero debe explicar alternativas, estimar riesgos, documentar cambios y considerar los efectos materiales y ambientales de sus propuestas. En la universidad, estas capacidades pueden observarse cuando los equipos discuten una solución que funciona técnicamente, pero cuyo consumo energético o mantenimiento plantea dificultades. No se trata de exigir al estudiante que resuelva todos los conflictos propios de una organización industrial; se trata de enseñarle a reconocer que existen y a justificar las decisiones con evidencia.

La estructura se despliega en cuatro unidades. La primera desarrolla la planificación pedagógica y la evaluación del aprendizaje ingenieril. La segunda estudia

el diseño mecánico, el modelado y la conexión con manufactura. La tercera examina el laboratorio, la medición y los entornos digitales de experimentación. La cuarta integra competencias profesionales, sostenibilidad, automatización y responsabilidad en el uso de inteligencia artificial. Cada unidad mantiene un objetivo específico y desarrolla criterios de enseñanza aplicables a distintas asignaturas, sin presentar ejemplos hipotéticos como si fueran resultados empíricos.

La obra es una síntesis académica orientada a docentes, estudiantes avanzados y responsables curriculares. Sus propuestas de organización y evaluación son herramientas interpretativas, no un currículo obligatorio ni un estándar de acreditación. Las referencias citadas permiten reconocer el origen de las discusiones; las figuras y tablas son elaboraciones didácticas de los autores que requieren contextualización institucional antes de su aplicación. El criterio rector es sencillo, aunque exigente: una formación mecánica consistente debe enseñar a explicar por qué una solución puede funcionar, en qué condiciones deja de hacerlo y con qué pruebas es razonable sostener la decisión.

UNIDAD 1. Fundamentos pedagógicos y organización del aprendizaje en ingeniería mecánica

Una asignatura de ingeniería mecánica suele iniciar con una lista de temas: estática, cinemática, transferencia de calor o selección de materiales. Esa organización ayuda a distribuir el tiempo y los recursos, pero no explica qué debe comprender un estudiante ni cómo utilizará lo aprendido en una situación técnica. La planificación docente gana precisión cuando parte de una pregunta distinta: ¿qué decisiones podrá fundamentar el estudiante después de terminar la unidad? Formular esa expectativa obliga a diferenciar la habilidad de aplicar una ecuación de la capacidad de elegir la ecuación adecuada.

El aprendizaje técnico tiene una progresión. Antes de calcular la deformación de un elemento, el estudiante necesita reconocer el sistema, establecer condiciones de carga y comprender el significado físico de esfuerzo y deformación. También debe identificar cuándo una hipótesis de elasticidad lineal resulta defendible. Si la enseñanza omite esos pasos, la resolución se convierte en una secuencia de operaciones desconectadas. El problema no es únicamente didáctico; también afecta a la

seguridad de las decisiones que más adelante deberán tomarse fuera del aula.

Las metodologías activas aportan posibilidades para integrar conocimiento conceptual y actuación, siempre que se diseñen con rigor. Un proyecto puede reunir mecánica, geometría y manufactura, pero también puede distraer con la construcción de un objeto sin que exista explicación de por qué funciona. El aprendizaje basado en problemas ofrece una pregunta abierta; no elimina la necesidad de instrucción directa, lectura científica ni ejercicios de práctica. En una formación equilibrada, cada recurso cumple una función y su selección se justifica por la evidencia que se necesita obtener.

La evaluación requiere especial atención. Una nota alta en un examen de procedimientos no demuestra por sí sola que el estudiante interprete un resultado experimental, seleccione un modelo o identifique una falla de diseño. Tampoco una presentación grupal permite atribuir automáticamente el aprendizaje a cada integrante. Por esa razón, las tareas deben dejar rastros individuales y colectivos: supuestos iniciales, cálculos revisables, bitácoras, planos, ensayos, argumentos y decisiones

corregidas. La evidencia de aprendizaje comienza mucho antes de la calificación final.

En carreras con grupos numerosos o recursos de laboratorio limitados, la discusión suele centrarse en la viabilidad de los proyectos. Sin embargo, también son posibles intervenciones pequeñas: comparar dos soluciones de un mismo problema, justificar una condición de frontera o comentar una lectura técnica en función de un criterio de seguridad. La pertinencia depende de que la actividad exija una operación cognitiva identificable, no de la sofisticación del dispositivo utilizado. Una experiencia breve puede ser profunda y un proyecto extenso puede producir aprendizaje superficial.

Los estudios contemporáneos sobre la formación ingenieril destacan la importancia de conectar currículo, competencias y contextos de práctica. No obstante, sus resultados no autorizan afirmar que una sola metodología sea superior en cualquier ambiente académico. Las diferencias institucionales, la preparación docente y los instrumentos de valoración condicionan los resultados. En consecuencia, esta unidad propone trabajar desde la alineación entre objetivos, actividades y evidencias, con

revisión del proceso cuando el desempeño observado no coincide con el esperado.

La enseñanza responsable de la mecánica inicia por ofrecer al estudiante oportunidades para equivocarse de forma controlada, explicar por qué una alternativa no sirve y revisar su decisión. El aula puede convertirse así en un espacio de argumentación técnica, sin abandonar el rigor matemático. Esta perspectiva exige claridad curricular y una práctica de evaluación que valore las razones empleadas, además de la respuesta numérica obtenida.

Objetivo de aprendizaje

Analizar y planificar experiencias de enseñanza de ingeniería mecánica que articulen fundamentos científicos, tareas auténticas y evidencias de aprendizaje verificables.

Desarrollo de la unidad

1.1. El problema mecánico como organizador del aprendizaje

El punto de partida de una secuencia didáctica puede ser un componente ordinario: un eje, una ménsula o una

unión atornillada. Su utilidad pedagógica no depende de la complejidad geométrica, sino de las preguntas que obliga a formular. Identificar acciones externas, apoyos, materiales y modos probables de falla exige movilizar conceptos de varias asignaturas. La situación debe delimitarse: si todas las variables quedan abiertas, el estudiante puede perderse en decisiones para las que aún no dispone de fundamentos.

Conviene distinguir una pregunta de cálculo de un problema de ingeniería. La primera suele entregar el modelo, las condiciones y los datos para que se halle un valor. En el segundo, alguna de esas decisiones corresponde al estudiante. Puede ser necesario escoger si la pieza se modela como viga, placa o sólido; establecer qué carga es representativa; o justificar la relevancia de una dimensión. Esa diferencia resulta central para evaluar razonamiento técnico, porque revela qué parte de la solución procede de la comprensión y no de la reproducción de un procedimiento.

Un buen problema formativo permite regresar a los principios después de obtener un resultado. Si la tensión calculada supera un límite, la discusión no tiene que terminar en la sustitución de material. También puede

considerar cambios geométricos, condiciones de operación o información insuficiente. La revisión de alternativas fortalece la argumentación, siempre que se exija explicitar sus consecuencias y no solo enumerar posibilidades. La experiencia de aprendizaje se documenta en decisiones sucesivas, con registro del motivo de cada corrección.

1.2. Resultados de aprendizaje y secuencias conceptuales

La redacción de un resultado de aprendizaje necesita identificar una acción observable y el conocimiento que la hace posible. “Comprender la dinámica” es demasiado amplio para orientar una evaluación; “justificar la elección de un modelo de vibración y contrastarlo con datos medidos” delimita mejor el desempeño. La segunda formulación no garantiza calidad, pero permite diseñar evidencias que pueden examinarse. Se debe evitar, por otra parte, convertir todos los resultados en operaciones menores que fragmenten el juicio profesional.

Las secuencias requieren una base conceptual común. Antes de utilizar un solucionador digital para hallar frecuencias naturales, el estudiante debe distinguir masa,

rigidez y amortiguamiento; reconocer sistemas de uno o varios grados de libertad; y comprender qué simplificaciones introdujo. La complejidad puede aumentar de la interpretación física al cálculo, después al ensayo y finalmente a la crítica del modelo. Una progresión cuidadosa disminuye la probabilidad de que los errores iniciales se oculten bajo representaciones gráficas correctas en apariencia.

La organización curricular también necesita revisar redundancias y ausencias. En ocasiones, distintas asignaturas explican el mismo procedimiento con terminología diferente y ninguna aborda la validación de resultados. Una matriz entre resultados, actividades y evidencias ayuda a detectar esas discontinuidades. La investigación sobre evolución de programas de ingeniería mecánica advierte que la especialización transforma la distribución de competencias; esa transición exige justificar qué conocimientos fundamentales deben permanecer accesibles a lo largo de la carrera (Liu et al., 2026b).

Tabla 1. Correspondencia entre objetivo, actividad y evidencia

Resultado	Actividad central	Evidencia observable
Interpretar cargas	Delimitar apoyos y acciones	Diagrama de cuerpo libre razonado
Seleccionar modelo	Comparar dos simplificaciones	Justificación escrita de hipótesis
Verificar resultado	Contrastar cálculo y medida	Registro de discrepancia y revisión
Comunicar decisión	Defensa y bitácora	Argumento técnico y límites

Nota. Elaboración propia como matriz de planificación; no constituye instrumento validado.

La Tabla 1 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso.

La Figura 1 organiza resultados de aprendizaje, contenidos, actividades y evidencias para mostrar cómo se comprueba la coherencia de una secuencia de enseñanza.

Figura 1.

Alineación didáctica en la enseñanza de la **ingeniería mecánica**



Nota. La alineación didáctica articula lo que se espera aprender, cómo se enseña, cómo se practica y cómo se evalúa en la formación mecánica.

1.3. Estrategias activas sin pérdida de rigor conceptual

El aprendizaje basado en proyectos resulta pertinente cuando el estudiante puede producir un objeto, un modelo o una propuesta cuyo desempeño admite verificación. Su aporte no está garantizado por el trabajo en equipo. Exige hitos de revisión, criterios de aceptación y momentos de explicación individual. Una programación posible separa la definición del problema, la formulación de alternativas, el análisis físico, la comprobación y la revisión final. Las publicaciones de Lavado-Anguera et al. (2024) y Ramírez de Dampierre et al. (2024) muestran que la evaluación del proyecto merece tanta atención como su puesta en marcha.

El aprendizaje basado en problemas ofrece otra función: enseñar a identificar información relevante y reconocer la que falta. Puede utilizarse antes de introducir una nueva herramienta matemática, siempre que exista acompañamiento suficiente. En ese contexto, la discusión entre estudiantes no reemplaza la explicación formal; prepara preguntas más precisas y permite confrontar

supuestos. Gutierrez-Berraondo et al. (2025) examinan una integración de problemas y proyectos STEM, mientras Huerta-Gomez-Merodio y Requena-Garcia-Cruz (2025) analizan una experiencia transversal que conecta disciplinas implicadas en el diseño de producto.

La clase expositiva conserva un lugar legítimo, especialmente en la deducción de principios y la aclaración de modelos. Su límite aparece cuando monopoliza todas las evidencias de aprendizaje. La alternativa no consiste en oponer una modalidad a otra, sino en seleccionar una secuencia en la que explicación, práctica deliberada, aplicación y revisión se apoyen mutuamente. El docente debe comprobar si el estudiante puede explicar la pertinencia de una ecuación antes de aceptarla como herramienta para una decisión.

La Figura 2 presenta el ciclo de un proyecto formativo y permite reconocer dónde se justifican las decisiones técnicas y cómo interviene la retroalimentación.

Figura 2.

Ciclo de aprendizaje basado en proyectos en **ingeniería mecánica**



Nota. El aprendizaje basado en proyectos vincula la teoría, el diseño, la experimentación y la reflexión en contextos auténticos de la ingeniería mecánica.

1.4. Evaluación técnica, rúbricas y retroalimentación

La evaluación de proyectos de ingeniería puede distinguir la calidad del producto y la calidad del razonamiento. Una pieza fabricada con tolerancias aceptables puede haber resultado de ensayos repetidos sin comprensión de los parámetros que la afectan. A la inversa, un prototipo imperfecto puede documentar un proceso metodológicamente sólido y reconocer con precisión sus límites. La rúbrica necesita reflejar ambas dimensiones para no premiar únicamente la apariencia final.

Los criterios deben comunicarse desde el inicio: interpretación de la situación, formulación de supuestos, consistencia del cálculo, verificación, comunicación técnica y gestión de la seguridad. Cada criterio puede describirse mediante evidencias observables. “Trabajo excelente” no explica al estudiante qué hizo bien; “compara la solución analítica con el ensayo y explica una diferencia relevante” ofrece información utilizable. La retroalimentación mejora cuando identifica una decisión concreta que puede revisarse.

La distribución de responsabilidades dentro del equipo también merece documentación. Una bitácora compartida registra avances y dificultades, pero las defensas individuales permiten valorar si cada participante comprende el resultado. El portafolio técnico puede contener una primera hipótesis, una modificación de geometría y la justificación del cambio. En estudios de ingeniería se ha observado la necesidad de fortalecer capacidades de investigación y autorregulación, lo que respalda el uso de evidencias procesuales más allá del examen final (Rodríguez-Borges et al., 2024; Zambrano & Hernandez, 2026).

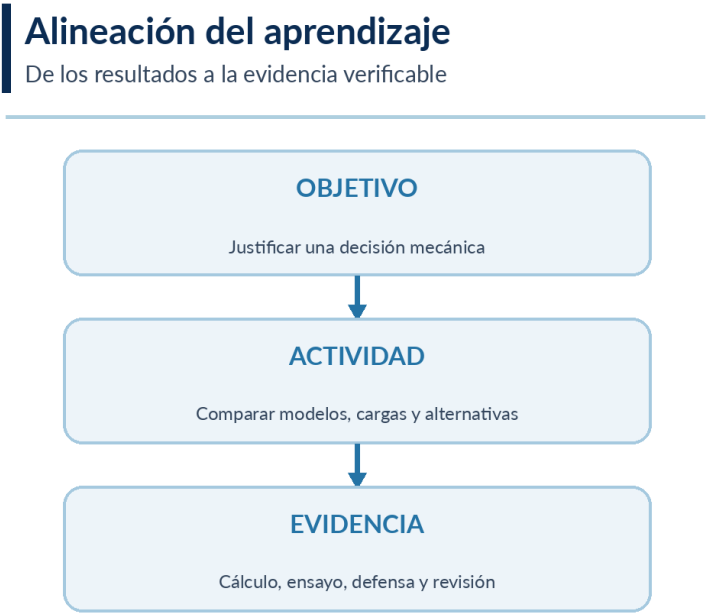


Figura 3. Alineación de resultados, actividades y evidencias

Nota. Esquema original para discutir la planificación del aprendizaje.

La Figura 3 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

1.5. Inclusión, autorregulación y mejora de la docencia

Una enseñanza exigente no requiere que todos los estudiantes aprendan por la misma vía. Los planos, las maquetas, las simulaciones y las explicaciones verbales pueden ofrecer accesos distintos a una relación mecánica, sin modificar el criterio técnico que debe demostrarse. El ajuste didáctico no equivale a rebajar la complejidad; significa preparar apoyos pertinentes y retirarlos gradualmente cuando el estudiante puede actuar con autonomía.

La autorregulación se fortalece cuando el estudiante conoce el objetivo, anticipa cómo comprobará su avance y revisa sus errores. Antes de iniciar un laboratorio, puede formular qué espera observar y qué diferencia consideraría significativa. Después, contrasta la previsión con los datos. Ese pequeño ciclo exige un vocabulario preciso para distinguir error, incertidumbre, hipótesis y explicación. La percepción estudiantil de estas capacidades constituye un campo de investigación activo, aunque no debe confundirse la percepción declarada con desempeño comprobado (Zambrano & Hernandez, 2026).

La mejora docente necesita examinar evidencias reales de aprendizaje. Una asignatura puede contar con numerosas actividades activas y mantener dificultades persistentes en la interpretación de diagramas o en la selección de modelos. El profesor requiere identificar qué paso falló y ajustar el orden de explicación, la demostración o la retroalimentación. Los trabajos sobre prácticas modulares en física y combinación de metodologías activas ofrecen referentes para estudiar el proceso, sin extrapolar resultados entre carreras como si fueran equivalentes (Sánchez et al., 2024; Roig et al., 2026).

Conclusiones de la unidad 1

La planificación de la enseñanza mecánica alcanza coherencia cuando los resultados de aprendizaje dejan de ser una declaración desligada de la práctica. La primera unidad ha distinguido el conocimiento conceptual de la capacidad para seleccionar modelos, interpretar condiciones y justificar soluciones. Esa distinción no resta valor a la teoría, sino que la ubica dentro del proceso en que adquiere significado profesional. Un estudiante que domina la ecuación de flexión, pero no puede explicar por

qué una pieza admite ese modelo, todavía necesita un aprendizaje esencial. La enseñanza debe proporcionar ocasiones para reconocer el sistema antes de calcularlo.

El problema mecánico puede funcionar como organizador curricular siempre que su complejidad corresponda al nivel formativo. La autenticidad no exige reproducir todos los detalles de una planta industrial. Es más útil una situación delimitada cuya información permita contrastar hipótesis y revisar alternativas que un encargo de gran escala resuelto por intuición. Los proyectos educativos con productos verificables pueden reunir disciplinas, pero requieren preparación previa, hitos y criterios explícitos. El docente necesita decidir qué operaciones cognitivas espera observar y cuáles herramientas son realmente necesarias para provocarlas.

La secuencia de aprendizaje resulta más clara cuando avanza desde el reconocimiento de magnitudes y relaciones hacia la elaboración de modelos y su aplicación contextual. Esta progresión no debe entenderse como una escalera rígida: pueden aparecer preguntas complejas al inicio que justifiquen después un trabajo conceptual profundo. La clave consiste en hacer visible para el estudiante qué parte de una respuesta depende de un

principio físico y qué parte constituye un supuesto adoptado. La revisión de errores, lejos de representar una interrupción, puede convertirse en un recurso para comprender la sensibilidad de las decisiones.

La evaluación ha sido presentada como una responsabilidad central de la planificación. No basta con que la tarea produzca un plano, una maqueta o un informe técnicamente atractivo. Es necesario examinar cómo se obtuvo, qué decisiones quedaron documentadas y si los participantes pueden defender individualmente el resultado. Los criterios de corrección deben describir comportamientos observables y diferenciar cálculo, interpretación, validación y comunicación. Una calificación global que mezcla todos esos aspectos puede ocultar una deficiencia relevante para el desempeño futuro.

El trabajo en equipo necesita combinar colaboración y atribución individual del aprendizaje. Cuando una persona domina el software y otra se ocupa de la exposición, el producto conjunto puede parecer competente sin que todos comprendan los fundamentos. La rotación de responsabilidades, los registros de decisiones y las defensas breves reducen esa invisibilidad. No se trata de desconfiar del equipo, sino de ofrecer a cada estudiante

una oportunidad real de explicar sus aportes y de corregir su razonamiento a partir de evidencias.

La autorregulación y la inclusión se vinculan de manera concreta con este enfoque. Las condiciones iniciales de conocimiento y experiencia digital pueden ser distintas, pero el criterio final de desempeño debe permanecer claro. El docente puede ofrecer apoyos graduados, recursos de representación variados y momentos de retroalimentación, mientras exige justificación técnica y mejora progresiva. La accesibilidad didáctica no equivale a sustituir la actividad del estudiante por una solución preparada. Su sentido consiste en ampliar las posibilidades de participación competente.

Las investigaciones consultadas permiten reconocer experiencias prometedoras de aprendizaje activo en ingeniería, pero no autorizan una conclusión universal sobre cuál método debe utilizarse siempre. Los contextos institucionales, la duración de las actividades, el equipamiento y los instrumentos de evaluación varían considerablemente. La mejora docente debe apoyarse en evidencias obtenidas en la propia asignatura: errores persistentes, calidad de las defensas, congruencia de informes y evolución del desempeño. Cualquier decisión

de rediseño curricular requiere interpretar esos registros con prudencia.

En relación con el objetivo de la unidad, la planificación basada en problemas, tareas y evidencias ofrece un procedimiento defendible para formar razonamiento ingenieril. Su eficacia no depende de llenar el curso de actividades, sino de seleccionar las que hacen visible el aprendizaje esperado. La unidad concluye con una idea operativa: enseñar ingeniería mecánica significa preparar condiciones para que una persona explique un fenómeno, elija una representación pertinente, revise su respuesta y reconozca los límites de la decisión. La claridad con que el currículo permite observar ese proceso constituye una base razonable para su mejora.

UNIDAD 2. Diseño mecánico, modelado digital y procesos de manufactura

El diseño mecánico suele asociarse con una imagen tridimensional producida en un sistema informático. Sin embargo, el archivo CAD es solo una representación de decisiones previas: la función de la pieza, sus interfaces, la carga prevista, las restricciones de fabricación y las condiciones de servicio. Cuando un curso reduce el diseño a dominar comandos, la destreza digital puede mejorar mientras la argumentación técnica permanece débil. La enseñanza necesita vincular cada operación geométrica con el motivo que la justifica, sin desestimar la importancia del manejo correcto del software.

Un modelo paramétrico permite modificar dimensiones sin redibujar la pieza desde cero. Ese recurso transforma la enseñanza cuando se aprovecha para estudiar sensibilidad y dependencia. Cambiar el diámetro de un eje puede alterar rigidez, masa, ajuste y costo; la modificación de una sola variable obliga a revisar otras decisiones. El estudiante debe comprender que un árbol de operaciones no es una simple secuencia de clics. Registra la estructura

del razonamiento geométrico y facilita, si está bien construido, la evaluación de alternativas posteriores.

La simulación numérica amplía las posibilidades de aprendizaje, pero introduce riesgos de interpretación. Un mapa de tensiones con colores intensos puede resultar convincente incluso cuando las restricciones se aplicaron incorrectamente. La calidad del resultado no depende de su aspecto visual, sino de las hipótesis del modelo, la discretización, la selección del material y las verificaciones realizadas. La enseñanza del análisis por elementos finitos debe familiarizar al estudiante con pruebas sencillas de consistencia y con el uso complementario de estimaciones analíticas.

La fabricación agrega restricciones que el modelo ideal no anticipa siempre. Una forma diseñada para impresión aditiva puede requerir orientación específica, soportes y posprocesado; una trayectoria de mecanizado depende de la herramienta, la sujeción y la accesibilidad. La comparación entre procesos no debería presentarse como una competencia donde uno sustituye universalmente al otro. El aprendizaje profesional consiste en reconocer qué proceso resulta razonable para una

geometría, un material, una cantidad y un nivel de calidad determinados.

La integración de CAD, CAE y CAM se ha investigado en propuestas educativas que combinan fabricación, optimización y proyectos. Los trabajos de Afify et al. (2024), Guo (2025) y Prabhu et al. (2025) muestran formas concretas de conectar herramientas de diseño con prácticas de manufactura. Esas experiencias ofrecen referencias útiles, aunque no implican que todas las instituciones requieran el mismo parque tecnológico. Un ejercicio bien formulado puede enseñar decisiones fundamentales incluso con equipamiento limitado, siempre que los procedimientos y límites se expliquen.

También importa cómo se valora el aprendizaje. La coincidencia geométrica con un modelo de referencia puede comprobarse de manera automatizada, pero no es suficiente para evaluar funcionalidad o justificación. Un estudiante puede reproducir correctamente una pieza sin explicar el orden de operaciones ni la relación de las tolerancias con el montaje. Las herramientas automáticas de corrección deben integrarse con revisiones del razonamiento, no sustituirlas. La formación técnica necesita distinguir entre errores de representación,

errores de modelado físico y decisiones deficientes de diseño.

Esta unidad propone entender el diseño como una conversación entre necesidad, modelo, análisis, fabricación y evidencia. Cada paso genera información para revisar los anteriores. La versión final de una pieza es menos importante pedagógicamente que la capacidad de explicar por qué esa solución fue elegida, qué alternativas se descartaron y qué pruebas permitirían juzgar si funciona en las condiciones previstas.

Objetivo de aprendizaje

Desarrollar criterios para enseñar el ciclo de diseño mecánico desde la representación geométrica hasta la validación y la fabricación responsable de componentes.

Desarrollo de la unidad

2.1. Necesidad funcional, especificaciones y planos

Un problema de diseño comienza con una función descrita en términos que puedan verificarse. “Construir una pieza resistente” no delimita suficiente información. Resulta necesario conocer qué acciones debe soportar,

durante cuánto tiempo, en qué ambiente y con qué límites de tamaño, masa o costo. El estudiante puede elaborar una matriz donde cada necesidad se traduzca en una especificación y en un método de comprobación. Esta relación evita diseñar alrededor de preferencias estéticas ajenas al uso previsto.

La interpretación del dibujo técnico constituye un puente entre decisiones y producción. Vistas, secciones, cotas, ajustes y tolerancias deben explicarse como lenguaje de comunicación y no como convenciones aisladas. Una tolerancia excesivamente estrecha puede encarecer la pieza sin aportar funcionalidad; una demasiado amplia puede comprometer el montaje. La enseñanza se fortalece cuando la geometría se relaciona con superficies de referencia y con operaciones que después serán medidas.

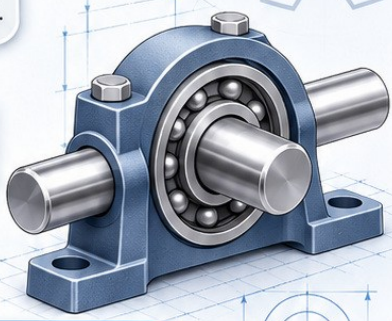
Los planos también representan compromisos. Una unión que parece sencilla en perspectiva puede exigir una secuencia compleja de ensamblaje; un conducto puede facilitar el flujo y dificultar la limpieza. La revisión debe incorporar accesibilidad, inspección, mantenimiento y seguridad. Un estudiante que argumenta esas relaciones

demuestra un tipo de comprensión más transferible que quien reproduce únicamente la forma solicitada.

La Figura 4 distingue las etapas de identificación de necesidades, definición de requisitos, modelado, verificación y prototipado.

Figura 4.

Proceso de diseño mecánico desde el problema hasta el **prototipo**



Necesidad o problema
Identifica y delimita la necesidad que se desea resolver (funcional, técnica, económica o de contexto).

Requisitos
Establece los criterios y restricciones que debe cumplir la solución (función, desempeño, seguridad, normas, costo, etc.).

Generación de conceptos
Propone y desarrolla múltiples soluciones viables que satisfacen los requisitos.

Selección de alternativa
Evalúa y compara los conceptos con métodos y criterios objetivos (p. ej., matriz de decisión, ponderación) para elegir la mejor opción.

Modelado CAD
Desarrolla el modelo digital 3D detallado de la alternativa seleccionada, definiendo la geometría, materiales y tolerancias.

Análisis y validación
Verifica que el diseño cumple los requisitos mediante análisis (p. ej., resistencia, rigidez, fatiga, vibración), simulación y, de ser necesario, pruebas experimentales.

Prototipo
Materializa y prueba la solución seleccionada (prototipo físico o funcional) para demostrar su desempeño y factibilidad antes de la implementación.



Nota. El diseño mecánico es un proceso iterativo y basado en evidencia, en el que se refina y mejora la solución con base en análisis, simulación y pruebas.

2.2. Modelado paramétrico CAD y evaluación del razonamiento

La enseñanza de CAD necesita separar el dominio instrumental de la capacidad de modelar. Conocer las herramientas de extrusión, revolución y patrón es una base; decidir qué restricciones geométricas representan la intención del diseño constituye un desempeño superior. Un croquis completamente definido no garantiza la validez funcional, pero facilita que una modificación conserve relaciones importantes. El orden de operaciones revela qué dimensiones fueron tratadas como independientes y cuáles se derivan de ellas.

La evaluación puede comparar el modelo final, su estabilidad ante cambios y la claridad de su estructura. Si al modificar una dimensión principal se destruyen operaciones posteriores, el estudiante debe explicar qué dependencia originó la falla. Liu et al. (2026a) examinan la transición entre entrenamiento procedimental de software y razonamiento más próximo a la práctica profesional. Por su parte, Tierney (2025) estudia la automatización de la corrección de actividades CAD; el valor de ese recurso debe situarse dentro de un sistema de evaluación más amplio.

La familiaridad digital no elimina la necesidad de croquis a mano ni de visualización espacial. Una representación preliminar puede descubrir un problema de montaje antes de construir un modelo detallado. Es útil pedir al estudiante que explique verbalmente las relaciones entre piezas y que dibuje una sección crítica sin depender del visor. Esa alternancia favorece una comprensión física que no queda confinada a la interfaz del programa.

Tabla 2. Criterios de aceptación en el proceso CAD–CAE–CAM

Etapa	Pregunta de control	Registro esperado
CAD	¿Las dimensiones tienen función?	Plano y árbol paramétrico
CAE	¿Las cargas y apoyos son defendibles?	Modelo y verificación de resultados
CAM	¿El proceso es viable y seguro?	Hoja de proceso y condiciones
Inspección	¿Cumple tolerancias previstas?	Mediciones y decisión

Nota. Elaboración propia para organización académica de proyectos.

La Tabla 2 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso.

La Figura 5 relaciona la información expresada en los planos con las tolerancias, los ajustes y los instrumentos utilizados para verificar una pieza.

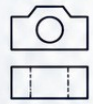
Figura 5.

Interpretación de planos, **tolerancias y metrología**

Lectura de planos

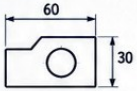
Interpreta la información técnica del plano para comprender la forma, dimensiones, requisitos y fabricación de la pieza.

Vistas



Representaciones ortogonales (frontal, superior, lateral) que describen la pieza.

Cotas



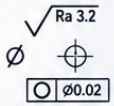
Dimensiones numéricas que definen el tamaño y la ubicación de los elementos.

Escalas

1:1
1:2
2:1

Relación entre el tamaño del dibujo y el tamaño real de la pieza.

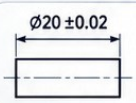
Simbología



Convenciones normalizadas que indican acabados, referencias, procesos y requisitos especiales.

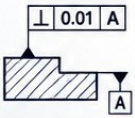
Tolerancias

Establecen la variación permitida en dimensiones, forma, orientación o posición, asegurando la funcionalidad, el intercambio y la calidad de la pieza.



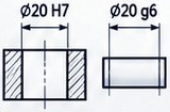
Tolerancia dimensional

Variación permitida en una cota. Ej.: Ø20 ±0.02 (19.98–20.02 mm).



Tolerancia geométrica

Controla la forma, orientación, ubicación o batimiento. Ej.: perpendicularidad de 0.01 mm respecto a A.



Ajuste

Relación dimensional entre dos piezas (agujero y eje) que define su ensamble. Ej.: H7/g6 (ajuste con juego pequeño).



Metrología

Conjunto de técnicas e instrumentos para medir y verificar dimensiones, formas y tolerancias, garantizando la conformidad de la pieza con el plano.



Pie de rey

Instrumento versátil para medir longitudes exteriores, interiores y profundidades. Resolución típica: 0.02 mm.



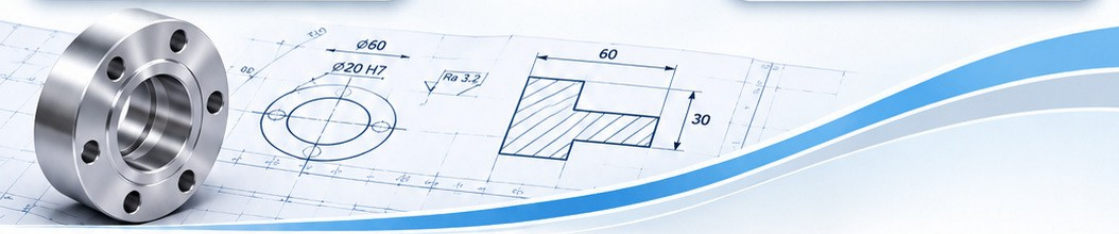
Micrómetro

Mide con alta precisión espesores y diámetros (exteriores e interiores). Resolución típica: 0.001 mm.



Reloj comparador

Detecta pequeñas variaciones dimensionales, de forma o alineación (desviaciones). Resolución típica: 0.001 mm.



Nota. La correcta interpretación de planos y mediciones respalda la calidad en el diseño y la fabricación mecánica.

la precisión aparente cuando las incertidumbres del sistema son mayores.

Los entornos que integran topología, diseño y manufactura muestran la utilidad de un ciclo completo. Afify et al. (2024) describen un marco de laboratorio basado en CAD, CAE y CAM que incorpora optimización topológica y fabricación aditiva. Su aportación pedagógica radica en hacer visibles las relaciones entre decisiones de modelado, restricciones productivas y evaluación técnica. La aplicación en otras asignaturas debe considerar el nivel previo del alumnado y las características del equipo disponible.

2.4. CAM, mecanizado y fabricación aditiva

Un proceso de manufactura requiere convertir una intención geométrica en operaciones físicas. En mecanizado, el estudiante debe considerar fijación, accesibilidad, secuencia de herramientas, velocidades, avances y retirada de material. La simulación de trayectorias ayuda a anticipar colisiones, pero no sustituye la comprensión del comportamiento real de máquina, herramienta y pieza. Por ello, las actividades deben

relacionar códigos y trayectorias con sus consecuencias medibles en acabado, tiempo y seguridad.

La fabricación aditiva resulta especialmente útil para materializar geometrías que permiten comparar alternativas de diseño. No obstante, el proceso exige estudiar orientación, soportes, anisotropía, tolerancias y posprocesado. Un componente impreso no debe evaluarse como equivalente a uno mecanizado únicamente porque sus dimensiones externas sean parecidas. Las propiedades mecánicas pueden variar según el material y el proceso. Guvendiren (2026) documenta un curso que integra enseñanza y laboratorio de impresión 3D, mientras To et al. (2025) examinan perspectivas de estudiantes y docentes para incorporarla al currículo.

La articulación entre diseño y fabricación facilita que aparezcan preguntas nuevas. Una pared puede ser suficientemente rígida en el modelo y difícil de producir con el equipo disponible. Una pieza fabricada sin error visible puede requerir inspección dimensional antes de ser utilizada. Las experiencias de proyectos en manufactura que describen Guo (2025) y Prabhu et al. (2025) permiten discutir cómo documentar estas decisiones y evitar que el

producto final se convierta en el único indicador del aprendizaje.



Figura 6. Ciclo de decisión en el diseño mecánico

Nota. Esquema original de conexiones entre especificación, modelado y comprobación.

La Figura 6 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

2.5. Selección de materiales y mejora iterativa del diseño

La selección de un material comienza al reconocer las condiciones de servicio: carga, temperatura, corrosión, desgaste, vida útil y posibles modos de falla. Después pueden incorporarse restricciones de disponibilidad, costo y tratamiento. En una práctica didáctica, comparar dos materiales obliga a definir qué propiedad resulta decisiva. El material más resistente no siempre es el más adecuado si introduce una masa innecesaria o dificulta el mantenimiento del sistema.

La mejora iterativa necesita criterios claros. Cuando el estudiante cambia una geometría, debe registrar la hipótesis que motiva la modificación y volver a comprobar la variable crítica. La optimización sin restricciones puede producir soluciones elegantes pero imposibles de fabricar o inspeccionar. Una comparación justa requiere mantener visibles los supuestos y reconocer cuándo las alternativas no fueron evaluadas bajo condiciones equivalentes.

Unzueta y Eguren (2023) integran proyectos y diseño de experimentos mediante impresión 3D, lo que permite discutir cómo una variación controlada ayuda a aprender

de un prototipo. La enseñanza puede adaptar esa lógica a componentes sencillos mediante registros de dimensiones, cargas y comportamiento. No se necesita inventar resultados numéricos para mostrar el procedimiento: basta definir qué datos habría que reunir, cómo se organizarían y qué decisión podrían sustentar.

Conclusiones de la unidad 2

El diseño mecánico debe enseñarse como un ciclo de decisiones revisables, no como una sucesión de pantallas. Esta unidad ha situado la necesidad funcional antes de la geometría y la validación antes de la aceptación de una solución. La visualización digital es una herramienta poderosa, aunque no sustituye la interpretación de cargas, materiales, interfaces y restricciones. Una pieza tridimensional puede comunicar con gran claridad su forma y, al mismo tiempo, ocultar información esencial sobre su fabricación o su resistencia. La formación técnica requiere que esa diferencia sea comprendida desde los primeros ejercicios.

La traducción de necesidades a especificaciones permite establecer una primera exigencia de trazabilidad. Si el diseño pretende soportar una carga, transmitir

movimiento o mantener una temperatura, debe identificarse qué valor o condición demostrará que la función se cumple. El requisito no debería aparecer al final, cuando la geometría ya está decidida. Incorporarlo desde el comienzo reduce la tendencia a justificar retrospectivamente una solución elegida por preferencia. También ayuda a detectar especificaciones incompatibles y a discutir cómo resolverlas sin recurrir a supuestos ocultos.

El modelado paramétrico puede convertirse en una estrategia de razonamiento. Las relaciones geométricas, las restricciones y el orden de operaciones expresan una intención. Un archivo cuya modificación destruye propiedades relevantes revela dificultades de organización incluso cuando la forma inicial era correcta. Por ello, la evaluación de CAD necesita valorar la consistencia del modelo y su estabilidad ante cambios. La destreza operativa es necesaria, pero solo adquiere profundidad cuando el estudiante puede explicar las dependencias que ha establecido y las razones de su elección.

El análisis CAE exige una formación crítica frente a la precisión aparente. Los mapas de colores y los valores

numéricos de numerosas cifras pueden inducir confianza excesiva si no se examinan apoyos, cargas, propiedades materiales y malla. Una validación razonable incorpora comprobaciones dimensionales, contraste con aproximaciones analíticas y, cuando corresponde, comparación con resultados experimentales. Ninguno de estos procedimientos garantiza infalibilidad. Su valor reside en identificar errores probables y delimitar las condiciones en que una predicción puede utilizarse para decidir.

El tránsito hacia la manufactura obliga a revisar decisiones previas. Los procesos sustractivos, aditivos y de conformado no comparten todas las restricciones. La accesibilidad de una herramienta, la orientación de impresión, la anisotropía y las necesidades de posprocesado afectan el resultado. Resulta necesario evitar comparaciones simplificadoras que presenten una tecnología como siempre superior. La selección depende del material, la geometría, el volumen de producción y el nivel de desempeño exigido. Un estudiante debe poder fundamentar esa selección, aunque la institución no disponga de todos los equipos posibles.

La selección de materiales ha mostrado la importancia de vincular propiedades con condiciones de servicio. Un valor de resistencia tomado de una ficha no determina por sí mismo la vida útil de un componente. La temperatura, el ambiente, las cargas variables y los procesos aplicados pueden modificar el desempeño. La enseñanza debe ayudar a identificar qué información se conoce y qué ensayos o cálculos serían necesarios para ampliar la confianza en la decisión. El uso de tablas técnicas tiene sentido cuando va acompañado de una interpretación del origen y el alcance de los datos.

Las experiencias publicadas de integración CAD, CAE y CAM aportan recursos para diseñar secuencias universitarias; sus resultados no deben copiarse como recetas. El nivel de los estudiantes, los laboratorios disponibles y los objetivos institucionales condicionan su aplicación. Puede diseñarse una actividad útil con un componente sencillo si el estudiante formula especificaciones, explica un modelo, contrasta alternativas y documenta restricciones. El aprendizaje no se mide por la cantidad de programas informáticos utilizados, sino por la calidad del razonamiento que articula sus salidas.

La conclusión respecto del objetivo de esta unidad es que el diseño se aprende al sostener una cadena verificable de decisiones. Una buena formación permite transformar una necesidad en especificaciones, representar una solución, analizar su comportamiento, prever su fabricación y reconocer qué pruebas faltarían para aceptarla. También debe enseñar a comunicar incertidumbres, corregir errores y conservar la trazabilidad de versiones. Así, el archivo final deja de ser el centro exclusivo del curso y pasa a formar parte de una argumentación técnica que puede ser revisada, discutida y mejorada.

UNIDAD 3. Experimentación, metrología y laboratorios de ingeniería mecánica

La experimentación ocupa un lugar particular en la enseñanza de ingeniería mecánica. Frente a un fenómeno real, el estudiante descubre que las condiciones descritas en un problema académico rara vez se presentan con exactitud perfecta. Un apoyo tiene holgura, un instrumento presenta una resolución limitada, una superficie genera fricción y una temperatura fluctúa durante el ensayo. Estos elementos no deben introducirse como molestias que impiden obtener el valor esperado. Son parte del conocimiento que un ingeniero necesita para juzgar la confiabilidad de un resultado.

El laboratorio no comienza cuando se enciende un equipo. Antes es necesario delimitar una pregunta, definir variables y anticipar la forma de registrar la información. Una práctica que entrega todos los pasos sin explicar sus razones puede ejercitar habilidades operativas, pero ofrece pocas oportunidades para que el estudiante formule decisiones. Tampoco resulta razonable pedirle que improvise con máquinas o fluidos bajo condiciones potencialmente peligrosas. El diseño didáctico debe

preservar procedimientos seguros y abrir espacios de elección donde el riesgo esté controlado.

Las competencias metrológicas incluyen seleccionar instrumentos, reconocer su rango de trabajo y considerar calibración, resolución, repetibilidad e incertidumbre. La diferencia entre exactitud y precisión suele enseñarse con diagramas abstractos; puede comprenderse mejor mediante series de medidas sobre una misma dimensión, siempre que se expliquen las condiciones del ejercicio. El registro de datos no debería perseguir una coincidencia artificial con un valor teórico. La discrepancia aporta información cuando se examinan las hipótesis del modelo y la calidad de la medición.

En mecánica de sólidos, los ensayos de tracción, flexión o torsión permiten confrontar relaciones entre esfuerzo y deformación. En fluidos y energía aparecen además pérdidas, transferencias y estados que cambian durante la operación. En vibraciones se observan señales cuya interpretación requiere cuidar frecuencia de muestreo, apoyo del sensor y condiciones de excitación. Cada especialidad utiliza instrumentos distintos, pero comparte una lógica de trabajo: formular una previsión,

obtener evidencia, revisarla y reconocer lo que todavía no puede concluirse.

Los laboratorios virtuales y remotos amplían el repertorio de experiencias. Pueden ser especialmente útiles para repetir maniobras, explorar parámetros y preparar decisiones antes de utilizar equipos reales. Sin embargo, es necesario identificar qué habilidades no pueden demostrarse completamente frente a una pantalla, como sujetar un componente, percibir una vibración, conectar un instrumento con seguridad o reaccionar ante una condición inesperada. La literatura reciente compara configuraciones de realidad virtual, portátil, laboratorios híbridos y simulación; la contribución depende del tipo de tarea y de los criterios de evaluación, no solo de la inmersión visual.

La experimentación también puede vincularse con investigación formativa. El estudiante no necesita producir un descubrimiento original para aprender a definir variables, justificar una medición y presentar una discusión de resultados. La elaboración de informes técnicos con tablas claras, fuentes identificables y distinción entre datos e interpretación constituye una preparación relevante para el trabajo profesional. Es

conveniente que el informe explique qué se midió y qué puede sostenerse, en vez de limitarse a confirmar conclusiones previstas desde el comienzo.

Esta unidad desarrolla criterios de organización aplicables a laboratorios de materiales, dinámica, energía y control. La incorporación de plataformas digitales se valora de acuerdo con el aprendizaje buscado y la disponibilidad institucional. La finalidad es convertir el ensayo en una práctica de pensamiento crítico, con condiciones de seguridad y trazabilidad que permitan discutir tanto los resultados como sus límites.

Objetivo de aprendizaje

Planificar y analizar experiencias experimentales de mecánica que integren procedimientos seguros, medición, incertidumbre y contraste con modelos físicos y digitales.

Desarrollo de la unidad

3.1. Diseño del experimento, variables y trazabilidad

La preparación de una práctica comienza con una pregunta que pueda responderse a partir de observaciones. “Analizar un sistema de vibración” resulta

impreciso; “comparar la frecuencia estimada mediante un modelo simplificado con la registrada por un sensor” delimita un propósito evaluable. Después deben identificarse las variables de entrada, las magnitudes medidas y las condiciones que conviene mantener estables. La hipótesis es útil cuando puede contrastarse, no cuando funciona como una frase ceremonial en el informe.

La trazabilidad experimental depende de un registro suficientemente detallado. Fecha, equipo, versión del procedimiento, configuración del sistema, condiciones ambientales y persona responsable pueden resultar relevantes para repetir una medición. Si el estudiante modifica una posición de sensor o sustituye un componente, el informe debe permitir reconocerlo. No todos los detalles afectan por igual el resultado; el aprendizaje consiste precisamente en valorar cuáles pueden cambiar la interpretación.

La investigación formativa ayuda a considerar los datos como evidencia que requiere examen. Kafadarova et al. (2026) documentan una experiencia de aprendizaje basado en investigación en un curso de ingeniería. Ese enfoque resulta útil para distinguir una práctica de

Figura 7.

Secuencia de experimentación en el laboratorio de mecánica

Pregunta experimental

Define con claridad qué se quiere conocer o comprobar sobre el comportamiento mecánico del sistema, material o componente.

Hipótesis

Propone una explicación tentativa y verificable del fenómeno, estableciendo la relación esperada entre las variables.

Montaje e instrumentación

Configura el ensayo en el banco de pruebas, selecciona el espécimen, calibra e integra los sensores (por ejemplo, carga, desplazamiento y deformación), y verifica las condiciones de seguridad.

Seguridad: usa EPP, revisa resguardos y sigue el protocolo del laboratorio.

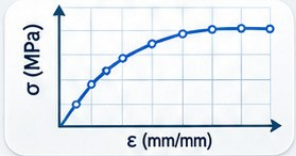
Adquisición de datos

Ejecuta el ensayo y registra de forma controlada las señales de los sensores (p. ej., fuerza, desplazamiento, deformación y tiempo) con un sistema de adquisición.

Carga (F) | Desplazamiento (Δ) | Deformación (ε)

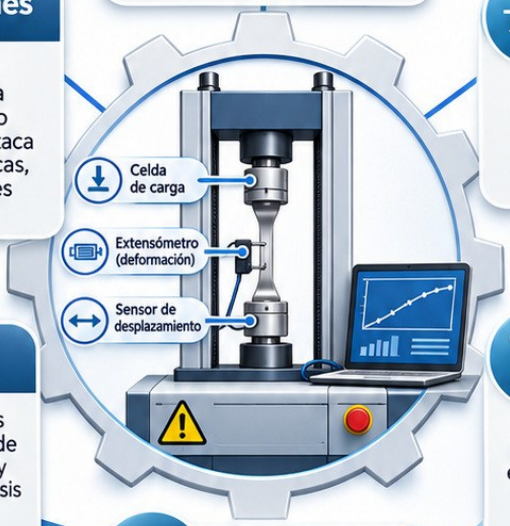
Análisis

Procesa y representa los datos (gráficas y cálculo de parámetros relevantes) y los contrasta con la hipótesis y la teoría, evaluando la consistencia y la incertidumbre.



Conclusiones

Integra los hallazgos, responde la pregunta experimental, valida o refuta la hipótesis y destaca sus implicaciones técnicas, limitaciones y posibles mejoras del ensayo.





Nota. La experimentación transforma la observación en evidencia técnica, al generar datos medibles, trazables y analizables que permiten comprender, validar y mejorar el desempeño mecánico.

3.2. Metrología, repetibilidad e incertidumbre

Un instrumento no entrega una verdad libre de condiciones. Posee un intervalo de medición, una resolución, una calibración y una respuesta que pueden afectar el dato. Las prácticas introductorias deben enseñar al estudiante a distinguir el número mostrado de la confianza razonable que puede depositarse en él. Una lectura con más decimales no implica necesariamente mayor exactitud. La selección del instrumento debe considerar la magnitud, las tolerancias y la decisión técnica que dependerá del valor obtenido.

La repetibilidad describe qué tan próximos resultan los valores bajo condiciones definidas. Si una medición varía, corresponde examinar primero el procedimiento, la pieza, el entorno y el aparato. La incertidumbre no debe presentarse como sinónimo de equivocación personal. Es una expresión cuantificada de la duda que acompaña al resultado y depende de fuentes que deben identificarse. Cuando el laboratorio carece de información suficiente para estimarla formalmente, el informe debe declarar esa limitación en lugar de inventar valores.

La enseñanza puede proponer comparar tres instrumentos adecuados para una dimensión y discutir cuál permite tomar la decisión prevista. El propósito no sería obtener la cifra “más bonita”, sino reconocer la compatibilidad entre resolución, tolerancia y costo de medición. La documentación de cada procedimiento ayuda a explicar por qué dos equipos pueden informar valores distintos sin que esa diferencia pruebe por sí sola que uno está defectuoso.

Tabla 3. Plan mínimo de control de una práctica experimental

Momento	Control	Evidencia
Antes	Objetivo, variables y seguridad	Protocolo aprobado
Durante	Equipo, registro y condiciones	Bitácora con unidades
Después	Análisis e incertidumbre	Resultados reproducibles
Revisión	Confrontar modelo y medida	Discusión de discrepancias

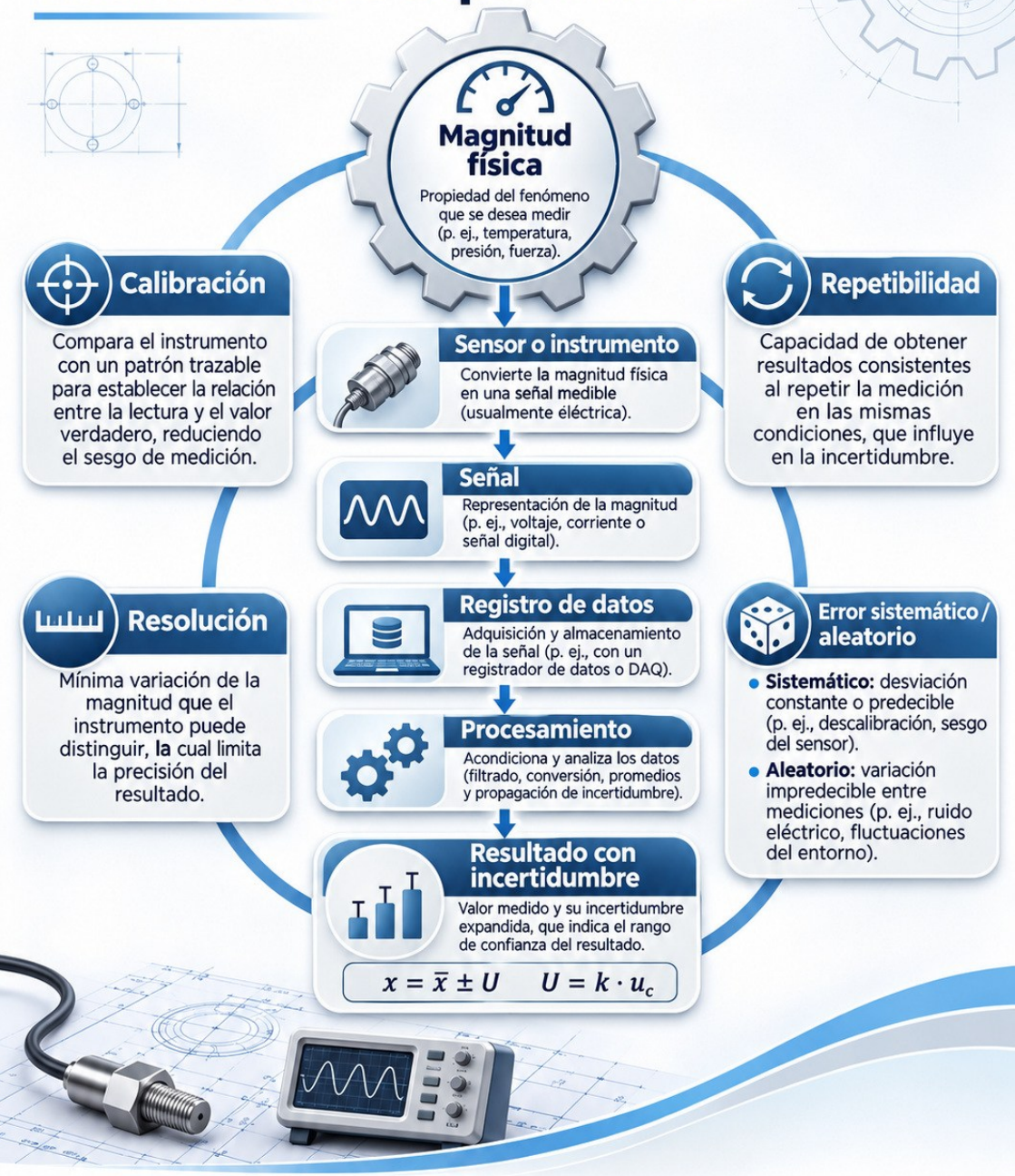
Nota. Elaboración propia; adaptar a los riesgos y manual del laboratorio.

La Tabla 3 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel

académico del curso. La Figura 8 permite seguir la cadena de medición desde la magnitud física hasta la comunicación del resultado con incertidumbre.

Figura 8.

Cadena de medición e **incertidumbre experimental**



Nota. Una buena práctica de medición mejora la confiabilidad de las decisiones de ingeniería.

3.3. Materiales y resistencia: del modelo al ensayo

En un ensayo de tracción, una curva fuerza–desplazamiento expresa el comportamiento del sistema de prueba y de la probeta, no solo el del material. Interpretarla requiere conocer geometría, longitud de referencia y condiciones de aplicación de carga. El estudiante debe aprender a reconocer los pasos necesarios para convertir magnitudes medidas en esfuerzos y deformaciones, además de identificar qué hipótesis permiten comparar la curva con un modelo constitutivo sencillo.

Los ensayos de flexión, torsión o fatiga plantean preguntas diferentes. La distribución de tensiones depende de la geometría y de las condiciones de apoyo; la respuesta cíclica incorpora fenómenos que una comprobación estática no revela. Conviene vincular el ensayo con un cálculo previo y después analizar la discrepancia observada. Un resultado cercano no valida automáticamente todo el modelo; puede existir compensación entre errores o diferencias no detectadas.

Los entornos virtuales pueden preparar al estudiante para reconocer regiones críticas antes de manipular un

equipo. Patrignani et al. (2026) proponen una metodología estructurada de realidad virtual para enseñar mecánica estructural. Su pertinencia depende de que la visualización esté conectada con tareas de interpretación, no de que sustituya por completo la práctica material. En un currículo, el uso combinado puede reservar la interacción física para habilidades que realmente requieren contacto con instrumentos y muestras.

3.4. Fluidos, máquinas térmicas y transferencia de energía

La enseñanza de máquinas térmicas y de flujo de fluidos exige interpretar sistemas y fronteras con cuidado. La presión medida en una tubería depende de su ubicación y de las condiciones de operación; el rendimiento de un equipo requiere definir qué energía entra y cuál se considera aprovechable. En una actividad experimental, describir válvulas, caudales, temperaturas y estados es indispensable para explicar la medición. La lectura aislada de un sensor rara vez describe el funcionamiento completo.

Una práctica de pérdidas de carga puede organizarse mediante cambios controlados de caudal y registro de

diferencias de presión, siempre dentro de las condiciones seguras del equipo. El objetivo es contrastar la tendencia observada con el modelo adecuado, no exigir coincidencia exacta. Las desviaciones invitan a revisar la presencia de accesorios, el régimen de flujo y las limitaciones de los sensores. En sistemas térmicos es igualmente necesario considerar pérdidas hacia el ambiente, inercias y periodos transitorios.

Pereira et al. (2025) presentan una experiencia de proyectos en fenómenos de transporte con enfoque de solución basada en la naturaleza. En educación técnica, este tipo de trabajo muestra que las decisiones sobre transferencia de masa o energía pueden situarse en problemas ambientales, sin abandonar fundamentos cuantitativos. Messina et al. (2026), por otra parte, examinan aplicaciones de realidad aumentada para enseñar máquinas de fluidos, lo que invita a distinguir la facilidad de visualizar una máquina de la capacidad de explicar su funcionamiento.

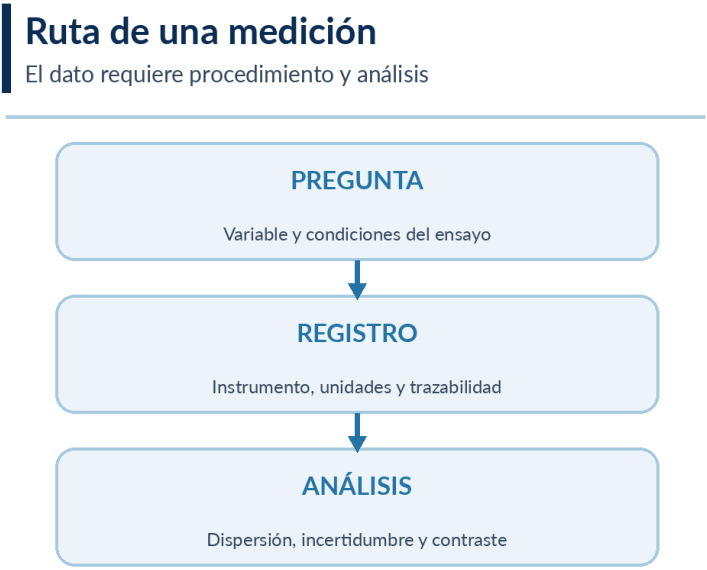


Figura 9. Secuencia de decisión en una práctica de medición

Nota. Esquema original sobre trazabilidad experimental.

La Figura 9 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

3.5. Vibraciones, control y laboratorios digitales

El análisis de vibraciones vincula el modelo matemático con señales que pueden variar por montaje, excitación y respuesta del sensor. Un registro temporal debe examinarse junto con la frecuencia de muestreo y la duración del ensayo. El estudiante puede comparar la frecuencia natural estimada con la observada, pero necesita considerar amortiguamiento, apoyos e idealizaciones. La gráfica no explica por sí misma la causa de una resonancia ni la confiabilidad de la identificación.

El uso de notebooks computacionales y simuladores puede favorecer la exploración de parámetros. Ledezma-Ramírez (2025) aborda un enfoque de proyectos mediante cuadernos Jupyter para dinámica estructural. Pintilie et al. (2026) describen un laboratorio virtual con Simscape para mecatrónica; Pataro et al. (2025) presentan un laboratorio virtual de control aplicado a un campo de colectores solares. Son propuestas de contextos distintos, útiles para discutir la función de la simulación en la comprensión y la preparación de prácticas.

La revisión de e-learning desarrollada por Layedra et al. (2025) proporciona antecedentes para discutir la organización digital de actividades y sus límites. Las comparaciones entre plataformas deben atender a qué tarea se evalúa. Viitaharju et al. (2025) estudian diferencias de experiencia entre un laboratorio virtual en visor de realidad virtual y en computadora portátil. Guajardo-Cuéllar et al. (2025) examinan un laboratorio de realidad mixta para conceptos de control, mientras Sharifkhani et al. (2025) exploran implicaciones pedagógicas de entornos tridimensionales. Un aumento de inmersión puede mejorar ciertas experiencias, pero no equivale sin más a una mejora en precisión experimental o juicio profesional.

Conclusiones de la unidad 3

La experimentación constituye una vía para comprender cómo se comportan los sistemas mecánicos cuando sus condiciones no coinciden exactamente con los supuestos de un problema. La tercera unidad ha mostrado que el laboratorio adquiere valor formativo cuando organiza una relación entre pregunta, procedimiento, registro y juicio. Manipular equipos no

garantiza aprendizaje profundo; tampoco la ausencia de equipamiento impide toda experiencia significativa. La cuestión decisiva es qué aspecto del fenómeno puede observarse y qué razonamiento se exige para interpretar lo observado.

La preparación del ensayo debe incluir objetivos delimitados y condiciones de seguridad. Un estudiante necesita reconocer la variable de interés, los factores que podrían modificarla y los límites de operación del aparato. No todas las decisiones deben quedar abiertas. Las maniobras que implican riesgo requieren instrucciones y supervisión; otras, como seleccionar intervalos de registro o proponer una comparación, pueden ofrecer espacios controlados de autonomía. La calidad del laboratorio depende de ese equilibrio entre exploración y responsabilidad.

La metrología aporta una lección transversal: el dato medido siempre está vinculado con un instrumento y un procedimiento. Reconocer resolución, rango y calibración permite interpretar lo que significa una lectura. La repetibilidad y la incertidumbre deben explicarse sin convertirlas en obstáculos puramente matemáticos. Si los valores varían, el estudiante necesita examinar posibles

fuentes de dispersión y establecer qué puede concluir con la información disponible. Un resultado expresado con más decimales no es necesariamente más confiable, y una desviación del valor esperado no es prueba automática de fracaso.

En ensayos de materiales, la conexión entre modelo y prueba resulta especialmente fértil. Una curva de carga y desplazamiento necesita una interpretación que considere geometría y condiciones de ensayo; una comparación de tensiones exige reconocer qué magnitud fue registrada y qué conversión se aplicó. La práctica debe abrir oportunidades para revisar las hipótesis de una solución analítica. Una predicción próxima al ensayo puede coexistir con supuestos débiles; por ello, la discusión no debe terminar en un porcentaje de diferencia calculado sin contexto.

Las experiencias de fluidos y energía obligan a observar fronteras, pérdidas y estados transitorios. Las lecturas de presión o temperatura adquieren significado cuando se relacionan con el sistema, las entradas y las salidas. La misma magnitud puede variar por posición o por régimen de funcionamiento. En vibraciones, el comportamiento depende además de la excitación, los

apoyos y la adquisición de señales. Zhao et al. (2026) examinan la integración de sostenibilidad y aprendizaje basado en problemas en una asignatura de vibraciones mecánicas, recordando la importancia de vincular criterios técnicos con consecuencias ambientales. Estas particularidades justifican protocolos diferenciados, aunque todas las prácticas compartan principios de registro y análisis de calidad.

Los laboratorios virtuales, remotos y mixtos ofrecen oportunidades que merecen una evaluación cuidadosa. Pueden facilitar repetición, preparación, exploración de condiciones y acceso a representaciones que en un equipo real son difíciles de observar. Su límite aparece cuando la tarea demanda contacto físico, percepción sensorial, instalación segura o reacción ante eventos imprevistos. No debe declararse que una experiencia inmersiva sustituye o supera otra por el simple hecho de utilizar tecnología más reciente. La selección razonable depende del aprendizaje que será verificado.

La investigación basada en laboratorio también requiere una redacción técnica honesta. El informe debe separar datos de inferencias y señalar los procedimientos que permiten reproducir el trabajo. Las tablas no

necesitan repetir en prosa cada valor; las figuras deben hacer visible una relación. Cuando un ensayo no ofrece evidencias suficientes, la conclusión adecuada puede ser reconocer esa insuficiencia y proponer una medición adicional. Esta forma de proceder fortalece una cultura de calidad en la que la incertidumbre se declara en lugar de esconderse.

En respuesta al objetivo de la unidad, la experimentación debe enseñar a sostener interpretaciones proporcionadas a la evidencia. Un estudiante competente puede formular una pregunta medible, organizar un procedimiento seguro, utilizar instrumentos con criterio, analizar discrepancias y reconocer lo que no ha sido comprobado. La infraestructura facilita algunas experiencias, pero no reemplaza la deliberación metodológica. La formación profesional se fortalece cuando las mediciones dejan de tratarse como números destinados a confirmar una teoría y pasan a entenderse como pruebas que deben examinarse críticamente.

UNIDAD 4. Competencias profesionales, transformación tecnológica y sostenibilidad

La formación profesional en ingeniería mecánica no termina cuando el estudiante obtiene un resultado correcto en una simulación. La práctica exige interpretar necesidades de usuarios, trabajar con especialistas de otras áreas, negociar restricciones y documentar decisiones que pueden cambiar durante la ejecución. Una solución técnicamente viable puede resultar inadecuada por riesgos de mantenimiento, consumo energético, dificultad de inspección o falta de comunicación entre participantes. Enseñar estas condiciones dentro de la universidad requiere actividades en las que el conocimiento disciplinar se encuentre con responsabilidades identificables.

La noción de competencia profesional incluye más que una suma de habilidades aisladas. Comunicar un cálculo supone comprender sus hipótesis; trabajar en equipo implica escuchar objeciones técnicas y dejar constancia de modificaciones; actuar con seguridad demanda reconocer cuándo la información disponible no alcanza para decidir. Los proyectos integradores pueden ofrecer

oportunidades para practicar esas relaciones, aunque necesitan supervisión. Sin un reparto explícito de responsabilidades, el producto final puede ocultar contribuciones desiguales y aprendizajes imposibles de atribuir.

Las tecnologías vinculadas con Industria 4.0 e Industria 5.0 añaden nuevas posibilidades. Sensores conectados, mantenimiento basado en condición, datos de producción y modelos virtuales permiten observar sistemas con mayor continuidad. Pero la presencia de información abundante no resuelve automáticamente problemas de calidad o interpretación. Un registro de vibración mal tomado o una variable calculada con un modelo inadecuado puede conducir a decisiones erróneas, incluso cuando se presenta dentro de una plataforma sofisticada. El currículo debe enseñar a discutir la procedencia de los datos y el alcance de las inferencias.

La inteligencia artificial generativa constituye un recurso especialmente sensible en este contexto. Puede ayudar a documentar código, organizar ideas o proponer rutas de análisis, pero también producir explicaciones plausibles que no corresponden a las propiedades del sistema estudiado. La habilidad profesional no consiste en obtener

una respuesta verbal convincente; consiste en verificarla. Si se utiliza una herramienta de IA para proponer una condición de frontera, el estudiante debe justificar por qué corresponde al problema y dejar trazabilidad de la decisión adoptada.

La sostenibilidad modifica la forma de evaluar alternativas. La elección de un material no depende solo de su resistencia, sino también de la vida útil, la reparación, la energía consumida, el reciclaje y las características del proceso productivo. No es posible reducir todos estos aspectos a un indicador universal. Por ello, el estudiante debe aprender a establecer límites del análisis y a reconocer conflictos: reducir masa puede aumentar complejidad de fabricación; mejorar rendimiento energético puede requerir materiales o procesos con otros impactos. Expresar esas tensiones con claridad forma parte de la competencia técnica.

La comunicación profesional es un elemento transversal. Un informe de diseño tiene que permitir que otra persona identifique el propósito, los supuestos, los cálculos, las pruebas y las cuestiones pendientes. Las figuras deben explicar relaciones y las tablas organizar decisiones; ninguna debe utilizarse solo para ampliar

páginas. También importa reconocer la autoría de fuentes y diferenciar el dato medido de la interpretación. La documentación es valiosa no por su extensión, sino por lo que permite reconstruir.

La presente unidad reúne estos elementos en un enfoque de evaluación por evidencias. Su intención no es fijar una lista invariable de competencias ni convertir a todos los estudiantes en expertos en automatización o gestión ambiental. Propone criterios para diseñar experiencias de formación mecánica capaces de conectar la decisión técnica con sus consecuencias humanas, organizacionales y materiales.

Objetivo de aprendizaje

Integrar competencias técnicas, comunicativas, digitales, éticas y ambientales en experiencias de formación profesional de ingeniería mecánica basadas en evidencias.

Desarrollo de la unidad

4.1. Proyectos integradores, roles y comunicación técnica

Un proyecto integrador puede organizarse alrededor de una función mecánica común, como transmitir movimiento o controlar temperatura. La integración no se produce simplemente al reunir asignaturas en una misma entrega. Requiere objetivos compartidos, interfaces entre especialidades y un criterio de aceptación final. Cuando los estudiantes deben demostrar cómo una decisión de materiales modifica el modelado, o cómo la fabricación obliga a cambiar la geometría, aparece una relación auténtica entre conocimientos.

El reparto de roles debe ayudar a distribuir trabajo y aprendizaje, no a encerrar a cada integrante en una sola tarea. Quien construye el modelo debería comprender qué magnitudes se medirán; quien prepara el ensayo necesita conocer los supuestos del cálculo. Las rotaciones de responsabilidad y las defensas individuales permiten comprobar comprensión. El trabajo interdisciplinario descrito por Tsutsumi (2025) y el análisis de competencias en proyectos de impacto social de López et al. (2026)

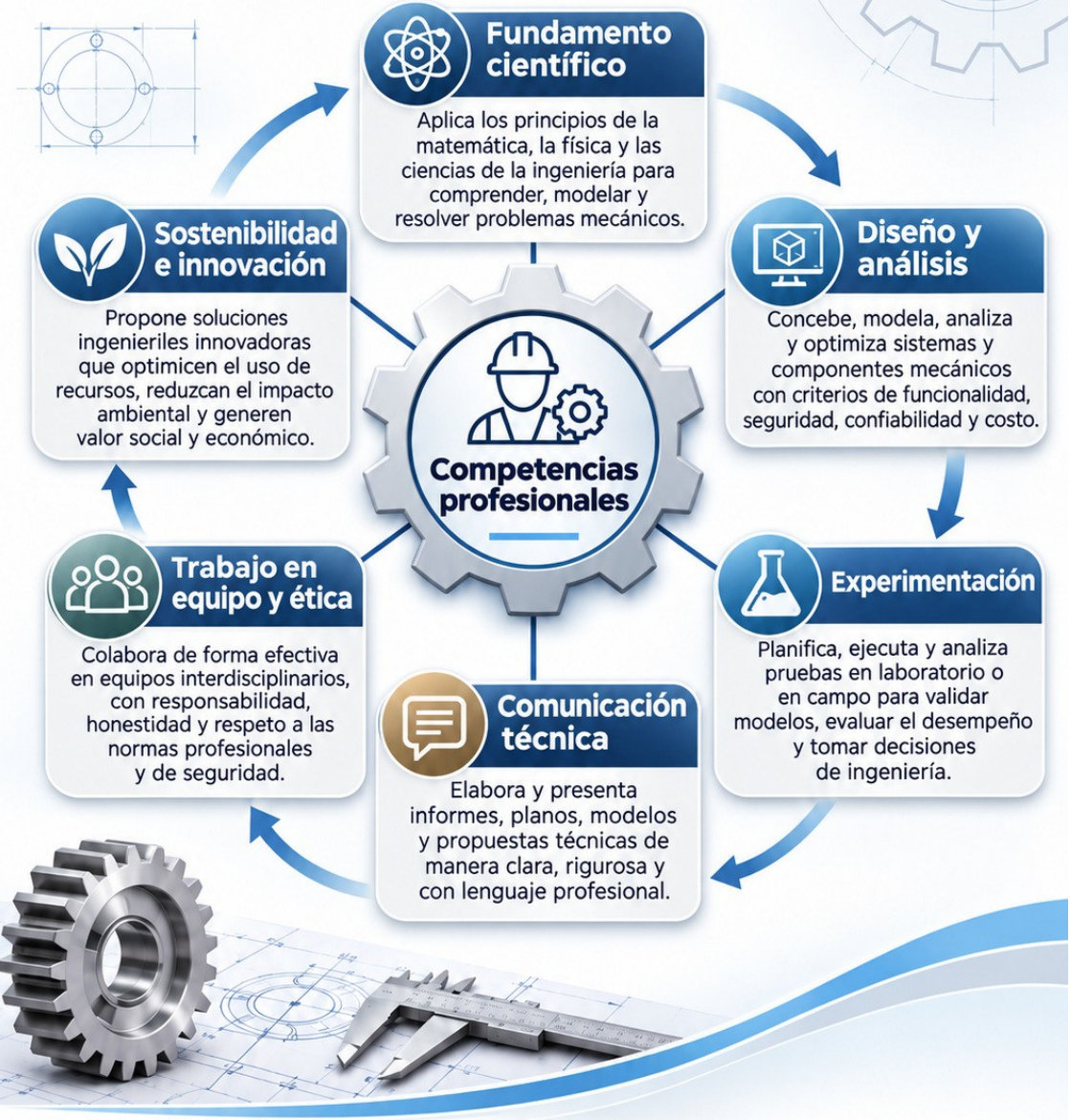
ofrecen perspectivas distintas sobre cómo conectar contribuciones técnicas y objetivos colectivos.

La documentación necesita un sistema sencillo de versiones, responsables y decisiones. Una minuta que indique qué se modificó y por qué puede ser más útil que un informe extenso redactado al final. La presentación pública del trabajo exige diferenciar lo comprobado de lo supuesto. Las investigaciones sobre percepciones de competencias en estudiantes de ingeniería recuerdan que la valoración subjetiva no reemplaza evidencias observables del desempeño (Vempala et al., 2026).

La Figura 10 integra fundamento científico, diseño, experimentación, comunicación y responsabilidades éticas y ambientales como dimensiones de desempeño profesional.

Figura 10.

Desarrollo de competencias profesionales del **ingeniero mecánico**



Nota. La competencia profesional combina conocimientos, desempeño, juicio y acción responsable.

4.2. Automatización, mantenimiento y datos industriales

La automatización combina sensores, actuadores, controladores y reglas para actuar sobre un proceso. En la formación mecánica, su estudio debe conectarse con las magnitudes físicas que se desean medir o modificar. Un sistema de mantenimiento predictivo no mejora por acumular señales: requiere sensores pertinentes, una frecuencia de adquisición razonable y criterios para distinguir condiciones normales de anomalías. Antes de incorporar modelos complejos, el estudiante debe entender el sistema y sus posibles fallas.

Los proyectos de mantenimiento inteligente pueden estructurarse en torno a la trazabilidad del dato: dónde se obtuvo, qué unidad posee, qué procedimiento lo transformó y bajo qué condiciones resulta comparable con un registro anterior. Cruz-Alcantar et al. (2026) proponen una metodología educativa que integra monitoreo de condición, internet de las cosas e inteligencia artificial generativa. Su aportación muestra un campo de práctica formativa; no elimina la necesidad de validar sensores, algoritmos y decisiones de intervención.

La referencia a Industria 5.0 incorpora el interés por sistemas centrados en las personas, resilientes y sostenibles. Boluda-Prieto et al. (2026) describen una experiencia educativa basada en desafíos para trabajar este enfoque. En mecánica, la discusión puede incluir seguridad del operario, facilidad de reparación o capacidad para mantener la producción ante una falla. El objetivo docente no es presentar la tecnología como una sucesión inevitable de novedades, sino enseñar a evaluar su utilidad bajo condiciones concretas.

Tabla 4. Rúbrica sintética para integración de competencias

Dimensión	Nivel suficiente	Evidencia
Técnica	Modelo y cálculo coherentes	Plano, simulación y prueba
Comunicación	Explica supuestos y límites	Informe y defensa
Responsabilidad	Identifica y controla riesgos	Matriz de seguridad
Sostenibilidad	Expone límites de comparación	Alternativas documentadas

Nota. Elaboración propia; los descriptores no han sido sometidos a validación psicométrica.

La Tabla 4 sintetiza criterios de revisión. Su aplicación exige ajustar las evidencias a las condiciones y el nivel académico del curso.

4.3. Inteligencia artificial y responsabilidad en las decisiones

Las herramientas de inteligencia artificial pueden facilitar la programación de rutinas, la explicación de algoritmos y la organización de documentación técnica. Sin embargo, una respuesta no debe aceptarse como prueba por estar redactada de manera convincente. El estudiante necesita comprobar dimensiones, unidades, supuestos y compatibilidad física. En un cálculo de esfuerzo, por ejemplo, un resultado expresado en unidades inconsistentes debe detectarse mediante razonamiento previo a cualquier análisis de software.

La incorporación pedagógica de IA demanda reglas de uso: registrar cuándo intervino la herramienta, conservar fuentes consultadas, validar procedimientos y declarar limitaciones. Viadero-Monasterio et al. (2026) examinan su utilización en un curso de teoría de vehículos, y Hu et al. (2026) analizan el apoyo de IA generativa para enseñar conceptos abstractos de control mecánico. Los trabajos

permiten abrir preguntas sobre aprendizaje, asistencia y verificación, sin asumir que sus hallazgos sean generalizables a cualquier asignatura o institución.

La automatización de tareas docentes también requiere supervisión. Tu et al. (2026) estudian un modelo de enseñanza inteligente en mecánica básica, mientras Mosquera-Navarro et al. (2025) analizan una aplicación de ChatGPT en ergonomía de ingeniería industrial. La utilidad formativa debe medirse por la capacidad del estudiante para explicar y corregir lo producido. Si una herramienta genera código, la responsabilidad de probarlo y comprender sus riesgos no desaparece.

La Figura 11 expone las relaciones de retroalimentación entre modelado, manufactura, inspección y mejora continua de un sistema mecánico.

Figura 11.

Integración de simulación, manufactura y mejora continua en la formación mecánica



Nota. La educación mecánica contemporánea conecta herramientas digitales, procesos de producción y la mejora basada en evidencias.

4.4. Sostenibilidad, seguridad y ciclo de vida

La sostenibilidad puede incorporarse a una decisión mecánica cuando se explicitan sus límites. Comparar dos materiales demanda considerar masa, duración, energía asociada a la producción, posibilidad de reparación y fin de vida, según la información realmente disponible. La ausencia de ciertos datos no autoriza completar el análisis con cifras imaginarias. Conviene declarar qué dimensiones se evaluaron y cuáles permanecieron fuera del alcance del ejercicio.

Hąbek et al. (2024) examinan la presencia de sostenibilidad en programas europeos de maestría en ingeniería mecánica; Alhassani et al. (2025) presentan una revisión global de su integración en la formación ingenieril. Raoufi y Haapala (2024) proponen evaluar procesos de manufactura mediante una herramienta de análisis de sostenibilidad. Estos trabajos muestran diferentes escalas del problema: diseño curricular, orientación de la formación y valoración técnica de procesos. La enseñanza puede vincularlas sin fingir que una sola métrica resuelve todas las decisiones.

La seguridad debe permanecer vinculada con la competencia profesional. Un diseño que cumple un objetivo funcional todavía puede presentar riesgos de contacto, temperatura, proyección de partículas o falla estructural. La evaluación debe solicitar que esos riesgos se identifiquen y que las medidas propuestas guarden relación con el modo de operación. La responsabilidad profesional consiste también en reconocer cuándo no se dispone de información suficiente para autorizar un uso.



Figura 12. Integración de dimensiones del desempeño profesional

Nota. Esquema original; dimensiones complementarias, no clasificación normativa.

La Figura 12 muestra la relación entre componentes; cada etapa necesita una decisión o evidencia que pueda explicarse y comprobarse.

4.5. Evaluación integradora y mejora del perfil de egreso

La evaluación final de un proyecto integrador debería examinar el producto y la cadena de razonamiento. Las evidencias pueden incluir especificaciones, versiones del diseño, registros experimentales, comparación de alternativas, análisis de riesgos y comunicación oral. No todas requieren la misma ponderación. El peso de cada componente depende del resultado de aprendizaje que la institución considera prioritario y de la dificultad del trabajo asignado.

Es conveniente distinguir desempeño demostrado y autopercepción. El estudiante puede sentirse seguro con un programa CAD sin ser capaz de justificar una condición de carga. También puede reconocer una dificultad técnica y, aun así, producir una decisión prudente y bien fundamentada. Las herramientas de evaluación deben ofrecer retroalimentación que explique esa diferencia. Los estudios de competencia digital universitaria de Silva-Quiroz et al. (2024) sugieren atender factores formativos y contextuales. La formación profesional necesita

combinar habilidades declaradas con evidencias de desempeño observables (Vempala et al., 2026).

La mejora curricular puede apoyarse en una matriz de trazabilidad que relacione resultados de aprendizaje, asignaturas y evidencias observadas. Cuando un error se repite en distintos cursos, interesa reconocer si se trata de un vacío conceptual, de práctica insuficiente o de criterios de evaluación poco claros. El cierre del proceso no consiste en declarar todas las competencias logradas, sino en documentar qué se observó y qué cambios razonables pueden introducirse en la siguiente oferta académica.

Conclusiones de la unidad 4

La formación profesional de ingeniería mecánica reclama una integración progresiva entre conocimiento técnico, comunicación, responsabilidad y capacidad de adaptación. La cuarta unidad ha analizado esa integración sin reducirla a una lista de habilidades blandas. La colaboración exige comprender el trabajo de otros; la ética supone explicar las consecuencias de una decisión; la competencia digital requiere evaluar la confiabilidad de los datos y programas utilizados. Ninguna de estas

dimensiones puede enseñarse de manera convincente si permanece desligada de problemas en los que el estudiante deba aplicar fundamentos de la disciplina.

Los proyectos integradores ofrecen un medio para establecer conexiones entre diseño, análisis, experimentación y fabricación. Su valor depende de la existencia de objetivos compartidos y responsabilidades verificables. Cuando un equipo distribuye tareas, también debe mantener espacios en los que todos comprendan el resultado general. Las defensas individuales, los registros de versiones y los hitos de revisión ayudan a distinguir la calidad del producto de la contribución de cada participante. La colaboración se convierte entonces en una práctica de argumentación técnica y no solamente en división de actividades.

La automatización ha ampliado las posibilidades de observar y controlar sistemas mecánicos. La conectividad de sensores, el mantenimiento basado en condición y la disponibilidad de registros continuos permiten plantear nuevas tareas formativas. No obstante, la abundancia de datos puede ocultar errores de adquisición, procesamiento o interpretación. Un modelo de detección de anomalías necesita información pertinente y criterios

de validación. Enseñar herramientas avanzadas sin explicar su fundamento conduce a decisiones opacas, una condición incompatible con la responsabilidad profesional que se pretende desarrollar.

La inteligencia artificial generativa exige una distinción semejante entre asistencia y evidencia. Puede servir para proponer borradores de código, resumir documentación o explorar distintas explicaciones, pero sus respuestas requieren contraste. La responsabilidad permanece en quien selecciona una solución y la incorpora al trabajo técnico. El estudiante debe revisar unidades, hipótesis, dimensiones, condiciones de frontera y riesgos. También resulta necesario reconocer el uso de herramientas cuando estas influyeron sustantivamente en la elaboración de un producto académico. La transparencia no disminuye el valor del aprendizaje; lo hace más evaluable.

La sostenibilidad introduce criterios que amplían la comparación de alternativas. Una pieza de menor masa puede consumir menos material, pero exigir un proceso más complejo; un componente más durable puede requerir una inversión inicial superior. El análisis responsable debe definir qué impactos contempla y qué

información permanece fuera de su alcance. La enseñanza no necesita prometer una solución ambientalmente óptima en cualquier situación. Resulta más valioso que el estudiante pueda identificar compromisos, explicar la incertidumbre y proponer qué información adicional haría falta para decidir con mayor fundamento.

La seguridad mantiene un carácter no negociable. Una propuesta funcional puede generar condiciones de riesgo para operadores, usuarios o personal de mantenimiento. El estudiante necesita reconocer modos probables de falla, identificar situaciones peligrosas y documentar medidas coherentes con la operación prevista. Este razonamiento no puede sustituirse por una declaración genérica de que “se siguieron normas”. Requiere explicar cuál es el peligro y por qué la medida propuesta puede reducirlo, sin atribuir a la evaluación universitaria una certificación profesional que no ha realizado.

La evaluación de competencias profesionales debe construirse a partir de evidencias diversas. Un plano verifica ciertas habilidades de representación; una prueba experimental examina otras; una defensa oral permite observar comprensión y comunicación. La coherencia

aparece al relacionar cada evidencia con un resultado de aprendizaje definido y al declarar el límite de inferencia. Las encuestas de percepción pueden complementar ese proceso, pero no demuestran por sí solas dominio técnico. La institución debe revisar lo que sus estudiantes hacen y explican, además de lo que dicen sentirse capaces de realizar.

En relación con el objetivo de la unidad, integrar competencias técnicas, digitales, éticas y ambientales significa formar decisiones justificables y comunicables. La complejidad tecnológica no elimina la necesidad de fundamentos mecánicos, ni la sensibilidad social sustituye el análisis físico. Una educación superior responsable mantiene ambas exigencias. El resultado esperado es una persona capaz de utilizar tecnologías pertinentes, dialogar con otros especialistas, documentar restricciones y reconocer situaciones en que la evidencia disponible no alcanza. Ese límite reconocido es parte de la competencia profesional, no una debilidad que deba disimularse.

GLOSARIO

Alineación curricular. Correspondencia entre lo que un programa declara como aprendizaje esperado, las tareas que ofrece para desarrollarlo y las evidencias que acepta para comprobarlo. En ingeniería mecánica exige que la resolución de cálculos, el trabajo de laboratorio y la argumentación técnica no se valoren como desempeños equivalentes cuando demuestran habilidades diferentes. La alineación se utiliza para revisar una asignatura y detectar objetivos sin actividades pertinentes o evaluaciones que premian destrezas ajenas al propósito formativo. (Ramírez de Dampierre et al., 2024).

Aprendizaje basado en problemas. Estrategia que sitúa una pregunta abierta como punto de partida para identificar conocimientos necesarios, proponer hipótesis y examinar soluciones. No supone que el estudiante pueda resolver cualquier situación sin orientación. En mecánica puede utilizarse para determinar por qué falla una transmisión o qué datos hacen falta para calcular un soporte. Su valor depende de la calidad de la pregunta, del acompañamiento del docente y de la forma de

comprobar el razonamiento obtenido. (Gutierrez-Berraondo et al., 2025).

Aprendizaje basado en proyectos. Organización de la enseñanza alrededor de un producto, diseño o solución que requiere tomar decisiones durante varias etapas. La construcción física no es un requisito universal, aunque el proyecto debe contar con criterios de aceptación y evidencias del proceso. En una asignatura de manufactura, el estudiante puede documentar especificaciones, modelos, decisiones de proceso y pruebas. El aprendizaje no se deduce únicamente de que el artefacto final funcione, sino de la explicación verificable de cómo se consiguió. (Lavado-Anguera et al., 2024).

Bitácora técnica. Registro cronológico y trazable de procedimientos, mediciones, modificaciones y decisiones. Permite conocer qué versión de un modelo o qué configuración de ensayo produjo determinado resultado. En una práctica de laboratorio no sustituye al informe final: conserva información inmediata que podría perderse al redactarlo posteriormente. También facilita atribuir responsabilidades y reconstruir errores. Su utilidad depende de que consigne datos concretos, unidades,

fecha y explicación de cambios, y no se reduzca a frases genéricas de avance. (Rodríguez-Borges et al., 2024).

CAD. Sigla de diseño asistido por computadora. Comprende herramientas para representar geometría, relaciones paramétricas, ensamblajes y planos. El dominio de CAD no equivale por sí solo a competencia en diseño mecánico, porque el software puede reproducir formas sin justificar su función. En educación, el modelo debe evaluarse junto con sus restricciones, estructura de operaciones, coherencia dimensional y capacidad de ser modificado sin perder relaciones esenciales. Un archivo bien organizado facilita la revisión de la intención del diseño. (Liu et al., 2026a).

CAE. Sigla de ingeniería asistida por computadora, asociada a herramientas de análisis numérico para predecir comportamiento mecánico, térmico o de flujo. Su utilidad depende de definir preguntas, propiedades, cargas, restricciones y verificaciones adecuadas. Una simulación puede aportar evidencia sobre una alternativa, pero no demuestra por sí misma el comportamiento real de un equipo. En formación, debe vincularse con estimaciones analíticas y, cuando sea posible, con

ensayos que permitan discutir diferencias y limitaciones. (Afify et al., 2024).

CAM. Sigla de manufactura asistida por computadora. Se refiere al uso de sistemas digitales para planificar y programar operaciones de producción, como trayectorias de mecanizado. En educación requiere comprender las condiciones físicas que acompañan al programa: herramientas, fijación, material, velocidades y seguridad. La visualización de una trayectoria no autoriza ejecutar una máquina sin revisar riesgos y condiciones. Su integración con CAD ayuda a estudiar cómo las restricciones productivas pueden modificar decisiones geométricas. (Guo, 2025).

Competencia profesional. Capacidad de movilizar conocimientos, procedimientos y criterios en una actuación situada que puede observarse y evaluarse. Incluye decisiones técnicas, comunicación, seguridad y responsabilidad, sin reducirse a una declaración de autoconfianza. En ingeniería mecánica se manifiesta cuando una persona interpreta un problema, justifica un diseño, reconoce sus límites y documenta pruebas. La valoración debe utilizar evidencias pertinentes, porque

una encuesta sobre habilidades percibidas no equivale a una demostración de desempeño. (Vempala et al., 2026).

Condición de frontera. Representación de cómo un modelo interactúa con su entorno en una superficie, un borde o una interfaz. Puede expresar apoyos, desplazamientos, fuerzas, temperaturas o flujos, según el problema físico. Una condición incorrecta puede producir resultados numéricos aparentemente precisos pero físicamente engañosos. En docencia conviene pedir al estudiante que dibuje y explique cada restricción antes de ejecutar la simulación, y después examine si coincide con el sistema real que pretende representar. (Huerta-Gomez-Merodio & Requena-Garcia-Cruz, 2025).

Control de calidad experimental. Conjunto de acciones que permiten verificar que un procedimiento, un equipo y un registro ofrecen información útil para una decisión. Incluye comprobar condiciones de operación, instrumentos, identificación de muestras y consistencia de datos. No garantiza ausencia total de error, pero facilita detectar anomalías y delimitar el alcance de una conclusión. En un laboratorio universitario se expresa en instrucciones seguras, registros suficientes para repetir el

ensayo y revisión crítica de resultados que difieren de la previsión inicial. (Kafadarova et al., 2026).

Diseño paramétrico. Modo de construcción de modelos geométricos en el que dimensiones y relaciones condicionan la forma final. La modificación de un parámetro puede actualizar otros componentes si la estructura de restricciones está correctamente definida. Enseñarlo implica explicar qué dimensiones expresan intención funcional y cuáles son consecuencias geométricas. La calidad de un modelo no debe juzgarse exclusivamente por su semejanza visual con una referencia, sino también por su estabilidad, claridad y facilidad de revisión. (Tierney, 2025).

Diseño de experimentos. Procedimiento para organizar cambios controlados de factores y estudiar su efecto sobre respuestas observables. Su aporte es distinguir la variabilidad atribuible a condiciones elegidas de otras fuentes de dispersión. En una práctica de fabricación aditiva puede ayudar a comparar parámetros bajo una regla común de medición. El estudiante debe identificar factores, niveles y respuestas antes de interpretar diferencias; sin esa preparación, una comparación de prototipos puede confundir cambios de proceso con

efectos de material o geometría. (Unzueta & Eguren, 2023).

Evidencia de aprendizaje. Producción o actuación del estudiante que permite valorar un resultado formativo. Puede adoptar la forma de un cálculo justificado, una defensa oral, un registro experimental, un plano revisable o una decisión documentada. Su calidad depende de la relación con lo que se pretende comprobar. En ingeniería no basta con reunir entregables numerosos: es preferible una selección de pruebas que permita distinguir dominio del procedimiento, comprensión conceptual, validación del resultado y reconocimiento de límites. (Sánchez et al., 2024).

Fabricación aditiva. Familia de procesos en los que un objeto se construye mediante adición sucesiva de material, de acuerdo con información digital. Cada tecnología presenta restricciones particulares de orientación, soporte, resolución y propiedades resultantes. La utilidad pedagógica no reside solo en producir piezas rápidas, sino en contrastar la intención geométrica con un resultado físico que requiere inspección. En cursos de diseño, permite discutir por qué dos componentes de apariencia similar pueden mostrar

desempeños distintos según el proceso y el material. (Guvendiren, 2026).

Gemelo digital. Representación digital de un sistema físico vinculada con información que permite actualizar o contrastar su estado. No toda simulación o modelo tridimensional constituye un gemelo digital; la relación con datos del sistema y el propósito de seguimiento son elementos relevantes. En docencia conviene definir qué magnitudes se observan, cómo se obtienen y con qué frecuencia se actualizan. Sin datos confiables, la complejidad visual del modelo no mejora necesariamente la capacidad de tomar decisiones. (Boluda-Prieto et al., 2026).

Industria 5.0. Enfoque que incorpora de forma explícita la centralidad de las personas, la sostenibilidad y la resiliencia a la transformación tecnológica industrial. No se presenta como sustituto inmediato de todos los principios de automatización anteriores. En la formación mecánica permite preguntar cómo una tecnología afecta seguridad, reparación, organización del trabajo y consumo de recursos. Su incorporación pedagógica requiere problemas en los que esos criterios intervengan en decisiones técnicas verificables, no una mención

decorativa en los objetivos de la asignatura. (Boluda-Prieto et al., 2026).

Incertidumbre de medición. Parámetro que caracteriza la dispersión de valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud a partir de la información disponible. No significa que una medición sea inútil, sino que el valor informado tiene límites de confianza que requieren interpretación. En un laboratorio docente debe relacionarse con resolución, repetibilidad, calibración y condiciones de ensayo. Cuando faltan datos para una estimación formal, lo correcto es declarar esa insuficiencia antes que producir una cifra sin fundamento. (Pataro et al., 2025).

Internet de las cosas industrial. Conjunto de dispositivos, sensores y sistemas conectados que intercambian información sobre procesos y equipos productivos. Su utilidad depende de la calidad de las mediciones, de la interoperabilidad y de un propósito definido de operación o mantenimiento. En ingeniería mecánica puede apoyar el seguimiento de temperatura o vibración, pero exige enseñar unidades, muestreo, fallas de comunicación y evaluación de datos. La conectividad no convierte automáticamente una señal en evidencia

confiable de una condición de máquina. (Cruz-Alcantar et al., 2026).

Laboratorio de realidad mixta. Ambiente de enseñanza que combina componentes físicos con representaciones virtuales durante una tarea experimental. Puede facilitar la visualización de variables o relaciones que no se observan directamente, aunque no elimina los límites del dispositivo ni la necesidad de un protocolo. Su pertinencia debe analizarse a partir de la tarea, las habilidades examinadas y las condiciones de acceso. La representación inmersiva es un medio de aprendizaje, no una prueba de superioridad pedagógica en cualquier contexto. (Guajardo-Cuéllar et al., 2025).

Laboratorio virtual. Entorno computacional que representa equipos o fenómenos para practicar procedimientos, explorar parámetros y analizar resultados. Sus posibilidades dependen del modelo y de la interacción ofrecida. Puede preparar a estudiantes para un ensayo presencial o ampliar el acceso a ciertas experiencias, pero no demuestra necesariamente habilidades de manipulación física. La evaluación debe distinguir conocimiento conceptual, manejo de la interfaz

y destrezas prácticas que requieren instrumentos reales. (Viitaharju et al., 2025).

Mantenimiento basado en condición. Estrategia que utiliza información del estado de un equipo para apoyar decisiones de inspección o intervención. Puede incorporar vibración, temperatura, presión u otras magnitudes apropiadas al modo de falla. En educación interesa explicar la relación entre señal, criterio diagnóstico y consecuencia operativa. Una alarma no constituye un diagnóstico por sí sola: debe interpretarse de acuerdo con sensores, tendencias, condiciones de servicio y limitaciones del procedimiento de análisis. (Cruz-Alcantar et al., 2026).

Malla de elementos finitos. Discretización geométrica empleada para aproximar el comportamiento de un continuo mediante elementos y nodos. Su resolución afecta el costo computacional y puede influir en ciertas magnitudes calculadas. Una malla más fina no compensa condiciones de frontera incorrectas. En actividades docentes conviene comparar niveles razonables de refinamiento, explicar qué respuesta se observa y contrastar el resultado con estimaciones físicas para

desarrollar criterio de convergencia y evitar confianza excesiva en la imagen de la simulación. (Afify et al., 2024).

Metrología. Campo que estudia las mediciones y sus condiciones de validez. Abarca instrumentos, unidades, métodos, calibración y estimación de incertidumbre. En la enseñanza de ingeniería mecánica permite relacionar tolerancias de diseño con capacidad real de inspección. Una especificación dimensional carece de aplicación práctica si no se reconoce cómo será comprobada. La competencia metrológica incluye seleccionar instrumentos adecuados y documentar los factores que pueden afectar una lectura. (Prabhu et al., 2025).

Optimización topológica. Conjunto de métodos para distribuir material en un dominio de diseño bajo objetivos y restricciones definidos. La geometría obtenida depende de las cargas, apoyos, propiedades y condiciones de fabricación utilizadas. En una experiencia formativa debe explicarse que el resultado no es automáticamente fabricable ni seguro. Es necesario revisar sensibilidad, detalle geométrico, proceso productivo y verificación. La herramienta es valiosa cuando conecta principios de mecánica con decisiones de diseño y manufactura. (Afify et al., 2024).

Portafolio técnico. Colección organizada de evidencias que documenta la evolución de un aprendizaje o proyecto. Puede incluir propuestas iniciales, cálculos, versiones CAD, registros de ensayo, observaciones de revisión y decisiones finales. Su función no es acumular archivos, sino permitir examinar cambios en la calidad del razonamiento. En ingeniería resulta útil cuando cada evidencia mantiene una explicación de su propósito y se vincula con resultados de aprendizaje identificables, de modo que un evaluador pueda reconstruir el proceso. (Zambrano & Hernandez, 2026).

Prototipo funcional. Materialización parcial o completa de una solución diseñada para examinar características determinadas. No tiene que reproducir todas las condiciones del producto final: su utilidad depende de la pregunta que se desea responder. Un prototipo geométrico puede servir para revisar montaje, pero no demostrar resistencia en servicio. La enseñanza debe pedir al estudiante que declare qué atributo pretende comprobar y qué límites impiden generalizar el resultado a otras condiciones de funcionamiento. (To et al., 2025).

Rúbrica analítica. Instrumento de valoración que separa criterios de desempeño y describe niveles observables

para cada uno. En proyectos mecánicos puede distinguir interpretación del problema, consistencia del modelo, validación, seguridad y comunicación. Una rúbrica no mejora automáticamente la enseñanza si sus descriptores son vagos o premian solo el resultado final. Su utilidad aparece cuando orienta retroalimentación concreta, permite revisar errores y mantiene correspondencia con los objetivos declarados de la actividad. (Roig et al., 2026).

Seguridad operativa. Conjunto de decisiones y prácticas orientadas a reducir riesgos durante la operación, inspección y mantenimiento de equipos. Incluye identificar peligros, considerar modos de falla, establecer límites y utilizar procedimientos adecuados. En la formación mecánica debe presentarse como criterio de diseño y ensayo, no como una lista descontextualizada al comienzo del curso. La evidencia de aprendizaje debe mostrar qué riesgo se reconoció y por qué la medida propuesta responde al funcionamiento real del sistema. (Raoufi & Haapala, 2024).

Sostenibilidad del ciclo de vida. Enfoque que considera efectos de materiales, fabricación, operación, mantenimiento y fin de vida dentro de límites de análisis declarados. No permite afirmar automáticamente que un

componente ligero o reciclable sea superior en todos los impactos. En educación interesa enseñar a comparar alternativas con información verificable y explicar los compromisos entre desempeño, energía, durabilidad y reparación. La ausencia de datos debe registrarse como límite del análisis y no completarse mediante valores inventados. (Hąbek et al., 2024).

Validación del modelo. Proceso por el cual se examina si una representación es suficientemente adecuada para el propósito y las condiciones de aplicación previstos. Puede utilizar cálculos independientes, datos experimentales y comparación de tendencias, pero no equivale a demostrar exactitud universal. En ingeniería mecánica, validar exige reconocer la diferencia entre verificar que el programa resolvió correctamente una formulación y comprobar que esa formulación representa el fenómeno real. La docencia debe explicar ambos niveles y sus límites. (Patrignani et al., 2026).

REFERENCIAS

Afify, M., Moubachir, Y., Guennoun, Z., & Hassar, J. (2024). A hybrid CAD/CAE/CAM project-based laboratory framework integrating topology optimization and laser powder bed fusion for engineering education. Computer Applications in Engineering Education, 32(3), e22745. https://doi.org/10.1002/cae.22745

Alhassani, F., Saleem, M. R., & Messner, J. (2025). Integrating sustainability in engineering: A global review. Sustainability, 17(15), 6930. https://doi.org/10.3390/su17156930

Boluda-Prieto, M., Lario, J., Esteso, A., & Ortiz, A. (2026). A challenge-based learning experience for teaching Industry 5.0 in management engineering education. Education Sciences, 16(8), 1286. https://doi.org/10.3390/educsci16081286

Cruz-Alcantar, P., Figueroa-Diaz, R. A., Balvantín-García, A. J., Rojas-Ramírez, S. R., García-Pérez, O. A., Compeán-Martinez, I., & Terrones-Gurrola, M. C. R. (2026). A competency-based educational methodology for smart maintenance: Integrating condition monitoring, IoT, and generative artificial intelligence. Education Sciences, 16(8), 1287. https://doi.org/10.3390/educsci16081287

Guajardo-Cuéllar, A., Corona-Echauri, R., Meza-Flores, R. A., Vázquez, C. R., Rodríguez-Arreola, A., & Navarro-Gutiérrez, M. (2025). Mixed reality laboratory for teaching control concepts: Design, validation, and

implementation. Education Sciences, 15(7), 883. https://doi.org/10.3390/educsci15070883

Guo, G. (2025). Enhancing project-based manufacturing education with integrated engineering software tools. Computer Applications in Engineering Education, 33(2), e70012. https://doi.org/10.1002/cae.70012

Gutierrez-Berraondo, J., Iturbe-Zabalo, E., Arregi, N., & Guisasola, J. (2025). Influence on students' learning in a problem- and project-based approach to implement STEM projects in engineering curriculum. Education Sciences, 15(5), 534. https://doi.org/10.3390/educsci15050534

Guvendiren, M. (2026). Implementing 3D printing in engineering education: Development and assessment of an integrated lecture–laboratory course. Education Sciences, 16(7), 988. https://doi.org/10.3390/educsci16070988

Hu, T., Wang, Y., & Wang, J. (2026). Research on the concrete teaching of abstract theories in the "Fundamentals of Mechanical Engineering Control" course empowered by generative artificial intelligence. Computer Applications in Engineering Education, 34(3), e70184. https://doi.org/10.1002/cae.70184

Huerta-Gomez-Merodio, M., & Requena-Garcia-Cruz, M.-V. (2025). Integrating theory and practice in engineering education: A cross-curricular and problem-based methodology. Education Sciences, 15(9), 1253. https://doi.org/10.3390/educsci15091253

Hąbek, P., Palacz, M., & Saeed, F. (2024). Embedding sustainability into mechanical engineering master

programs—A case study of the top technical universities in Europe. Sustainability, 16(2), 941. https://doi.org/10.3390/su16020941

Kafadarova, N., Stoyanova-Petrova, S., & Stoyanova, D. (2026). Research-based learning in engineering education: A case study. Education Sciences, 16(1), 59. https://doi.org/10.3390/educsci16010059

Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P.-J., & Terrón-López, M.-J. (2024). Project-based learning (PBL) as an experiential pedagogical methodology in engineering education: A review of the literature. Education Sciences, 14(6), 617. https://doi.org/10.3390/educsci14060617

Layedra, N., Pástor, D., Veloz, G., & Palacios, D. (2025). Aplicación del aprendizaje electrónico (e-learning) en la enseñanza de cursos de grado, posgrado y educación continua: Una revisión sistemática de literatura. Formación Universitaria, 18(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062025000200035

Ledezma-Ramírez, D. F. (2025). Enhancing the learning process in structural dynamics through Jupyter notebooks: A project-based learning approach. Computer Applications in Engineering Education, 33(2), e22814. https://doi.org/10.1002/cae.22814

Liu, J., Zhong, Y., & Gu, C. (2026). Enhancing work-readiness through scaffolding and cognitive transfer in CAD education: A twelve-year reflective case study. Education Sciences, 16(7), 992. https://doi.org/10.3390/educsci16070992

Liu, Y., Cui, Y., & Fan, Q. (2026). From generalist to specialist: Quantifying the structural evolution of mechanical engineering curricula using a domain-aware fuzzy-vector model. Computer Applications in Engineering Education, 34(3), e70188. https://doi.org/10.1002/cae.70188

López, G., Debeluck-Plentz, N., Piñones-Zuleta, E., & Briede-Westermeyer, J. C. (2026). Evaluación del desarrollo de competencias a través de proyectos universitarios de impacto social en una carrera de ingeniería en Chile. Formación Universitaria, 19(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062026000200215

Messina, M., Ingrassia, T., Mirulla, A. I., Pipitone, E., Ricotta, V., & Cirello, A. (2026). Usability assessment of augmented reality applications for fluid machinery education. Education Sciences, 16(9), 1414. https://doi.org/10.3390/educsci16091414

Mosquera-Navarro, R., Contreras-Pacheco, O. E., & Parra Osorio, L. (2025). Enseñanza de la ergonomía a través del uso de Chat GPT en la ingeniería industrial. Formación Universitaria, 18(1). https://doi.org/10.4067/S0718-50062025000100043

Pataro, I. M. L., Gil, J. D., Guzmán, J. L., & Berenguel, M. (2025). Virtual laboratory for control education using a solar collector field system. Computer Applications in Engineering Education, 33, e70077. https://doi.org/10.1002/cae.70077

Patrignani, L., Venetsanos, D. T., & Pinho, S. T. (2026). A structured virtual reality laboratory methodology for teaching structural mechanics to undergraduate

engineers. Computer Applications in Engineering Education, 34(5), e70261. https://doi.org/10.1002/cae.70261

Pereira, R. B., da Costa, F. R., da Costa, L. R., Moraes, L. E. F., Janzen, B., Feitosa, V. M., & Janzen, J. G. (2025). Enhancing engineering education in transport phenomena through project-based learning with a nature-based solution approach. Education Sciences, 15(8), 1050. https://doi.org/10.3390/educsci15081050

Pintilie, I., Glodean, D., & Lapusan, C. (2026). Development of a virtual laboratory stand using Simscape for mechatronic engineering education. Education Sciences, 16(9), 1460. https://doi.org/10.3390/educsci16091460

Prabhu, R., Mendonca, S., Bellairu, P. K., & Shiri, N. D. (2025). Enhancing engineering education through mini project-based learning in computer integrated manufacturing laboratory: A student-centric approach. Innovations in Education and Teaching International, 62(3), 971–985. https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2362260

Ramírez de Dampierre, M., Gaya-López, M. C., & Lara-Bercial, P. J. (2024). Evaluation of the implementation of project-based-learning in engineering programs: A review of the literature. Education Sciences, 14(10), 1107. https://doi.org/10.3390/educsci14101107

Raoufi, K., & Haapala, K. R. (2024). A case study on the operational performance evaluation of a manufacturing process and system (MaPS) sustainability analysis tool

for engineering education. Sustainability, 16(14), 5856. https://doi.org/10.3390/su16145856

Rodríguez-Borges, C. G., Ramos Alfonso, Y., Vanga Arvelo, M. G., & Pérez-Rodríguez, J. A. (2024). Análisis de la formación en investigación de estudiantes de pregrado de ingeniería industrial. Formación Universitaria, 17(3), 107–116. https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000300107

Roig, P. J., Alcaraz, S., Gilly, K., Bernad, C., & Juiz, C. (2026). Combining active learning methodologies in a STEM-related course: A case study. Education Sciences, 16(5), 740. https://doi.org/10.3390/educsci16050740

Sharifkhani, M., Davidson, J., Walsh, C., Evans-Freeman, J., Brown, C., & MacCallum, K. (2025). Exploring the pedagogical implications of virtual labs: A case study of the Ward Design Project. Computer Applications in Engineering Education, 33(3), e70016. https://doi.org/10.1002/cae.70016

Silva-Quiroz, J., González-Campos, J., Garrido-Miranda, J., & Canales-Reyes, R. (2024). Variables que influyen en el grado de logro de la competencia digital (GLCD) de estudiantes universitarios. Formación Universitaria, 17(6). https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000600121

Sánchez, I. R., Herrera, E. del C., & Pulgar, J. A. (2024). Análisis de prácticas pedagógicas en la enseñanza de física general: Un enfoque por competencias bajo estructura modular en carreras de ingeniería.

Formación Universitaria, 17(5). https://doi.org/10.4067/S0718-50062024000500139

Tierney, G. (2025). A Python-based automation script to mark computer-aided design assessments. Applied Sciences, 15(3), 1203. https://doi.org/10.3390/app15031203

To, T. T., Al Mahmud, A., & Ranscombe, C. (2025). A framework for integrating additive manufacturing into engineering education: Perspectives of students and educators. European Journal of Engineering Education, 50(2), 298–319. https://doi.org/10.1080/03043797.2024.2358368

Tsutsumi, H. (2025). Community-integrated project-based learning for interdisciplinary engineering education: A mechatronics case study of a rideable 5-inch gauge railway. Education Sciences, 15(7), 806. https://doi.org/10.3390/educsci15070806

Tu, B., Wang, G., Liu, L., He, H., & Wei, T. (2026). Development and practice of an AI-enabled smart teaching model in basic mechanics education. Computer Applications in Engineering Education, 34, e70191. https://doi.org/10.1002/cae.70191

Unzueta, G., & Eguren, J. A. (2023). Implementation of project-based learning for design of experiments using 3D printing. Journal of Industrial Engineering and Management, 16(2), 263–274. https://doi.org/10.3926/jiem.5254

Vempala, V., Nielsen, H. N., Mosyjowski, E. A., Mondisa, J.-L., Daly, S. R., & Lattuca, L. R. (2026). Examining industrial engineering students' perceptions of course

skills and knowledge and alignment with their interests. Education Sciences, 16(8), 1236. https://doi.org/10.3390/educsci16081236

Viadero-Monasterio, F., Gutiérrez-Moizant, R. A., Meléndez-Useros, M., & García-Pozuelo Ramos, D. (2026). Integrating generative AI in engineering education: Enhancing learning and attendance in a vehicle theory course. Education Sciences, 16(2), 239. https://doi.org/10.3390/educsci16020239

Viitaharju, P., Linnera, J., Nieminen, M., Yliniemi, K., & Karttunen, A. J. (2025). Differences between experiencing a virtual laboratory with a virtual reality headset or a laptop. Computer Applications in Engineering Education, 33(3), e70043. https://doi.org/10.1002/cae.70043

Zambrano, C., & Hernandez, C. (2026). Percepción de estudiantes de ingeniería respecto a la autorregulación del aprendizaje. Formación Universitaria, 19(2). https://doi.org/10.4067/S0718-50062026000200057

Zhao, Y., Dong, H., & Zhang, X. (2026). Fostering technical and sustainability competencies through an integrated PBL approach in an undergraduate mechanical vibration course. Sustainability, 18(5), 2660. https://doi.org/10.3390/su18052660

INGENIERÍA • EDUCACIÓN SUPERIOR

Del fundamento físico a la decisión de diseño

La enseñanza de la ingeniería mecánica requiere algo más que memorizar ecuaciones o manejar programas de diseño. Exige comprender fenómenos físicos, formular problemas, contrastar resultados y justificar decisiones que afectan al funcionamiento, la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas técnicos.

Esta obra articula los fundamentos didácticos de la formación ingenieril con el diseño asistido por computadora, la experimentación en laboratorios y la evaluación de competencias profesionales. El aprendizaje se plantea como una relación constante entre teoría, modelado, medición y reflexión crítica.

Organizado en cuatro unidades, el libro ofrece criterios para planificar experiencias formativas, interpretar evidencias experimentales y fortalecer la autonomía técnica de los futuros ingenieros.

DIDÁCTICA DISEÑO LABORATORIO COMPETENCIAS

ISBN: 978-9907-851-10-6