

PROGRAMA DE CURSO

DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Civil Mecánica (DIMEC)					
Nombre del curso	Diseño de sistemas mecánicos	Código	ME5120	Créditos	6	
Nombre del curso en inglés	<i>Design of Mechanical Systems</i>					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Obligatorio	X		Electivo		
Requisitos	ME4130: Vibraciones mecánicas, ME4220: Planos de ingeniería, ME4230: Elementos de máquinas					

B. Propósito del curso:

El propósito del curso es que las y los estudiantes diseñen y validen un prototipo de un sistema mecánico complejo, empleando herramientas de software: Diseño, ingeniería y fabricación asistida por computadora, en inglés *Computer-aided Design (CAD)*, *Computer-aided Engineering (CAE)* y *Computer-aided Manufacturing (CAM)*, comprendiendo la dificultad, desafíos y oportunidades que se presentan al integrar todas las partes de diseño y construcción mecánica.

Se resuelve un problema real, a través de un proyecto definido al comienzo del semestre, abordando requerimientos y planificación otorgados por el equipo docente, el cual actúa como mandante y director/a de proyecto a la vez. De esta forma las y los estudiantes se enfocan completamente en el diseño, dirigidos por un equipo administrativo.

Se experimenta el proceso de diseño mecánico, concibiendo soluciones llevadas al modelamiento, simulación, análisis, rediseño, construcción y pruebas. Se destaca el carácter iterativo entre análisis, rediseño y toma de decisiones, haciendo énfasis finalmente en la construcción y validación del sistema mediante pruebas físicas, considerando el tiempo y recursos que estas involucran.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Concebir, formular y aplicar modelos físico-matemáticos para la resolución de problemas relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos.

CE2: Interpretar los resultados de la modelación y simulación de fenómenos relacionados con el diseño de componentes, equipos y sistemas mecánicos, estableciendo la pertinencia de las técnicas utilizadas para ello.

CE4: Diseñar componentes, equipos y sistemas mecánicos para la industria y la generación de energía.

CE5: Construir sistemas mecánicos mediante la integración y síntesis de diferentes elementos.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG2: Comunicación en inglés

Leer y escuchar de manera comprensiva en inglés una variedad de textos e informaciones sobre temas concretos o abstractos, comunicando experiencias y opiniones, adecuándose a diferentes contextos y a las características de la audiencia.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

CG6: Innovación

Concebir ideas viables y novedosas que generen valor para resolver necesidades latentes, materializadas en productos, servicios o en mejoras a procesos dentro de un sistema u organización, considerando el contexto sociocultural y económico y los beneficios para el usuario.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Plantea soluciones analíticas y computacionales a problemas de diseño, aplicando conocimientos de todas las áreas de la ingeniería mecánica, y el uso de modelos matemáticos y simulaciones, consciente de sus limitaciones.
CE4, CG6	RA2: Diseña de forma iterativa un sistema mecánico complejo, considerando el uso de CAD, CAE y CAM, el proceso de prototipado de baja a alta fidelidad, el diseño y ejecución de pruebas para validar dicho sistema.
CE5	RA3: Gestiona la construcción de un sistema mecánico, considerando tanto la selección y adquisición de materiales y componentes, así como la elaboración de planos de fabricación.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Expone en forma oral y escrita los resultados del diseño mecánico, considerando, en su redacción y presentación, síntesis y capacidad técnica para explicar con claridad su propuesta.
CG2	RA5: Ejecuta una investigación bibliográfica apoyándose en referencias científicas, en inglés y español, sobre temas aplicables al proyecto en ejecución, para extraer información acerca de los modelos que se utilizarán en el análisis del sistema mecánico.
CG3	RA6: Ejecuta su trabajo, asumiendo un sentido ético profesional, responsable y honesto respecto del tratamiento y entrega de cada uno de los resultados.
CG4	RA7: Trabaja con su equipo para cumplir con la actividad comprometida, considerando la trazabilidad y seguimiento del proceso ejecutado, a fin de evaluar si se alcanzó el objetivo común propuesto.
CG5	RA8: Integra al diseño del prototipo de sistema mecánico consideraciones sobre impactos económicos, ambientales y sociales, buscando maximizar la eficiencia energética de los procesos de manufactura y utilizar materiales cuyo ciclo de vida implique un menor impacto ambiental.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA2	Conceptos de diseño	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Proceso de diseño mecánico. 1.2. Metodologías ágiles de trabajo.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Elabora el bosquejo de un sistema mecánico específico, analizándolo como un todo y reconociendo sus partes. 2. Reconoce los modelos físico matemáticos como idealizaciones necesarias y a la realización física de un sistema mecánico como el modelo más exacto posible. 3. Reconoce los pasos involucrados en el proceso de diseño mecánico, destacando su carácter iterativo y costo en tiempo y recursos. 4. Concibe el diseño de un sistema mecánico, considerando los procesos de manufactura disponibles. 5. Prioriza criterios en la selección de alternativas, destacando la simplicidad como un criterio conveniente para el proceso de diseño. 6. Reconoce y aplica las metodologías ágiles como un esquema útil para trabajar iterativamente en un proceso de prototipado. 	
Bibliografía de la unidad		[1, 2, 3]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA7	Diseño asistido por computador: CAD	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Herramientas CAD: Sólidos, chapa, método de diseño de ensambles de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. 2.2. Diseño paramétrico. 2.3. Diseño generativo. 2.4. Planos de fabricación. 2.5. Trabajo colaborativo.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Elabora un flujo de trabajo premeditado dentro del software CAD, seleccionando el mejor método para modelar y posteriormente manufacturar el diseño planteado. 2. Utiliza parámetros ajustables dentro del trabajo en CAD para iterar y optimizar el diseño. 3. Elabora planos de fabricación con información no redundante, clara, necesaria y suficiente para su manufactura. 	

	<p>4. Resuelve problemas sencillos de diseño mecánico, considerando requerimientos iniciales de diseño, así como un proceso ingenieril claro.</p> <p>5. Comprende los alcances del diseño generativo con optimización automatizada, entendiendo en qué casos podría aplicarse como herramienta.</p> <p>6. Trabaja de forma colaborativa en plataformas que permiten llevar control de versiones de los diseños, además de mantenerlos disponibles para todos los miembros del equipo en cualquier dispositivo.</p>
Bibliografía de la unidad	[1, 8, 9]

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3, RA8	Selección de materiales y componentes	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
<p>3.1. Materiales y manufactura.</p> <p>3.2. Diagramas de Ashby.</p> <p>3.3. Componentes de transmisión de potencia.</p> <p>3.4. Componentes neumáticos e hidráulicos.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> Elabora una lista de partes, en inglés <i>Bill of Materials</i> (BOM), ordenada y jerarquizada según subensambles o subsistemas. Selecciona materiales para un prototipo, a partir del uso de diagramas de Ashby. Selecciona componentes comerciales de forma justificada mediante análisis de disponibilidad local y uso de catálogos. Toma como criterio para el diseño de un sistema mecánico, el seleccionar materiales cuyo ciclo de vida implique un menor impacto ambiental. 	
Bibliografía de la unidad		[1, 3, 4, 5, 6, 7]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	
4	RA1, RA2, RA7	Herramientas de ingeniería y manufactura asistida por computador: CAE, CAM	2 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
4.1. Herramientas de ingeniería asistida por computador: CAE. 4.2. Análisis estático. 4.3. Análisis de vibraciones. 4.4. Otros tipos de análisis de diseño. 4.5. CAM orientado a máquinas de corte cartesianas.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecuta e interpreta simulaciones, usando análisis de método de elemento finito, en inglés <i>finite element method</i> (FEM), o por método de volumen de control finito, en inglés <i>finite volume method</i> (FVM), para tomar decisiones entre iteraciones de diseño. 2. Utiliza CAM y herramientas de fabricación digital para hacer prototipos rápidos de baja fidelidad asociados a validaciones tempranas. 3. Trabaja con su equipo para resolver las tareas de prototipado rápido para cumplir con la actividad comprometida. 	
Bibliografía de la unidad		[1,8]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA3, RA5, RA6, RA7	Sistemas de precisión	1 semana
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Tolerancias dimensionales. 5.2. Metrología. 5.3. Diseño por restricciones y flexuras.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Utiliza indicaciones de tolerancia dimensional en los planos de fabricación, entendiendo su significado de acuerdo a requisitos de ajuste según cómo se ensamblará el sistema. Verifica las tolerancias exigidas en los planos de fabricación, utilizando instrumentos de medición. Usa conceptos de repetibilidad, precisión, error y calibración en la manufactura y validación del prototipo. Considera las flexuras como alternativa para el diseño de sistemas mecánicos de precisión u otras aplicaciones simples. Interactúa con sus pares y otros involucrados en la manufactura del prototipo de sistema mecánico, ejecutando su trabajo de manera responsable y honesta. 	
Bibliografía de la unidad		[1, 2, 10]	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
6	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7, RA8	Desarrollo de proyecto de sistema mecánico	8 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
6.1. Proyecto y subsistemas. 6.2. Diseño para la manufactura. 6.3. Generación de planos y documentos técnicos. 6.4. Planificación de cálculos. 6.5. Definición de pruebas. 6.6. Pruebas de baja fidelidad. 6.7. Rediseño. 6.8. Pruebas finales y puesta en marcha.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Investiga activamente en diversas fuentes bibliográficas para extraer información que utiliza para modelar un subsistema o subensamble del sistema mecánico del proyecto. Realiza iteraciones de optimización del diseño, teniendo en cuenta los procesos de manufactura y materiales disponibles localmente. Elabora planos de fabricación del sistema mecánico, considerando el seguimiento del proceso de manufactura y la comunicación de manera fluida con los encargados del taller mecánico, buscando recibir retroalimentación y cumplir con la construcción a tiempo. 	

	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ejecuta, con su equipo, un seguimiento a la trazabilidad y respaldo del proceso ejecutado, a fin de evaluar si se alcanzó el objetivo común propuesto. 5. Determina los alcances, impactos y responsabilidades éticas que conllevan al desarrollo de un proyecto de sistema mecánico. 6. Utiliza criterios ambientales, sociales y económicos para evaluar soluciones vinculadas a un sistema mecánico. 7. Diseña y ejecuta pruebas para validar el diseño del sistema mecánico, documentando sus resultados. 8. Redacta un reporte sobre los resultados del diseño mecánico complejo, considerando síntesis y capacidad técnica para explicar con claridad su propuesta. 9. Explica en forma oral su propuesta de diseño mecánico y los resultados obtenidos en la validación de esta, expresando con claridad sus ideas.
Bibliografía de la unidad	[1, 2, 3]

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

El curso considera las siguientes estrategias de enseñanza:

- Clases expositivas: se presentan y explican conceptos y buenas prácticas sobre diseño mecánico, aplicándolos en las actividades de laboratorio donde se trabaja con las herramientas de diseño computacional.
- Proyecto semestral: se diseña, de forma iterativa, incluyendo prototipos de baja, media y alta fidelidad.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes formas de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
● Tareas	RA1, RA2, RA3, RA4, RA6
● Revisiones de avance y coevaluaciones entre pares para evaluar la responsabilidad del equipo frente a la ejecución del proyecto.	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5, RA6, RA7
● Presentación final	RA4, RA7, RA8
● Reporte final	RA4, RA7, RA8

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's mechanical engineering design* (Vol. 9). New York: McGraw-hill.
- [2] Oberg, E., & Jones, F. D. (1914). *Machinery's Handbook for Machine Shop and Drafting-room: A Reference Book on Machine Design and Shop Practice for the Mechanical Engineer, Draftsman, Toolmaker and Machinist*. Industrial press.

Bibliografía complementaria:

- [3] Norton, R. L. (2011). *Machine design: an integrated approach*, 2000.
- [4] Ashby, M. F., & Cebon, D. (2005). *Materials selection in mechanical design*.
- [5] Catálogos SKF:
<https://www.skf.com/uk/news-and-events/popular-product-catalogues>
- [6] Catálogo HIWIN:
<https://www.hiwin.us/resources/catalogs/>
- [7] Catálogo componentes neumáticos:
<https://cl.microautomacion.com/wp-content/uploads/2021/07/2021-MASTER-MICRO-E-1.pdf>
- [8] Autodesk Fusion 360 tutorials:
<https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/courses/>
- [9] Autodesk generative design learning resources:
<https://knowledge.autodesk.com/support/fusion-360/getting-started/caas/simplecontent/content/generative-design-learning-resources.html>
- [10] Hale, L. C. (1999). *Principles and techniques for designing precision machines* (No. UCRL-LR-133066; YN0100000). Lawrence Livermore National Lab.(LLNL), Livermore, CA (United States).

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Otoño, 2023
Elaborado por:	Andrés Astudillo
Validado por:	Validación académico par: Rubén Fernández Validación CTD de Mecánica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular