

**PROGRAMA EDUCATIVO:**  
**LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**  
**EN COMPETENCIAS PROFESIONALES**

**PROGRAMA DE ASIGNATURA: MANUFACTURA CAE**

**CLAVE: E.MAC-3**

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El estudiante evaluará el comportamiento de componentes mecánicos a través del Método de Elementos Finitos (MEF) y el uso de software de ingeniería asistida por computadora (CAE), para optimizar su funcionamiento según especificaciones.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Desarrollar proyectos de procesos y productos innovadores automotrices, mediante metodologías, herramientas y técnicas de manufactura; control del proceso; nuevas tendencias tecnológicas de materiales y fuentes de energía; estrategias de administración y comercialización; estudios de rastreabilidad y trazabilidad del proceso y la normatividad aplicable, para contribuir a la innovación de los sistemas automotrices asegurando la calidad de los productos y la plena satisfacción del cliente, a fin de fortalecer el liderazgo global de la organización.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
<b>Específica</b>	<b>7</b>	<b>4.68</b>	<b>Escolarizada</b>	<b>5</b>	<b>75</b>

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
	I.- Análisis por elementos finitos.	6	9
II.- Análisis estático de componentes y ensamblajes mediante el uso de software CAE.	10	20	30
III.- Optimización orientada al diseño.	7	13	20

<b>ELABORÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>REVISÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	<b>SEPTIEMBRE DE 2024.</b>	

IV.- Aplicación de herramientas CAD- CAE	2	8	10
<b>Totales</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
Innovar insertos, componentes y sistemas automotrices a través del reconocimiento de tecnologías existentes y nuevas, materiales e insumos energéticos y de funcionalidad tecnológica, administración de proyectos sustentables, mejora continua y rentabilidad.	Formular mejoras en procesos de manufactura automotriz mediante software especializado CAD-CAM, diagramas de procesos, Layout y distribución de planta, recursos disponibles, capacidad y estándares de producción, análisis de costo-beneficio, metodología de manufactura esbelta, estándares de seguridad, calidad y la normatividad aplicable, para determinar la viabilidad del proyecto de mejora y lograr los beneficios planteados para la organización y su entorno.	<p>Presentar un informe con propuestas de mejora de procesos de manufactura, ensamble y subensamble automotriz, conforme a los registros y formatos establecidos por la organización y la norma, que contenga:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Detección de áreas de oportunidad de mejora y su justificación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo tacto y tiempo ciclo.</li> <li>• Capacidad de producción.</li> <li>• Capacidad instalada.</li> </ul> </li> <li>2. Grado de impacto en los indicadores de producción.</li> <li>3. Estudios de rastreabilidad y trazabilidad del proceso.</li> <li>4. Reportes de auditorías internas.</li> <li>5. Reportes del programa de mantenimiento.</li> <li>6. Reportes de rutas críticas logísticas.</li> <li>7. Reportes de índices de recurrencia de fallas.</li> <li>8. Referencias a normas aplicables.</li> <li>9. Análisis de los resultados existentes contra los esperados.</li> <li>10. Determinación de los recursos requeridos.</li> <li>11. Prospectiva de los resultados esperados.</li> <li>12. Justificación del costo-beneficio.</li> <li>13. Determinación de la viabilidad de la propuesta para su aprobación e implementación.</li> </ol>

<b>ELABORÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>REVISÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	<b>SEPTIEMBRE DE 2024.</b>	

<p>Plantear procesos de manufactura, ensamble y subensamble automotriz basado en detección de áreas de oportunidad y análisis del proceso productivo, con pruebas al producto terminado, software especializado, métodos de manufactura esbelta, Core Tools, estándares de seguridad y calidad, así como la normatividad aplicable, buscando optimizar los recursos e incrementar la productividad.</p>	<p>Determinar la factibilidad de nuevos proyectos en el sector automotriz a través de estudios de costos de mano de obra, procesos e insumos; métodos de control estadístico, auditorías de procesos, análisis costo-beneficio, cero-fallas y solución de problemas, considerando la homologación de criterios de fallas y la normatividad aplicable, para la optimización del costo, tiempo, volumen y calidad en la producción.</p>	<p>Presentar el informe de la implementación y evaluación de un proyecto de mejora de procesos y/o productos automotrices, que incluya:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propuesta aprobada del anteproyecto.</li> <li>2. Cuaderno de requerimientos.</li> <li>3. Prototipo pre-serie.</li> <li>4. Planeación logística.</li> <li>5. Cronograma logístico.</li> <li>6. Liberación del prototipo.</li> <li>7. Conclusiones sobre costo-beneficio.</li> <li>8. Autorización de primera corrida.</li> </ol>
---	---	---

<b>ELABORÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>REVISÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	<b>SEPTIEMBRE DE 2024.</b>	

## UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I.- Análisis por elementos finitos.					
Propósito esperado	El estudiante utilizará el Método de Elementos Finitos, para determinar esfuerzos y deformaciones bajo la acción de cargas en elementos mecánicos utilizando herramientas de software especializados para el estudio del MEF.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	6	Horas del Saber Hacer	9	Horas Totales	15

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Introducción a la ingeniería asistida por computadora.	Conocer los fundamentos de la Mecánica computacional, Ingeniería asistida por computadora, Método de Elementos Finitos y sus aplicaciones industriales.	Identificar problemas en la solución de problemas numéricos generados por la discretización.	Desarrollar el pensamiento analítico a través de la resolución de problemas utilizando los métodos numéricos.
Introducción y fundamentos del método de elementos finitos	Explicar las etapas de solución por aproximación numérica del método de elementos finitos Explicar los errores más comunes en un análisis numérico debido a la discretización.	Identificar problemas en la solución de problemas numéricos por método de elementos finitos.	
-Análisis matemático de un componente mecánico por elementos finitos. -Etapas del MEF <b>Preproceso</b> Discretización del dominio Definición de propiedades mecánicas de componentes. Matriz de rigidez local	Comprender el concepto de condición de frontera, de restricciones y cargas para evaluar el funcionamiento de un componente mecánico Conocer el proceso de análisis de esfuerzos generado en el componente mecánico, factor de seguridad, desplazamientos del sistema.	Aplicar las etapas del MEF para obtener las aproximaciones de los resultados en un componente mecánico, empleando software especializado en modelado matemático y/o simulación.	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Matriz de rigidez global Condiciones de frontera <b>Solución</b> <b>Postprocesamiento.</b> Análisis de resultados Desplazamiento Esfuerzo Factor de seguridad.			
---	--	--	--

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos Tareas de investigación	- Pizarrón. - Proyector. - Equipo de Cómputo. - Software de modelado matemático	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
El estudiante modela componentes mecánicos utilizando la metodología del elemento finito.	El estudiante deberá elaborar un reporte que contenga: Presentación. Antecedentes del Método de Elementos Finitos. Redacción de resultados del análisis obtenido al emplear el método del MEF. Conclusiones.	Estudios de casos Lista de cotejo

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Unidad de Aprendizaje	II.- Análisis estático de componentes y ensamblajes mediante el uso de software CAE.					
Propósito esperado	El estudiante determinará esfuerzos y deformaciones bajo la acción de cargas en elementos mecánicos, para determinar el comportamiento estructural de un sistema mecánico utilizando software CAE.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	20	Horas Totales	30

Temas	Saber	Saber Hacer	Ser y Convivir
	Dimensión Conceptual	Dimensión Actuacional	Dimensión Socioafectiva
Tipos de software CAE que se emplean para análisis el método del elemento finito.	Explicar la relación entre CAD y CAE durante el diseño de componentes mecánicos.  Explicar las diferentes herramientas de software CAD/CAE para poder restringir un elemento mecánico y cumplir las condiciones de la estática.	Determinar la importancia del modelo CAD/CAE en el desarrollo de componentes mecánicos	Desarrollar el pensamiento analítico a través de la interpretación de los resultados en las fases del proceso aproximación del MEF.
Modelado de componentes y ensamblajes a evaluar.	Explicar las diferentes herramientas CAD/CAE para aplicar condiciones de frontera y cargas en un componente mecánico: Fuerza. Presión. Temperatura.	Aplicar las herramientas de modelado para simular el funcionamiento de un componente mecánico.	
Análisis de componentes mediante software CAE. <b>Preproceso</b>	Conocer el proceso CAE para obtener los resultados de esfuerzos generados (máximos y mínimos) en el componente mecánico, así como, factor de	Realizar un análisis estructural mediante software CAE de acuerdo con los esfuerzos alcanzados, las	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Discretización del dominio Definición de propiedades mecánicas de componentes. Matriz de rigidez local Matriz de rigidez global Condiciones de frontera <b>Solución</b> <b>Postprocesamiento.</b> Análisis de resultados Desplazamiento Esfuerzo Factor de seguridad.	seguridad, (máximo y mínimo), desplazamientos del sistema.	propiedades del material y el factor de seguridad  Documentar un reporte de simulación mediante el software CAE	
---	--	---	--

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos  Prácticas en laboratorio / centro de computo Simulación	- Pizarrón. - Proyector. - Equipo de Cómputo. - Software CAE.	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Los estudiantes evalúan la integridad estructural de componentes mecánicos mediante herramientas de software CAE	A partir de un caso de estudio, el estudiante deberá elaborar un reporte mediante las herramientas CAD / CAE que contenga: El diseño del componente digital evaluado. Las condiciones de frontera empleadas. Los gráficos de resultados de esfuerzos, desplazamiento y factor de seguridad. Las conclusiones del comportamiento del modelo.	Estudios de casos Rúbrica de evaluación.
--	---	---

Unidad de Aprendizaje	III.- Optimización orientada al diseño.					
Propósito esperado	El estudiante determinará la geometría y dimensiones que optimicen el comportamiento estructural de un elemento, con base al análisis de esfuerzos y deformaciones obtenidos durante la simulación, para mejorar el comportamiento del elemento.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	7	Horas del Saber Hacer	13	Horas Totales	20

Temas	Saber	Saber Hacer	Ser y Convivir
	Dimensión Conceptual	Dimensión Actucional	Dimensión Socioafectiva
Métodos de optimización.	Identificar las diferentes herramientas CAE para la optimización de piezas mediante el enfoque de optimización.  Identificar las herramientas CAD/CAE topológicas para la reducción de	Proponer los parámetros de diseño necesarias para realizar un análisis óptimo.  Identificar las herramientas necesarias para mejorar el diseño de los componentes mecánicos	Desarrollar el pensamiento analítico a través de la resolución de problemas utilizando los métodos numéricos.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

	material en los componentes mecánicos.	bajo los parámetros de diseño utilizados.	
Introducción a la ingeniería inversa.	Definir la diferencia entre ingeniería directa e ingeniería inversa. Explicar el análisis inverso de componentes mecánicos (Material, funcionalidad, y mejoras potenciales)	Propone mejoras en el diseño de una máquina de acuerdo con los resultados obtenidos en cada uno de los eslabones.  Implementar mejoras en el diseño con la finalidad de distribuir mejor los esfuerzos generados durante el análisis.	
Rediseño de componentes utilizando enfoque de optimización.	Proponer cambios de geometría en los componentes mecánicos de una máquina o mecanismo con el fin de distribuir mejor los esfuerzos generados durante el análisis.	Documentar un reporte de simulación mediante el software CAE de componente optimizado.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos Prácticas en laboratorio / centro de computo Simulación	- Pizarrón. - Proyector. - Equipo de Cómputo. - Software CAE.	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Los estudiantes proponen cambios en el diseño buscando optimizar el comportamiento mecánico de componentes.	<p>A partir de un caso de estudio, el estudiante deberá elaborar un reporte mediante las herramientas CAD / CAE que contenga:</p> <p>Los cambios de diseño propuestos en componentes optimizados</p> <p>Los gráficos de resultados de esfuerzos, desplazamientos y factor de seguridad que comprueben la mejora del comportamiento del componente.</p> <p>Las conclusiones donde se documenten los parámetros que se cambiaron para la mejora del comportamiento del modelo.</p>	<p>Estudios de casos</p> <p>Rúbrica de evaluación.</p>

<b>ELABORÓ:</b>	DGUTYP	<b>REVISÓ:</b>	DGUTYP	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	DGUTYP	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	SEPTIEMBRE DE 2024.	

<b>Unidad de Aprendizaje</b>	IV.- Aplicación de herramientas CAD- CAE				
<b>Propósito esperado</b>	El estudiante utilizará la ingeniería asistida por computadora, para proponer cambios y mejoras en componentes y/o ensambles mecánicos de un sistema propuesto.				
<b>Tiempo Asignado</b>	<b>Horas del Saber</b>	2	<b>Horas del Saber Hacer</b>	8	<b>Horas Totales</b> 10

<b>Temas</b>	<b>Saber Dimensión Conceptual</b>	<b>Saber Hacer Dimensión Actuacional</b>	<b>Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva</b>
Desarrollo de proyecto	Conocer el proceso para elaboración de proyecto de un componente utilizando herramientas CAD/CAE: Planteamiento del problema. Justificación y condiciones de diseño. Selección del material a utilizar. Propuesta de factor de seguridad. Diseño preliminar.	Elaborar un proyecto donde se utilice la ingeniería asistida por computadora para adaptar un mecanismo perteneciente a un sistema físico y proponer mejoras de acuerdo con los criterios de optimización, justificado por un reporte de simulación del software CAE	Participar de forma proactiva y colaborativa en las actividades de prácticas al formar equipos de trabajo.
Evaluación de proyecto	Optimización del diseño. Conclusiones. Redacción de reporte. Explicar los errores más comunes en un análisis numérico debido a la discretización.		

<b>ELABORÓ:</b>	DGUTYP	<b>REVISÓ:</b>	DGUTYP	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	DGUTYP	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos Trabajo en equipo	- Pizarrón. - Proyector. - Equipo de Cómputo. - Software de modelado matemático	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>El estudiante propone una mejora de componente mecánico de un sistema real, empleando los criterios adquiridos de diseño, falla y enfoque de optimización.</p> <p>Los estudiantes generan reportes ejecutivos de la evaluación del comportamiento mecánico de componentes después de una mejora en el diseño.</p>	<p>A partir de un caso práctico el estudiante deberá desarrollar un proyecto que incluya:</p> <p>Planteamiento del problema. Análisis CAE preliminar Justificación del cambio en el modelo. Condiciones de rediseño, material, factor de seguridad, optimización, Conclusiones Reporte ejecutivo.</p>	<p>Lista de cotejo. Rúbrica de evaluación.</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Ingeniero en Sistemas Automotrices Ingeniero Mecánico Ingeniero Mecatrónico y carreras afines	Experiencia en: Modelo basado en competencias Uso de plataformas digitales Docencia nivel superior	Industria transformación metal mecánica Industria automotriz

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
Carlos Rubio González; Víctor Romero Muñoz	2008	Método del elemento finito: fundamentos y aplicaciones con ansys	México	LIMUSA	9786070501470
Moaveni, Saeed	1999	Finite Element Analysis: Theory and Application with ANSYS	Estados Unidos	Prentice Hall	0-13-785098-0
Huei-Huang Lee	2010	Finite Element Simulations with ANSYS Workbench, Theory, Applications, Case Studies	Estados Unidos	SDS Publications	978-1630570880
M. Asghar Bhatti	2005	Fundamental Finite Element Analysis and Applications: with Mathematica and Matlab Computations	Estados Unidos	Wiley	9780471648086

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-48.1
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024.	

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
Darío Ferrari mora Felipe Díaz del Castillo Rodríguez	2024	Método del elemento finito	<a href="http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/Elemento_finito_Autofem.pdf">http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m1/Elemento_finito_Autofem.pdf</a>
Cristhian Ramírez	2024	Introducción a los elementos finitos	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=KutC6Htfbcg">https://www.youtube.com/watch?v=KutC6Htfbcg</a>
CAD & CAE - Tutoriales	2024	Introducción: Método de los Elementos Finitos   SolidWorks Simulation	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=7WvN3XzCf7o&amp;list=PLwLG8PIrpsas6qxSgs3DosuQRX1lwjphy">https://www.youtube.com/watch?v=7WvN3XzCf7o&amp;list=PLwLG8PIrpsas6qxSgs3DosuQRX1lwjphy</a>
Randy H. Shih	2023	Introduction to Finite Element Analysis Using SOLIDWORKS Simulation	SDC Publications ISBN 978-1630575656
Autodesk Inc.	2024	Análisis por software CAE Inventor Nastran	<a href="https://help.autodesk.com/view/NINCAD/2024/ENU/?guid=GUID-DB7160BE-0C72-47B9-B5EF-FC4925B455CE">https://help.autodesk.com/view/NINCAD/2024/ENU/?guid=GUID-DB7160BE-0C72-47B9-B5EF-FC4925B455CE</a>

<b>ELABORÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>REVISÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>F-DA-01-PA-LIC-48.1</b>
<b>APROBÓ:</b>	<b>DGUTYP</b>	<b>VIGENTE A PARTIR DE:</b>	SEPTIEMBRE DE 2024.	