

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Diseño de Moldes de Inyección
Clave de la asignatura:	MAD-2306
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Mecatrónica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, las competencias que utilizará sobre los conceptos generales y las generalidades de los componentes y funcionamiento de los moldes de inyección de plásticos, introducir los conceptos básicos del diseño de moldes, brindarle las herramientas para la identificación y solución de problemas relacionados con los moldes empleando herramientas de simulación en ingeniería.

Intención didáctica

El programa de diseño de moldes de inyección, surge con el análisis de las competencias a desarrollar por los ingenieros en la industria, para poder tener una mayor eficiencia en la comprensión de los temas referentes al proceso de transformación de moldeo por inyección. Tanto en el diseño como en el desarrollo de moldes.

El temario está organizado en 5 unidades, en la primera unidad se aborda el tema del uso de las herramientas de ingeniería CAE como ayuda para predecir el comportamiento real del llenado de cavidades. Además de que se aprenderá a identificar los tipos de termoplásticos empleados en lo común, en la industria. Finalmente aprenderá a conocer, en dónde colocar los puntos de inyección.

Posteriormente, en el segundo tema se aborda un tema de gran importancia en el mundo de la inyección de plásticos, la contracción volumétrica, se aprenderá a identificarla y a cómo disminuirla, ya que éste estará siempre presente después de un proceso de plastificación y posterior inyección. También se hablará sobre la diversidad de aleaciones que se tienen para la fabricación de moldes, se abordará el tema de tratamientos térmicos y termoquímicos para éstos materiales. Finalmente aprenderá a seleccionar el tipo de canal ideal para inyección, así como, el tipo de entrada a cavidad.

En el tercer tema, se hace referencia exclusivamente al proceso de refrigeración de la pieza, posterior a la inyección, se hablará sobre cómo afecta a la calidad de la pieza, una

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

extracción de calor deficiente, además de cómo afecta el tiempo prolongado de refrigeración al ciclo completo de inyección. Finalmente se hablará sobre los tipos de refrigerantes, algunos beneficios de unos con respecto a otros, configuración de circuitos en serie y en paralelo, ¿cuál es mejor? bajo qué condiciones.

En el cuarto tema, se analizarán otros estudios complementarios a la simulación de moldeo por inyección, como lo es la deformación de las piezas plásticas después de su expulsión, se emplearán algoritmos localizadores de puntos de entrada idóneos, se conocerá a que se le nombra moldes de familia. Finalmente se analizará, cómo afecta en la calidad de piezas terminadas un desequilibrio de llenado, a consecuencia de un desequilibrio de canales.

Finalmente, en el quinto tema se aplicará todos los conocimientos y recomendaciones dadas en la asignatura para el desarrollo de un proyecto final, que consistirá en el diseño y/o rediseño de una pieza plástica compleja, para su posterior simulación de inyección, contracción y refrigeración, se espera que los resultados obtenidos se mantengan en semáforos verdes, que es un indicador de que el proceso total de simulación fue correcta, y está lista para fabricar el molde y someterlo a operatividad en la industria.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo. Octubre 2019	Miembros de la academia de Ingeniería Mecatrónica	Análisis y adecuación por competencias del módulo de la especialidad en “MANUFACTURA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL” de la carrera de ingeniería mecatrónica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar claramente los tipos de moldes para inyección de termoplásticos. • Conocer e identificar las partes principales de un molde de inyección, así como, su proceso de fabricación. • Aplicar las competencias necesarias para analizar y comprender los conocimientos adquiridos para el diseño de moldes de inyección. • Adquirir habilidades para la simulación de flujo de fluidos en el proceso de llenado de cavidades, empleando herramientas CAE.

5. Competencias previas

Para poder abordar los contenidos de la materia, el estudiante demuestra las siguientes competencias específicas.

- Introducción a la inyección de plásticos y a los moldes de inyección.
- Clasifica e interpreta las normas en dibujo utilizadas para su implementación, y utiliza las herramientas necesarias para la elaboración de dibujos bidimensionales y tridimensionales. (Tema 1 al 5 – Diseño Asistido por computadora)
- Identifica los polímeros, termoplásticos, termofijos y elastómeros. (Tema 5 – Ciencia e ingeniería de los materiales).
- Conocer e identificar los distintos procesos en polímeros. (Tema 8 – Procesos de fabricación).
- Uso de programas CAD-CAM (Tema 5 – Manufactura avanzada).

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Análisis de llenado en cavidades	1.1 Herramientas CAE para el estudio del llenado en moldes 1.2 Seleccionar material de inyección (tipo de polímero) 1.3 Dónde establecer puntos de inyección en una pieza 1.4 Optimizar resultados del análisis
2	Análisis de compactación (contracción volumétrica)	2.1 Qué es la contracción volumétrica 2.2 Rango de contracción para los distintos termoplásticos, cuál es lo óptimo 2.3 Estudio de contracción volumétrica, duplicado de piezas 2.4 Dónde establecer el plano de partición de un molde 2.5 Materiales (aleaciones) para moldes, creación del molde 2.6 Diseño y creación de los canales de alimentación (ramal de colada fría), tipos de entradas para cavidades, cuál es mejor
3	Análisis de Refrigeración	3.1 Consideraciones de refrigeración 3.2 Circuitos de refrigeración 3.3 Componentes de refrigeración 3.4 Refrigerante 3.5 Temperatura de entrada del Refrigerante 3.6 Capacidad de bombeo 3.7 Diseño de líneas de refrigeración 3.8 Estudio y análisis del sistema de refrigeración

4	Análisis complementarios	4.1 Análisis de deformación de pieza inyectada 4.2 Algoritmos localizador de entradas 4.3 Modelado de una sola cavidad 4.4 Modelado de un molde con varias cavidades 4.5 Modelado de un molde de familia 4.6 Equilibrado de canales
5	Optimizado de Resultados	5.1 Diseño y/o rediseño de piezas plásticas, qué es lo mejor 5.2 Análisis de llenado, compactación y refrigeración, puntos de mejora. 5.3 Proyecto final de asignatura

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Análisis de llenado en cavidades	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer las distintas herramientas para la simulación de inyección de plásticos en moldes</p> <p>Genérica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de trabajar en equipo. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. • Toma de decisiones. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y analizar las distintas herramientas CAE para la inyección de plásticos • Investigar y discutir los termoplásticos más usados en la industria • Búsqueda de información referente al tipo de entradas que se tienen para diferentes cavidades • Investigar en función a qué, se establecen los puntos de inyección
2. Análisis de compactación	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer cómo afecta la contracción volumétrica a la calidad de la pieza inyectada, así como, aprender a controlarlo</p> <p>Genérica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de piezas plásticas que presenten deformación, producto de la contracción volumétrica. • Investigar la contracción volumétrica que presentan distintos termoplásticos.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de trabajar en equipo. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. • Toma de decisiones. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar qué se hace en la práctica para disminuirlo al máximo. • Analizar si la contracción volumétrica depende del diseño de la pieza.
3. Análisis de Refrigeración	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer los distintivos tipos de refrigerantes que se tienen para el enfriamiento de la pieza, antes de su expulsión, así como, el diseño óptimo de canales de refrigeración en molde.</p> <p>Genérica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. • Toma de decisiones. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar tipos y características de refrigerantes típicos empleados en el moldeo por inyección. • Búsqueda en diversas fuentes, tipos de circuitos empleados en moldes de inyección, ventajas y desventajas. • Investigar cuál debe ser la diferencia de temperaturas óptima, en la entrada y salida en circuito de refrigeración. • Investigar cómo está constituido el circuito de refrigeración en una máquina inyectora (elementos constitutivos)
4. Análisis complementarios	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer otros estudios de importancia en la simulación de inyección de plásticos</p> <p>Genérica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis. • Capacidad de trabajar en equipo. • Capacidad de organizar y planificar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar qué es la deformación en piezas plásticas, llevar ejemplos al salón de clase. • Búsqueda de distintos moldes, con diversas cavidades, analizar en dónde se localizan los puntos de inyección.

<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda en libros especializados en inyección, qué es un molde de familia. • Investigar cómo afecta en la calidad de las piezas inyectadas, un desequilibrio de canales.
---	--

5. Optimizado de Resultados

Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conocer la forma de optimizar los análisis de llenado, contracción y refrigeración en su proyecto final.</p> <p>Genérica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de trabajar en equipo. • Capacidad de organizar y planificar. • Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación. • Toma de decisiones. • Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas. • Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar de qué forma puede optimizar su simulación de inyección, deberá manipular variables, como temperatura, presiones y velocidades de inyección. • Analizar si el diseño de su pieza es el óptimo para ser inyectado.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un total de 10 prácticas que conforman los dos “manual de prácticas de diseño de moldes de inyección” empleando el software MoldFlow de Ansys • Conocer e interpretar la información técnica proporcionada por los fabricantes de las máquinas de inyección, complementando con una visita industrial. • Aplicar dichas herramientas para la elaboración de las partes que conforman el molde. • Elaborar e interpretar dibujos tridimensionales de los moldes. • Diseñar y simular un molde de mínimo 2 cavidades como proyecto final de la asignatura.
--

9. Proyecto de asignatura

Como proyecto final de la materia se diseñará y/o rediseñará una pieza plástica compleja en SolidWorks, después se simulará en MoldFlow para analizar, tiempo de llenado, calidad en la contracción, así como, calidad de la refrigeración para su posterior expulsión. Se espera que los resultados sean semáforos verdes, que son indicio de que el proyecto final se desarrolló de forma exitosa.

10. Evaluación por competencias

- Portafolio de evidencias que incluye entre otras cosas lo siguiente:
- Exámenes escritos.
- Tareas e investigación documental escrita
- Reporte de visita industrial.
- Resultados de investigación (documental o de campo).
- Participación en clase.
- Proyecto final del curso.
- Exposiciones en clase.

11. Fuentes de información

1. Alonso G. Reynaldo, Manual de prácticas de diseño de moldes de inyección Volumen I y II, última edición, S/E.
2. Alfredo C. Gómez. Inyección de plásticos, tomo 1, última edición, Ed. ACG plastics consulting.
3. Douglas M. Bryce. Plastic Injection Molding Volume I to IV: Fundamentals of Injection Molding series, Published by the Society of Manufacturing Engineers.
4. Mikell P. Groover. Procesos de manufactura moderna, última edición, Ed. Pearson, Prentice Hall
5. S. Kalpakjian, S.R. Schmid. (2008). Manufactura, Ingeniería y Tecnología. 5ª Edición. Ed. Pearson, Prentice Hall.
6. Hans Gastrow. (1998). Moldes de inyección para plásticos: 100 casos prácticos, Segunda Edición. Ed. Carl Hanser.
7. Gianni Bodini, Franco Cachi Pessani. (1993). Moldes y Máquinas de Inyección para la transformación de plásticos, Tomo I y II. Segunda Edición. Ed. McGraw Hill.
8. G. Menges, G. Mohren. (1983). Moldes para inyección de plásticos. Tercera Edición. Ed. Ediciones G. Gili S.A.