



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE TIANGUISTENCO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPCIÓN IX: TESIS

**“DISEÑO MEDIANTE CAD PARA UN MOLDE DE INYECCIÓN DE EMPAQUE
PLÁSTICO VISUALIZADO CON REALIDAD AUMENTADA”**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTA:

Jared Nol de la Cruz

ASESOR:

M.C VICTOR MANUEL FERREYRA COROY

Tianguistenco, Estado de México, julio 2026

AGRADECIMIENTOS

“Agradezco a Dios que me ha sustentado en todo momento, brindándome vida y salud; de igual manera, extendiendo mi sincera gratitud a mis padres por el apoyo económico y moral que hicieron posible la culminación de mi etapa universitaria mediante la realización de esta tesis, ya que fueron mis principales promotores durante este proceso.”

“Agradezco a la institución que me abrió sus puertas para mi formación profesional, así como a mi asesor técnico el M.C Víctor Manuel Ferreyra Coroy quien realizó grandes aportaciones para el mejoramiento estructural de este proyecto, aunadamente se realizaron recomendaciones para el cumplimiento de los objetivos en los cuales en cierto momento no se tenía tanta claridad.”

Resumen

La presente tesis es una propuesta para la visualización del diseño de un molde de inyección de plástico para empresas transformadoras de plásticos de grado alimenticio mediante realidad aumentada. El objetivo principal de este proyecto consistió en implementar realidad aumentada para la visualización del diseño y el modelado del molde de inyección para contenedores. Como parte de la metodología se inició con el estudio de métricas del molde, el cual se diseñó con el software SolidWorks, seguido de ello se realizó una vista explosionada del molde, la cual se agregó en un software de realidad aumentada para la visualización de este. Como resultado, se tiene una visión en 3D con realidad aumentada que permite analizar las partes del molde en un contexto realista. Concluimos que la integración de software de diseño y realidad aumentada permite tener una visión de objetos dinámicos.

Palabras clave: Inyección de plástico, realidad aumentada, CAD, molde, capacitación.

Índice de contenido

CAPÍTULO I. GENERALIDADES	10
Introducción:	11
Problemática	13
Justificación	15
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II. ESTADO DEL ARTE	18
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO	26
3.1 Capacitación en las organizaciones.....	27
3.1.1 Plan de capacitación	28
3.1.3 Diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC)	29
3.2.1 AutoCAD.....	32
3.2.2 SolidWorks	33
3.2.3 CATIA	33
3.2.4 Siemens NX	34
3.3 Termoformado	35
3.3.1 Etapas del termoformado	36
3.3.2 Tipos de Termoformado.....	37
3.3.3 Variables en el proceso	37
3.3.4 Diseño de moldes para termoformado.....	38
3.4 Moldeo por inyección de plástico	39
3.4.1 Parámetros del proceso de inyección	41
3.4.2 Defectos comunes en moldeo por inyección.....	41
3.5 Antecedentes de la realidad aumentada	42
3.5.1 Realidad aumentada	43
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	45
4.1 Comparativa y elección de software CAD para el diseño del molde	46
4.1.1 Costos de software CAD.....	48

4.2 Metodología de diseño CAD y visualización mediante RA.	51
4.2.1 Uso de herramientas para moldes CAD.	52
4.2.2 Realización de estructura multi-cavidad.	52
4.2.3 Diseño del sistema de enfriamiento.	53
4.2.4. Diseño del sistema de inyección	54
4.2.5 Diseño del sistema de expulsión.....	55
4.2.6 Creación de animación (explosión de partes del molde)	55
4.3 Tipo de Investigación (Tesis).....	56
4.3.1 Población o muestra	57
4.3.2 Técnicas de recolección de datos.....	58
4.3.2.1 Observación	58
4.3.2.2 Análisis del puesto de trabajo.....	58
4.3.2.3 Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	59
4.4 Diseño del plan de capacitación	60
4.4.1 Cursos de capacitación CAD.....	61
4.5 Evaluación de la eficiencia de la visualización mediante RA	61
CAPÍTULO V. RESULTADOS.....	62
5.1 Diseño y modelado de molde por inyección de plástico	63
5.1.2 Realización de porta núcleos y porta cavidades	66
5.1.3 Diseño de sistema de refrigeración	68
5.1.4 Diseño del sistema de inyección	71
5.1.5 Diseño del sistema de expulsión.....	76
5.2 Animación y vista explosionada del molde.....	78
5.3 Visualización con realidad aumentada	80
5.3.1 Resultado con realidad aumentada	82
5.4 Video explicativo del resultado final.....	83
5.5 Observación	84
5.5.1 Análisis del puesto de trabajo.....	85
5.5.2 Matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC)	87

5.6 Desarrollo del plan de capacitación	88
5.6.1 Recursos necesarios	92
CAPITULO VI.....	94
6.1 Conclusiones	95
REFERENCIAS.....	99
ANEXOS.....	103

Contenido de Tablas

Tabla 1.	Comparación de software CAD utilizados en diseño mecánico	46
Tabla 2.	Comparación de costos de software CAD	48
Tabla 3.	Análisis de puesto de trabajo	85
Tabla 4.	Matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación	87
Tabla 5.	Cursos de capacitación CAD	90
Tabla 6.	Cronograma de capacitación (Tipo Gantt).....	91
Tabla 7.	Recursos humanos	92
Tabla 8.	Recursos materiales	92
Tabla 9.	Recursos tecnológicos.....	93

Índice de Figuras

Figura 1. <i>Pasos generales para la capacitación. Tomada de (Emprende PYME 2023)</i>	28
Figura 2. <i>Ciclo de desarrollo de las personas orientado a resultados (Liptzis 2024)</i>	30
Figura 3. <i>Interfaz AutoCad. Tomada de (Aula CAD 2022)</i>	32
Figura 4. <i>Interfaz de SolidWorks (Mariño 2020)</i>	33
Figura 5. <i>Interfaz CATIA. Tomada de (Ingelibre 2014)</i>	34
Figura 6. <i>Interfaz Siemens NX. Tomada de (Tutorial World 2017)</i>	35
Figura 7. <i>Etapas del Termoformado. Tomado de (materials & design 2020)</i>	36
Figura 8 <i>Termoformado al vacío simplificado. Tomada de (Marbea SRL 2019)</i>	37
Figura 9. <i>Moldeo por inyección de plástico (Conrad 2023)</i>	40
Figura 10. <i>Dispositivo Karma (Servin 1993)</i>	43
Figura 11. <i>Sistema de visualización en realidad aumentada de Ford (Baylo 2012)</i>	43
Figura 12. <i>Diagrama de flujo de la metodología planteada</i>	51
Figura 13. <i>Pasos para diseñar núcleo y cavidad</i>	52
Figura 14. <i>Funcionamiento del sistema de expulsión</i>	55
Figura 15. <i>Ejemplo de vista explosionada. Tomada de (SolidWorks Design 2016)</i>	56
Figura 16. <i>Elementos del análisis de puestos</i>	59
Figura 17. <i>Contenedor base para brownies</i>	63
Figura 18. <i>Pieza (Contenedor plástico) para realizar molde</i>	64
Figura 19. <i>Línea de partición y estudio de ángulos de desmoldeo</i>	65
Figura 20. <i>Superficie de separación</i>	65
Figura 21. <i>Núcleo/ Cavidad final</i>	66
Figura 23. <i>Tapón</i>	67

Figura 22. <i>Porta núcleos</i>	67
Figura 24. <i>Ensamble del molde</i>	68
Figura 25. <i>Sistema de refrigeración (porta cavidades)</i>	69
Figura 26. <i>Sistema de refrigeración (Porta núcleos)</i>	70
Figura 27. <i>Alojamiento Serpentin</i>	70
Figura 28. <i>Serpentin ensamblado</i>	71
Figura 29. <i>Retenedor de colada</i>	72
Figura 30. <i>Bebedero</i>	72
Figura 31. <i>Croquis de ranura para canal de inyección</i>	73
Figura 32. <i>Canales de inyección</i>	74
Figura 33. <i>Compuerta submarina</i>	75
Figura 34. <i>Compuerta lateral</i>	75
Figura 35. <i>Expulsor</i>	76
Figura 37. <i>Ensamble con expulsos colocados</i>	77
Figura 38. <i>Molde por inyección culminado</i>	78
Figura 39. <i>Vista explosionada del molde por inyección</i>	79
Figura 40. <i>Animación formato MP4</i>	79
Figura 41. <i>Modelo 3D colocado en Unity</i>	81
Figura 42. <i>Materiales en Unity</i>	81
Figura 43. <i>Estructura para visualizar animación</i>	82
Figura 44. <i>Realidad aumentada para molde 3D</i>	83
Figura 45. <i>QR video explicativo</i>	83

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES

Introducción:

A través de dispositivos como gafas inteligentes o aplicaciones móviles, la Realidad Aumentada (RA) superpone información digital, como gráficos, videos o datos en tiempo real, en el entorno físico del usuario (Smith, 2020). Esto permite la interacción en tiempo real entre el mundo físico y el virtual, mejorando diversas aplicaciones, desde la educación y la atención médica hasta el entretenimiento y procesos industriales, permitiendo un pleno entendimiento de los procesos cuando se usa como herramienta de aprendizaje, ofreciendo la información necesaria que se encuentre a la mano y pueda ser entendida de forma más completa y agradable, además de brindar a los ingenieros sistemas tecnológicos que mejoren su eficiencia, este contexto solo se logra mediante la aplicación de los principios de la Industria 4.0, que para el caso de este estudio es una visualización del diseño del molde mediante el uso de la realidad aumentada.

Este proyecto busca enfocar esta tecnología al sector industrial transformador de plásticos, para visualizar con RA los diseños generados. Dado que hay ciertas áreas de oportunidad en el diseño de moldes, se ha identificado que el costo de diseño y fabricación son elevados, por lo que se vuelve una oportunidad para implementar CAD en el diseño de moldes, aunado a esto se pretende dar un enfoque tecnológico, ya que como es sabido a lo largo del tiempo las nuevas tecnologías de visualización han cobrado gran importancia por su sin fin de posibilidades, por lo que el sector transformador de plásticos no es la excepción, es así que realizar una propuesta de capacitación con realidad aumentada, resulta innovador en este sector, ya que tiene múltiples alcances, desde la creación del diseño con herramientas CAD, hasta el impacto positivo que pueda tener la realidad aumentada en el aprendizaje de nuevos colaboradores que incursionen en el sector transformador de plásticos.

De esta manera, esta tesis tiene la siguiente estructura:

Capítulo I: Se da a conocer la introducción en la cual se hace mención de la problemática, así como de los posibles beneficios del uso de RA en procesos de inducción al proceso de inyección y los objetivos de esta investigación.

Capítulo II: Establecemos el estado del arte en donde se da a conocer los aportes de otras investigaciones y artículos que respaldan lo planteado en este proyecto,

Capítulo III: Marco teórico, su importancia radica en la fundamentación teórica del proyecto. Mediante ciertos conceptos se explica el proceso de inyección del plástico, realidad aumentada, capacitación continua y otros conceptos importantes para el entendimiento de este proyecto.

Capítulo IV: Se muestra la metodología de investigación, por medio de diagramas y figuras que proporcionen un claro entendimiento del propósito de esta tesis.

Capítulo V: Aunado al capítulo anterior, se dan a conocer los resultados obtenidos de acuerdo a lo planteado en la metodología, por medio de figuras y videos utilizados como evidencia.

Capítulo VI: La parte final de este proyecto incluye conclusiones, en donde se redacta si los objetivos se alcanzaron, además, impacto económico, social, académico e industrial, por otra parte, las referencias que aportaron significativamente a este proyecto.

Problemática

En las industrias transformadoras de plástico de giro alimenticio es indispensable el uso de técnicas enfocadas a la mejora de calidad y la productividad (Lozano 2024), sin embargo, para que estas se lleven a cabo adecuadamente, es importante el uso de herramientas tecnológicas como RA para la visualización y software de diseño para generar los procesos productivos y el diseño de los métodos de trabajo.

Tomando en cuenta la experiencia profesional del autor, la cual se adquirió en una empresa transformadora de plásticos giro alimenticio, se observó específicamente en el área de transformación de plásticos que no se tienen registros de diseño de los moldes, solo se tienen los documentos proporcionados por el cliente, por lo que cualquier cambio en el proceso, se determina a través de prueba y error, y no por medio de simulaciones o tolerancias obtenidas del diseño, es por ello que el desarrollo eficiente del diseño aplicando conocimientos en las herramientas del software tipo CAD para el diseño de moldes es crucial, ya que de esta manera es posible obtener tolerancias y parámetros de distancia, presión y temperatura y por ende un proceso más controlado, además agregando una vista explosionada, permitirá observar componentes internos del molde que puede ser de gran utilidad para otras áreas o bien para fines de capacitación.

De la misma manera por medio del diagnóstico realizado se identificó que existe otra área de oportunidad, que consiste en que las inducciones y capacitaciones son convencionales, es decir se realizan a partir de presentaciones con diapositivas y recorridos explicativos dentro de las instalaciones de producción, lo cual se puede mejorar e incluso innovar mediante la utilización de alternativas como lo es la aplicación de RA para la visualización de todos los elementos que componen el molde por inyección, esto podría contribuir en tener personal

calificado al operar máquinas de inyección, sin embargo también contempla el tener la capacidad de ser usado en procesos de inducción de operadores y técnicos que montan y desmontan los moldes, de esta manera se puede lograr que los colaboradores tengan pleno entendimiento del funcionamiento del molde y tener buena idea a la hora de montar o desmontar los moldes y que en caso de ser técnico en mantenimiento poder reemplazar alguna pieza, sin embargo, la implementación de una capacitación es un alcance que no contempla este proyecto puesto que solo se realiza el diseño del molde, su visualización mediante realidad aumentada y una propuesta de capacitación continua como alternativa viable.

El enfoque de esta tesis es netamente descriptivo y va dirigido al desarrollo y diseño de un modelado 3D para un molde de inyección, que a su vez incorpore tecnología actualmente utilizada, ya que la tecnología de la industria 4.0 ha cobrado gran relevancia en el sector manufacturero, y que para esta tesis se ha considerado un plan de capacitación dirigido a operadores de máquinas de inyección, que a su vez pueda incorporar realidad aumentada, aunque es importante mencionar que el plan de capacitación, solo es a nivel de propuesta, ya que el propósito de este proyecto es principalmente el diseño asistido por computadora del molde, su visualización explosionada de las partes con realidad aumentada, siendo una propuesta innovadora, al menos en el sector transformador de plásticos, ya que en el sector automotriz ha sido ampliamente implementada.

Justificación

La importancia del diseño del molde para el sector industrial transformador de plásticos permite un mejor control de calidad, genera un proceso eficiente, así mismo, el tener un buen diseño de los sistemas de enfriamiento, inyección, expulsión permite cumplir con los estándares de calidad requeridos, ya que al tener un diseño eficiente es posible reducir el tiempo ciclo de operación lo cual aumenta las utilidades para la empresa y al tener un diseño multi- cavidad puede aumentar directamente la productividad, esto impacta concretamente dentro del proceso de inyección de plásticos el cual tiene una alta demanda, por lo que las actividades en este tipo de proceso deben ser diseñadas, planeadas y ejecutadas por personal calificado, que a su vez cuenten con las mejores herramientas para llegar a un resultado satisfactorio (Vélez, 2016). Aunado a esto, el uso de realidad aumentada para la visualización del modelado 3D es una alternativa innovadora y tecnológica que puede resultar más atractiva que las visualizaciones convencionales, y aunque esta tecnología ya ha sido aplicada en el sector automotriz, aún hay muchos sectores que no lo han hecho, como el caso de las empresas transformadoras de plástico, por lo que puede ser una opción novedosa. Asimismo, dado que en el sector industrial se debe realizar capacitación continua, este proyecto propone una alternativa para su cumplimiento.

Es importante la utilización de herramientas tecnológicas, tales como la realidad aumentada, ya que radica en obtener un máximo beneficio a la hora de promover un aprendizaje eficaz en los colaboradores respecto a los procesos. Para las organizaciones es importante el diseño y planeación incluso antes de convertirse en proceso productivo, por lo cual la visualización con realidad aumentada podría mejorar en gran medida el desarrollo de los colaboradores y su comprensión de los procesos de inyección de plástico, lo que a su vez puede

ser una buena propuesta para que las organizaciones del giro plástico puedan adaptarse a este tipo de tecnologías sin mayor complejidad.

Este proyecto tiene por objetivo plantear una visualización 3D con ayuda de RA para el diseño de un molde de inyección de plástico, como una propuesta viable que mejore el proceso de capacitación dentro de las empresas transformadoras de plástico, lo que podría conllevar consigo resultados progresivos en los procesos de este sector. Por otra parte, el desarrollo de realidad aumentada puede ayudar a los interesados en este tipo de proceso a tener mayor interés en el aprendizaje con ayuda de esta tecnología, ya que a través de la interacción y navegación con la aplicación móvil de realidad aumentada, la cual puede ser modificada para un mayor alcance, como podría ser un plan de capacitación ejecutado en empresas de este tipo.

De manera general se puede mencionar que el alcance de esta tesis a nivel social es la formación integral de colaboradores del área de ingeniería que tengan interés en el diseño de moldes, y que a su vez adquieran habilidades que fortalezcan su desempeño profesional, generando un recurso humano competente en el desarrollo de habilidades con enfoque al proceso de inyección. Por lo anterior, el desarrollo de este trabajo proporciona una alternativa viable de una herramienta tecnológica de gran utilidad para la formación continua de los colaboradores, lo que tiene impacto directo en la productividad y la rentabilidad de la organización.

Objetivo general

Diseño de un molde de inyección generado con CAD, visualizado mediante realidad aumentada.

Objetivos específicos

- Revisión de literatura para identificar problemáticas, métodos y propuestas para el diseño con CAD.
- Seleccionar el software para desarrollar el diseño e implementación de realidad aumentada.
- Diseño del molde por inyección de plástico en software CAD.
- Implementación de realidad aumentada para visualización explosionada del diseño en ambiente realista.
- Analizar y evaluar la factibilidad de la visualización del modelo mediante AR.

CAPÍTULO II.

ESTADO DEL ARTE

Durante este capítulo se enuncian las principales investigaciones que sustentan este proyecto, ya que se realizó una revisión sistemática, analizando la literatura más reciente y relevante de los principales temas de estudio en cuestión, los cuales son el diseño de un molde por inyección de plástico con herramientas CAD y CAE y su posterior visualización con realidad aumentada, esto a fin de analizar y sintetizar lo que ya se ha hecho y determinar nuevos alcances y propuestas.

Tabla 1. Estado del arte

Nombre de artículo	Año	Autor	Problemática que atacan	Metodología que implementan para solución	Aportación a tu proyecto
Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada como herramienta de capacitación, diseño y planeación en una línea de extrusión de tubería PVC, con base en la librería artoolkit	2016	Leidy Tatiana Uintaco Sierra María Del Pilar Vélez Gutiérrez William Camilo Ojalora Mancilla	Falta de capacitación de los colaboradores, lo que provoca errores en los procesos.	Plan de capacitación mediante una aplicación de realidad aumentada, basada en la programación desde la librería artoolkit	Menciona ángulos, distancias y métodos eficaces para obtener una mejor visualización de la realidad aumentada
Los modelos tecno-educativos revolucionando el aprendizaje del siglo XXI	2014	Ismael Esquivel Gámez	Dificultades del aprendizaje humano	Modelo ADDIE Modelo tecno-educativo ASSURE	Para la realización de esta tesis toma enfoque el modelo ADDIE para una comprensión total

				Modelo ARCS	del método de capacitación
Administración de recursos humanos	2020	Idalberto Chiavenato	La cambiante gestión de los recursos humanos a través del tiempo.	Correcta administración, remuneración y capacitación del capital humano, tomando como referencia la ISO 9001.	Me dio las bases para hacer un análisis de puesto de trabajo y el diagnóstico de necesidades de capacitación.
Realidad aumentada en la educación superior: posibilidades y desafíos.	2022	Marta Montenegro Rueda José Fernández Cerero	Identificar posibilidades y retos de la incorporación de RA en aulas universitarias	Revisión sistemática y análisis de literatura	Se obtuvieron de aquí los niveles de clasificación de la realidad aumentada
Uso de la realidad aumentada para el prototipado de productos. Estudio de caso: Belcorp	2024	Geraldine Camila Lozano Gil Jorge Leonardo Guarnizo Manrique Sandra Catalina Santos Pilonieta	Reducir los niveles de desechos plásticos que afectan al ambiente, mediante la creación de nuevos productos con ayuda de AR y VR.	Revisión sistemática, auditorías internas, desarrollo de plataformas Vr y AR.	Ayudo para la elección del software CAD, software de realidad aumentada y su respectivo hardware.

Desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada como material de apoyo en la enseñanza de cálculo.	2022	Walter Enrique Verdugo Romero Alexandra Cabrera Palomeque	Desinterés por parte de los estudiantes al aprender lecciones de cálculo:	Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada como parte de un aprendizaje más didáctico e innovador.	Desarrollo de múltiples QR para una presentación completa:
Diseño y fabricación de un molde para termoformado. Comparativa entre molde mecanizado en aluminio y molde termoplástico impreso en 3D	2025	María Rodríguez-Rovira Giménez-Salinas	Realizar una comparativa entre un molde mecanizado en aluminio y un molde termoplástico, con el fin de reducir costos de producción.	Diseño en software CAD e impresión 3D de termoplásticos.	Realizar el molde (cavidad – núcleo), a través de la pieza a termoformar con las medidas deseadas
Diseño de una máquina termoformadora para la elaboración de piezas plásticas	2023	Laura Verenice Miranda Carrasco Álvaro Marcelo Zacasari Azanza	Proponer diseño mecánico, electrónico y de control de temperaturas para el desarrollo de una máquina termoformadora	Análisis de datos de temperatura, transferencia de calor, águalos mediante teoremas matemáticos y simulación.	Ayudo a determinar los ángulos de salida del molde y elegir el método de refrigeración debido a la demostración de transferencia de calor.
Propuesta de diseño de molde de inyección de plástico basado en	2025	Andrés Felipe Nocobe Rangel	Retrasos y defectos en el producto final por falta de	Desarrollar un molde de inyección que cumpla con especificaciones de	Ayudo en la elección del método de enfriamiento (serpentín para este

herramientas CAD/CAE/CAM para la fabricación de tapas laterales de luminarias lineales Nova Mini		Brayan Steven Bello Rosas	maquinaria y herramientas adecuadas.	tolerancias, ajustes y montaje.	caso), además de la determinación del tamaño de la rosca de los acoples a utilizar:
Aplicación móvil con realidad aumentada para mejorar el proceso de capacitación en el área de producción de la empresa oppfilm S.A.	2022	Edwin Orlando Aranda Pérez Ethson Ángel Gómez Valencia	Capacitación ineficaz, lo que provoca un mal servicio al cliente.	Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada que permitió capacitar al personal de producción en sus actividades.	Tomada en cuenta como base para la inserción de imágenes y texto en la aplicación de AR para un pleno entendimiento por parte de los colaboradores a capacitar:
Análisis de un proceso de inyección de plástico por interacción fluido estructural y cambio de estado	2019	Jorge Jurado Páramo Juan Francisco Reveles Arredondo	Error del 2% para la presión de inyección y del 6% para la temperatura de la pieza eyectada	Análisis de interacción fluido-estructural (FSI, por sus siglas en inglés) para el molde y un análisis de cambio de estado para la pieza.	Determinar una manera eficaz para diseñar el sistema de enfriamiento del molde.

Cálculo de parámetros básicos en el proceso de inyección de plásticos	2024	Samuel de la Luz Merino José Víctor Sandoval Ramos	Detección de defectos tales como disparos cortos, marcas de flujo, de hundimiento, de quemaduras, rebabas, líneas de soldadura, deformaciones o pieza incompleta, etc.	Realizando cálculos en parámetros fundamentales como fuerza de cierre, temperatura, así como el tiempo total en la inyección.	Determinar los tipos de canales y compuertas que mejor se adapten al diseño.
Revisión sistemática de la optimización de procesos industriales mediante la aplicación de realidad aumentada.	2024	Marjury Aracely Vallejo Pilataxi	Existe poca optimización de procesos industriales mediante la aplicación de la realidad aumentada (RA)	Comparar diferentes hardware, motores gráficos y costos asociados, y determinar el porcentaje de optimización logrado a través de la RA.	Determinar qué hardware resulta más eficiente para la representación del modelado 3D planteada en este proyecto.
Realidad Aumentada Aplicada en la Supervisión, Mantenimiento de Equipos y Procesos Industriales	2024	Byron Mauricio Álvarez Brito Grace Estefanía Muñoz Macías	El problema central abordado fue la falta de eficacia en la supervisión y el mantenimiento tradicionales, que a menudo resulta en tiempos de	Implementación de soluciones de RA para mejorar la visualización de datos en tiempo real y proporcionar asistencia guiada a técnicos de campo.	Determinar cómo RA afecta positivamente el proceso de aprendizaje y conocimiento en tiempo real de los operarios.

			inactividad no planificados y costos significativos.		
Desarrollo de una app de Realidad Aumentada como herramienta para la formación en Ingeniería.	2021	José Antonio Miranda Rodríguez Carla Ivon Hernández Guzmán	Escasa actualización en los métodos de enseñanza de ingenieros industriales respecto a conceptos de mecánica de fluidos	Desarrollo de AR para el desarrollo de materiales educativos y de capacitación en el área de ingeniería a través de una aplicación para Android	Colaboro para tener un primer acercamiento con Unity, ya que lo desconocía por completo.
Aplicaciones de la realidad aumentada en el ámbito de la enseñanza superior. Diseño de un proyecto piloto.	2015	Manuel José Alegría Martín	Comparativa necesaria para determinar qué software es mejor para el diseño de un proyecto piloto usado en el ámbito de la enseñanza superior	Se describe su aplicabilidad en distintos campos, y se comparan las principales plataformas existentes, así como sus interfaces de visualización de resultados	Determinar cuáles herramientas son indispensables para el desarrollo de este proyecto y qué software cuenta con ellas.
Realidad aumentada para el sector retail	2021	Benites Moreno, Mireya Milagros Bocanegra Siu, Tatiana	Comercio electrónico incrementándose son más las personas que prefieren usar un canal digital para adquirir		

			productos y/o servicios, por ello el retail debe actualizarse		
--	--	--	---	--	--

CAPÍTULO III.

MARCO TEÓRICO

3.1 Capacitación en las organizaciones

La capacitación es fundamental en la gestión del talento humano en las organizaciones modernas. Su objetivo es desarrollar habilidades y conocimientos en los empleados para mejorar su rendimiento y apoyar el logro de los objetivos de la empresa. En un entorno industrial en constante innovación tecnológica, la formación continua de los colaboradores es importante para mantener la competitividad y la eficiencia de los procesos productivos.

De acuerdo con Chiavenato (2017), la capacitación es un proceso educativo a corto plazo, aplicado de manera sistemática y organizada, mediante el cual las personas adquieren conocimientos, desarrollan habilidades y modifican actitudes en función de los objetivos definidos por la organización. Este proceso permite que los trabajadores desempeñen sus funciones con mayor eficiencia y se adapten a cambios tecnológicos y organizacionales.

Por otra parte, Dessler (2020) señala que la capacitación consiste en proporcionar a los empleados las habilidades necesarias para realizar su trabajo. Desde esta perspectiva, la capacitación no solo se enfoca en el aprendizaje de nuevas tareas, sino también en el perfeccionamiento de habilidades ya existentes.

En el sector industrial, la capacitación no solo mejora la productividad, la calidad de los productos y la seguridad laboral, sino que también fomenta el desarrollo humano de los empleados. Un equipo bien preparado puede operar maquinaria de manera eficiente, reducir errores en los procesos y aprovechar mejor los recursos disponibles. Además, la capacitación ayuda a los trabajadores a crecer profesionalmente, lo que aumenta su motivación, compromiso y satisfacción en el trabajo. Por eso, muchas organizaciones entienden que invertir en la formación del personal es clave para fortalecer su capital humano y mantenerse competitivas en el mercado.

Mediante la siguiente Figura 1 se muestran los pasos generales para una capacitación

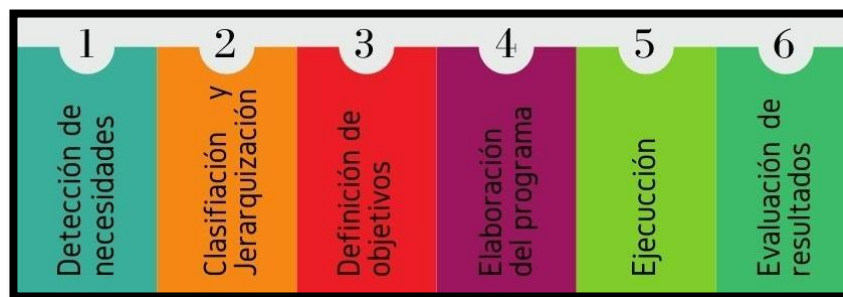


Figura 1. Pasos generales para la capacitación. Tomada de (Emprende PYME 2023)

3.1.1 Plan de capacitación

El plan de formación es una herramienta que permite organizar y estructurar las actividades de capacitación dentro de una empresa. Este documento establece las estrategias, objetivos y métodos que se emplearán para desarrollar las competencias del personal.

Según Chiavenato (2017), el plan de capacitación se basa en la identificación de necesidades de formación de los trabajadores y en la definición de programas educativos orientados a mejorar el desempeño laboral. Este programa incluye la programación de las actividades, la asignación de recursos, la selección de métodos de enseñanza y la evaluación de los resultados obtenidos.

Un plan de capacitación efectivo debe estar alineado con los objetivos estratégicos de la organización: esto implica que las actividades de formación deben responder a las necesidades reales de la empresa y contribuir a mejorar sus procesos productivos. En las industrias manufactureras, el plan de capacitación suele centrarse en el desarrollo de habilidades técnicas relacionadas con la operación de maquinaria, el control de calidad, la seguridad industrial y el uso de tecnologías de diseño y producción. Además, el plan de capacitación debe tener en cuenta diversos factores como el perfil de los trabajadores, el nivel de conocimientos previos, los

recursos disponibles y los métodos de enseñanza más adecuados. Entre los métodos más utilizados están la capacitación en el puesto de trabajo, los cursos técnicos, los talleres prácticos y el aprendizaje basado en proyectos.

Para el caso de estudio de esta tesis y en el contexto de la industria transformadora de plásticos, el plan de capacitación puede enfocarse en ayudar a desarrollar habilidades en el diseño de moldes y productos usando herramientas de diseño asistido por computador. Esto facilita crear piezas plásticas con mayor precisión, mejora el proceso de fabricación y ayuda a disminuir costos causados por errores en el diseño.

3.1.3 Diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC)

El diagnóstico de necesidades de capacitación es una etapa que resulta fundamental dentro del proceso de planificación de la formación del personal. Su objetivo principal es identificar las diferencias entre las competencias actuales de los trabajadores y las competencias requeridas para desempeñar adecuadamente sus responsabilidades.

De acuerdo con Dessler (2020), el diagnóstico de necesidades de capacitación permite determinar qué tipo de formación es necesaria para mejorar el desempeño de los colaboradores y alcanzar los objetivos organizacionales. Este proceso implica analizar las tareas del puesto de trabajo, evaluar el desempeño del personal y detectar áreas de oportunidad en el desarrollo de habilidades y conocimientos.

El diagnóstico de necesidades de capacitación puede realizarse mediante diversas técnicas, entre las que destacan:

- Análisis de puestos de trabajo
- Evaluación del desempeño

- Observación directa de las actividades laborales
- Cuestionarios o encuestas de capacitación.

En el sector industrial, el análisis de puestos de trabajo es una herramienta muy utilizada para identificar necesidades de capacitación. Este análisis permite describir funciones, responsabilidades y competencias requeridas para cada puesto, lo que facilita la detección de áreas de oportunidad para los trabajadores que requieren formación adicional. Por ello, el DNC es parte de un buen proceso de capacitación, el cual tiene un enfoque en el capital humano, como se muestra a continuación:

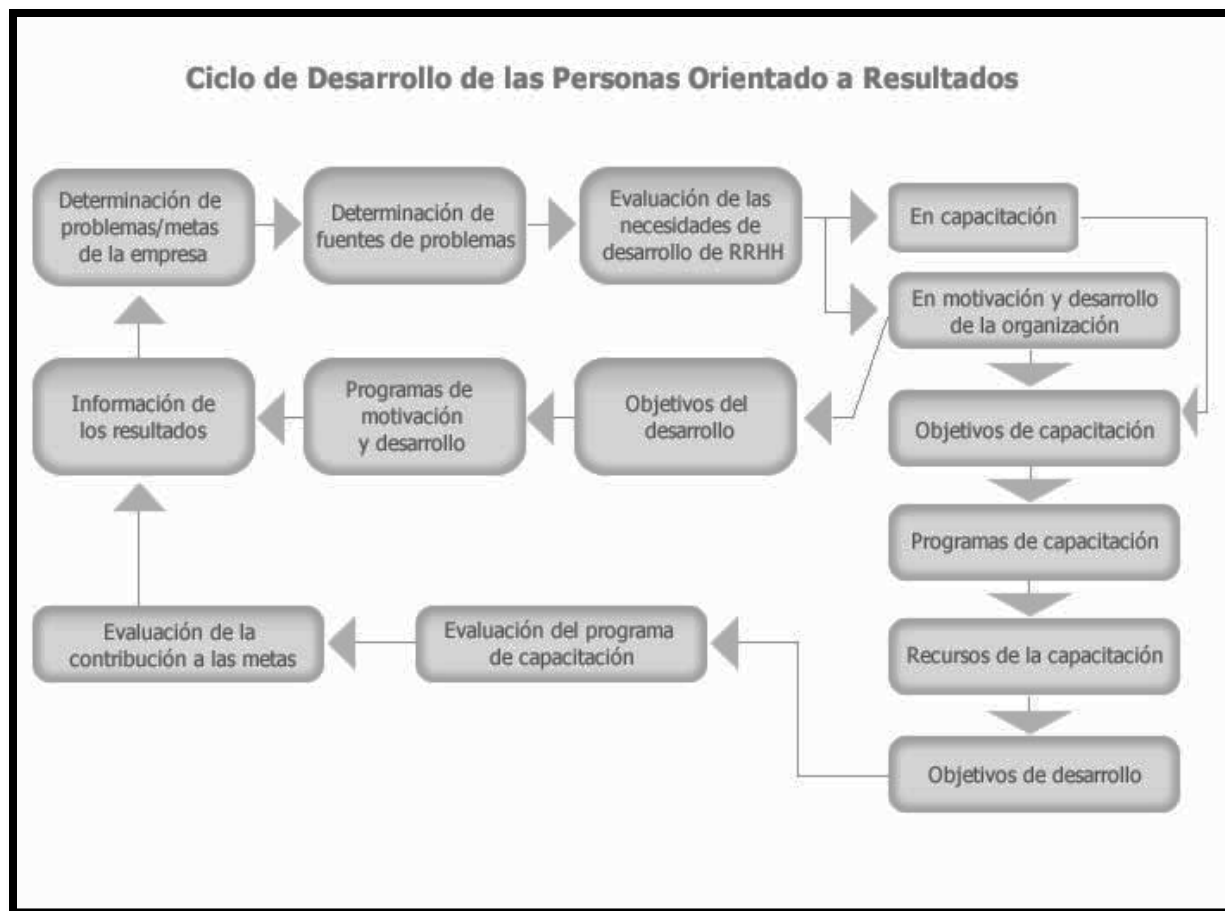


Figura 2. *Ciclo de desarrollo de las personas orientado a resultados (Liptzis 2024).*

3.2 Diseño asistido por computadora (CAD)

El diseño asistido por computadora, conocido comúnmente como CAD por sus siglas en inglés (Computer-Aided Design), es una tecnología que permite crear, modificar y analizar diseños mediante el uso de software especializado. Esta herramienta ha modernizado los procesos de diseño en diversas áreas de la ingeniería y la manufactura.

Según Groover (2016), el CAD consiste en el uso de sistemas informáticos para apoyar la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. Estos sistemas permiten generar modelos tridimensionales precisos, realizar simulaciones y facilitar la comunicación entre las diferentes etapas del desarrollo de un producto. El uso de herramientas CAD ofrece numerosas ventajas en comparación con los métodos tradicionales de diseño manual. Entre las principales ventajas se encuentran:

- Mayor precisión en el diseño de piezas
- Reducción del tiempo de diseño de productos
- Facilidad para realizar modificaciones en el diseño
- Generación de modelos tridimensionales detallados
- Integración con sistemas de manufactura asistida por computadora (CAM)

En el sector transformador del plástico, el CAD se utiliza ampliamente para el diseño de moldes, envases, empaques y otros productos plásticos. La capacidad de visualizar modelos tridimensionales permite evaluar el comportamiento del producto mediante simulaciones antes de su fabricación, lo que reduce costos y errores en el proceso productivo, los cuales pudieran presentarse.

Además, el CAD facilita la generación de planos técnicos, especificaciones dimensionales y documentación necesaria para la fabricación de herramientas de diseño y producción.

Entre los softwares CAD más utilizados en la industria destacan los siguientes:

3.2.1 AutoCAD

AutoCAD es uno de los programas de diseño más conocidos y utilizados en ingeniería y arquitectura. Desarrollado por Autodesk, este software permite crear dibujos técnicos en dos y tres dimensiones, elaborar planos detallados y documentar diseños con precisión. Su uso es común en el diseño industrial, ingeniería mecánica y desarrollo de planos técnicos para manufactura (Autodesk, 2023).

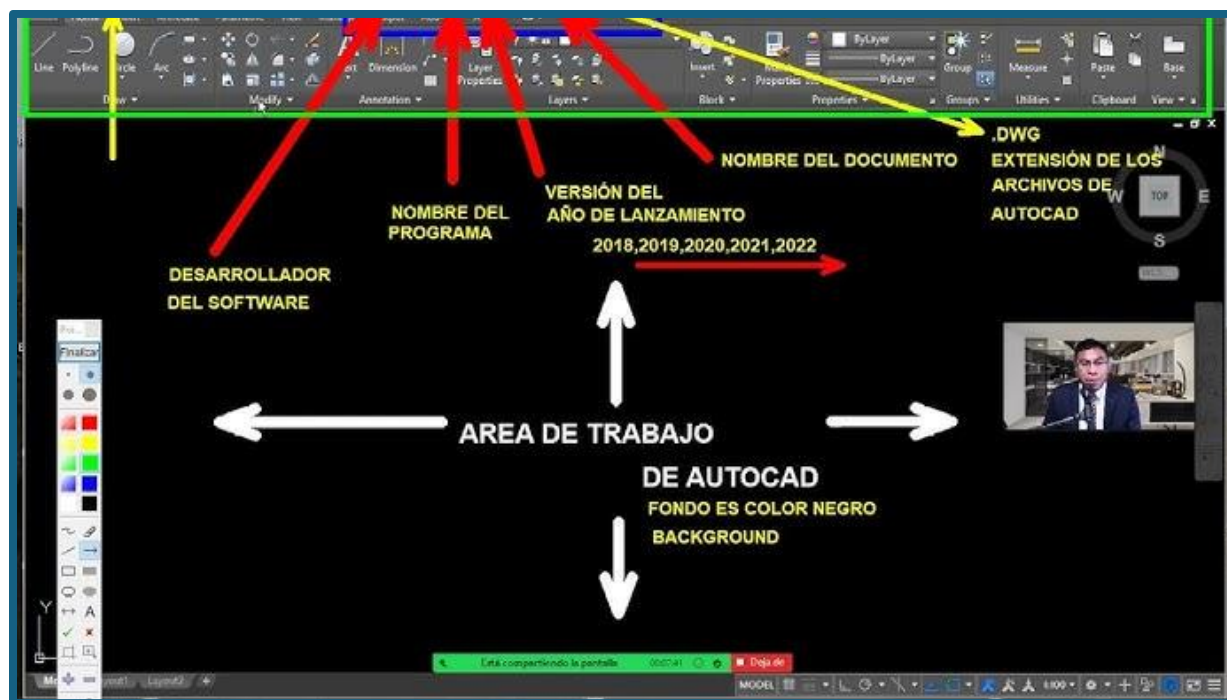


Figura 3. Interfaz AutoCad. Tomada de (Aula CAD 2022)

3.2.2 SolidWorks

SolidWorks es un software de modelado tridimensional paramétrico ampliamente utilizado en ingeniería mecánica y diseño de productos. Permite desarrollar modelos sólidos, ensamblajes y simulaciones mecánicas, lo que facilita el análisis del comportamiento de piezas antes de su fabricación. En el diseño de moldes por inyección de plástico, SolidWorks permite modelar geometrías complejas y evaluar su funcionalidad (Planchard, 2018).

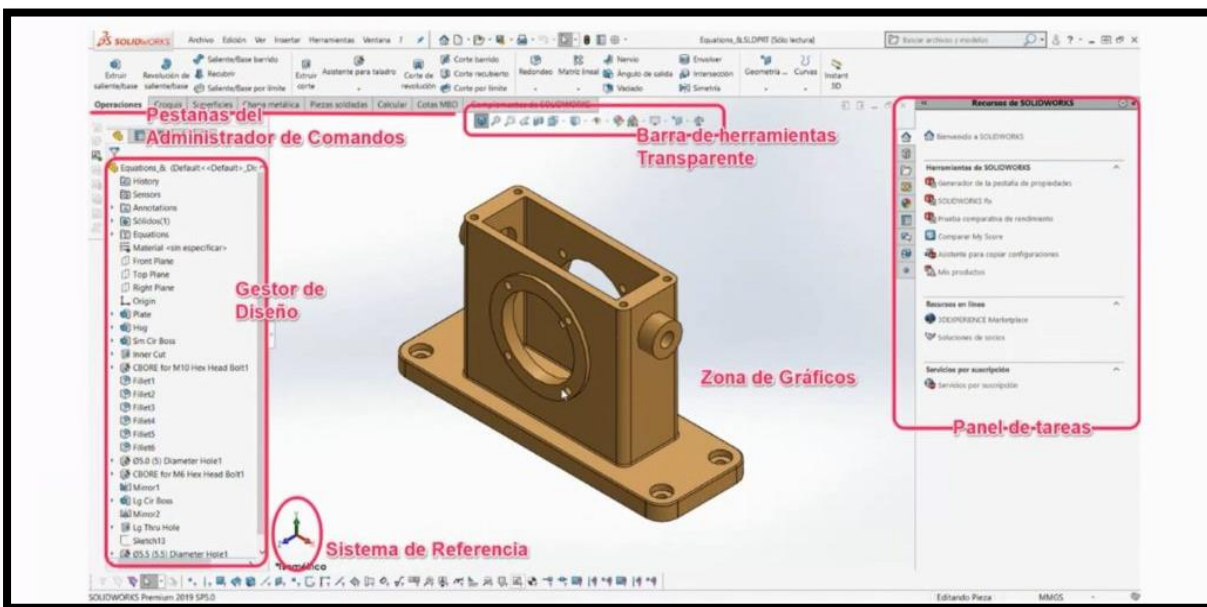


Figura 4. Interfaz de SolidWorks (Mariño 2020)

3.2.3 CATIA

CATIA es un software CAD avanzado utilizado principalmente en industrias como la aeroespacial, automotriz y de manufactura avanzada. Este programa permite el diseño de superficies complejas, análisis estructural y simulaciones de alta ingeniería. Su capacidad para manejar modelos complejos lo convierte en una herramienta importante para el desarrollo de productos industriales (Dassault Systèmes, 2022).

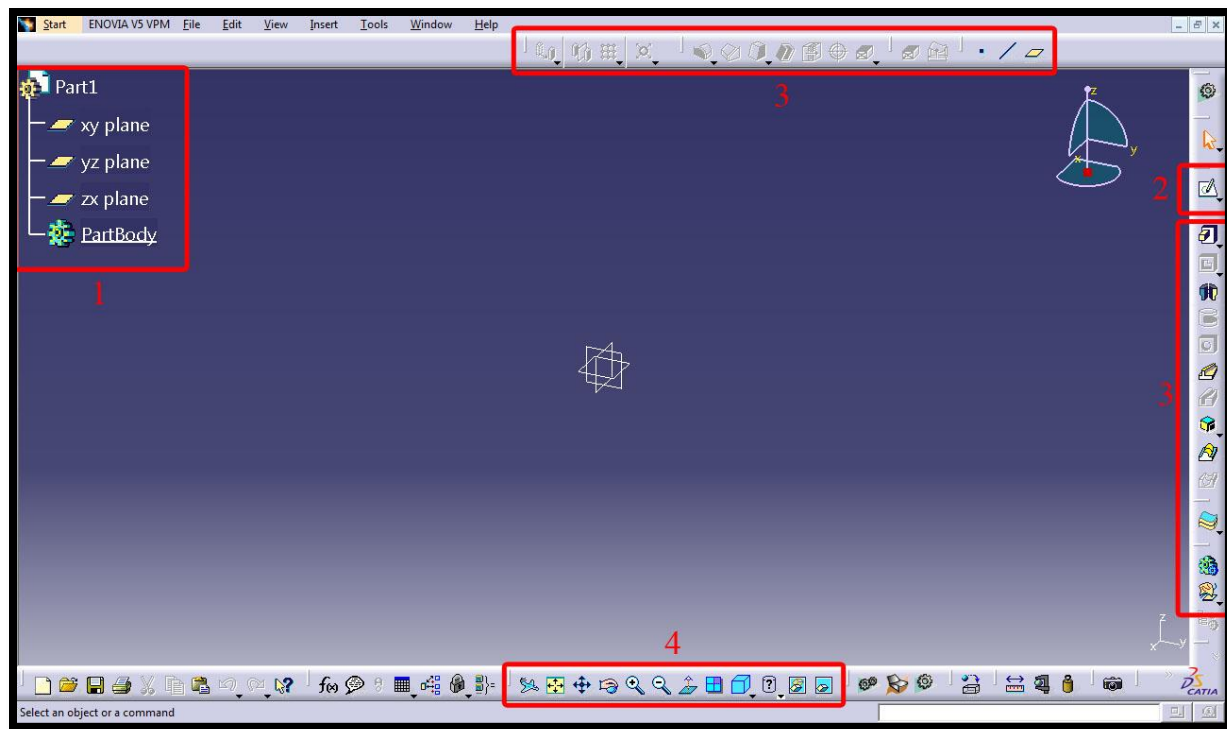


Figura 5. *Interfaz CATIA. Tomada de (Ingelibre 2014)*

3.2.4 Siemens NX

Siemens NX es un sistema integrado que combina CAD, CAM y CAE. Este software permite desarrollar diseños complejos, simular procesos de manufactura y generar programas para máquinas CNC. Su uso es común en empresas que buscan integrar el diseño con la fabricación digital (Siemens, 2021).

El uso de estos softwares en la industria de inyección de plástico permite mejorar la precisión del diseño de moldes, optimizando el desarrollo de productos plásticos y así reducir los tiempos de fabricación, ya que impacta directamente en el tiempo de ciclo de operación.

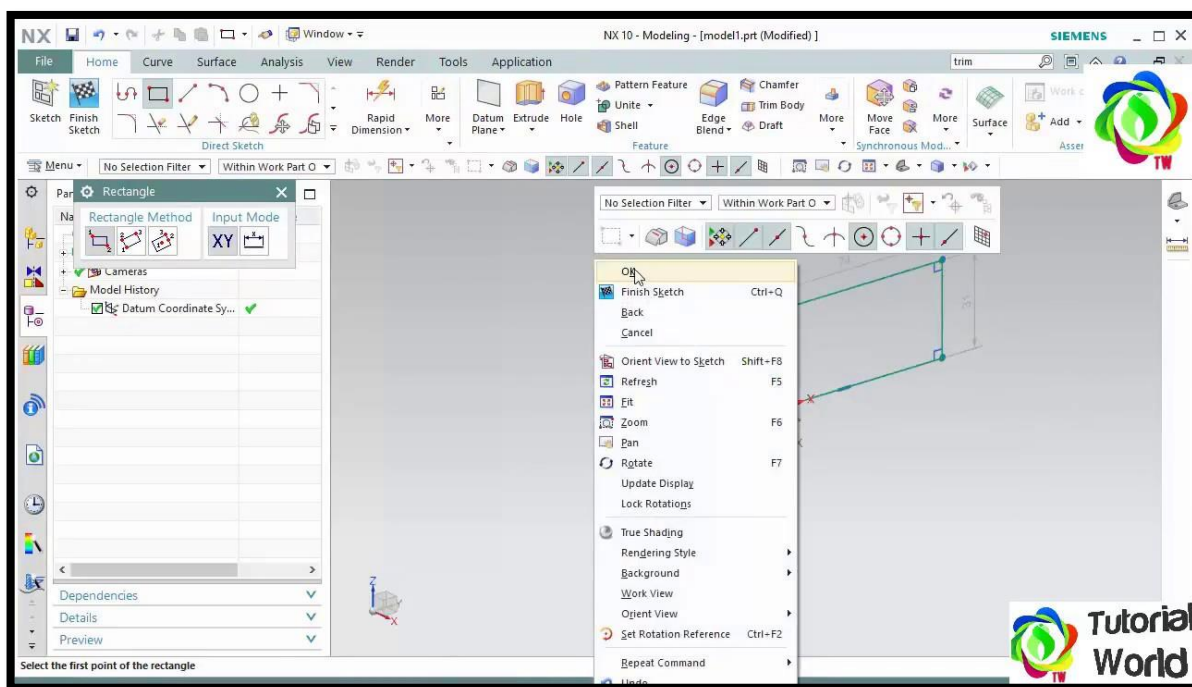


Figura 6. Interfaz Siemens NX. Tomada de (Tutorial World 2017)

3.3 Termoformado

Según lo que nos menciona Harper, C. A. (2002). El termoformado es un método de fabricación de plásticos que consiste en calentar una lámina termoplástica hasta que llega a un estado maleable, y posteriormente se le otorga forma mediante un molde. Este procedimiento es frecuentemente empleado en la producción de empaques, bandas, carcasas y otros productos, gracias a su flexibilidad, eficacia y precio relativamente reducido en comparación con otros métodos de moldeo.

Según Throne (2008), el termoformado es uno de los procesos más utilizados en la industria del plástico debido a su eficiencia, versatilidad y bajo costo de producción. Este proceso se emplea ampliamente en la fabricación de envases, bandejas, contenedores y otros productos de plástico utilizados en diversos sectores industriales. El proceso de termoformado generalmente consta de las siguientes etapas:

3.3.1 Etapas del termoformado

- **Temperatura de la Lámina:** El calor se controla en la lámina plástica hasta que llega a una temperatura en donde el plástico sea maleable.
- **Formado:** El molde se presiona contra la lámina maleable a través de succión (termoformado por vacío), presión aérea (termoformado por presión) o ambos métodos. Esto posibilita que el material adquiera la forma que se quiere.
- **Enfriamiento:** Tras su formación, la lámina se enfría mientras permanece pegada en el molde, lo que permite que conserve su forma original.
- **Corte y Finalización:** Una vez que se ha enfriado, el componente se desvincula de la lámina inicial a través de procedimientos de corte. Normalmente, el scrap es reciclado.

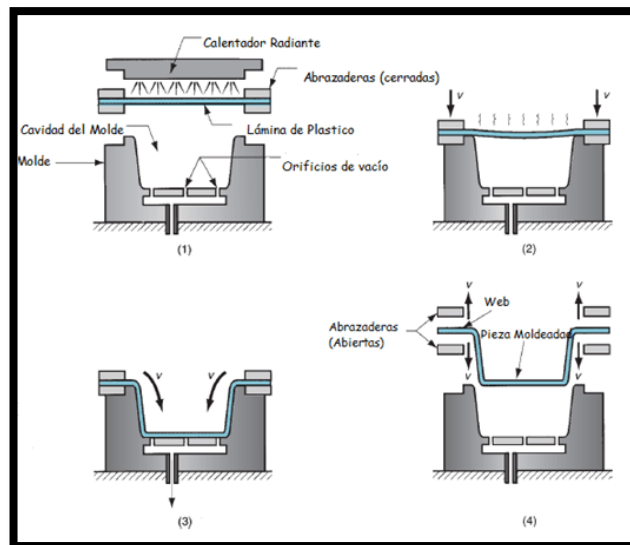


Figura 7. Etapas del Termoformado. Tomado de (materials & design 2020)

3.3.2 Tipos de Termoformado

Termoformado por Vacío: La forma más básica, donde se utiliza el vacío para presionar el material sobre el molde, además, el moldeo al vacío es un procedimiento donde una capa de plástico se calienta, se sitúa en un molde y posteriormente se le otorga forma. Los productores que emplean este método requieren láminas de plástico, abrazaderas, marcos, un dispositivo de calor, un dispositivo de aspiración y un molde. Numerosos productores emplean elementos infrarrojos como generadores de calor, mientras que otros pueden emplear elementos ya utilizados (Marbea, 2019).

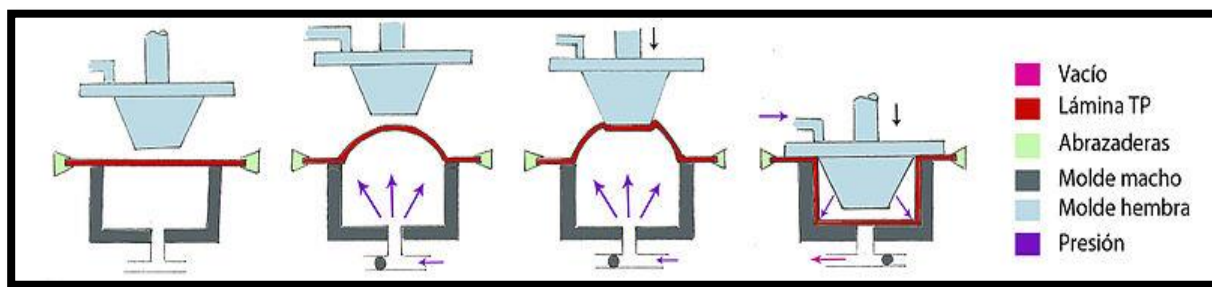


Figura 8 Termoformado al vacío simplificado. Tomada de (Marbea SRL 2019)

Termoformado por Presión: Se emplea aire a presión para dar forma al material, lo que permite mayor precisión en los detalles.

Moldeo por Doble Hoja: Este proceso involucra dos láminas plásticas moldeadas que se unen para formar una pieza hueca.

3.3.3 Variables en el proceso

Existen diferentes variables dentro del proceso de termoformado de plásticos que afectan las características del producto final, las cuales se enuncian a continuación

Variaciones en la lámina termoplástica, índice de fluidez, espesor de lámina, orientación de la lámina, temperatura, las cuales deben ser ajustadas correctamente.

Variables del termoformado

- Temperaturas de calentadores superiores e inferiores
- Presión de aire de formado
- Presión de vacío
- Ciclos de termoformado por minutos
- Variables derivadas por otras características
- Geometría del molde
- Orificios de vacío
- Orificios superficiales.

Las variables anteriores se refieren a características o parámetros constantes, sin embargo, son corregibles bajo ciertas condiciones.

3.3.4 Diseño de moldes para termoformado

Los moldes son equipos bastante utilizados para dar la forma a los materiales durante los procesos de manufactura. En el caso del termoformado, el molde determina la geometría final de la pieza de plástico.

De acuerdo con Rosato (2004), los moldes para termoformado pueden fabricarse con diversos materiales como aluminio, acero, madera o resinas epóxicas dependiendo del volumen de producción y el nivel de precisión requerido. Existen diferentes tipos de moldes utilizados en el proceso de termoformado, entre los cuales se encuentran:

- ❖ Moldes macho (positivo)
- ❖ Moldes hembra (negativos)
- ❖ Moldes de presión

❖ Moldes combinados de presión y vacío

El diseño de moldes para termoformado debe considerar diversos factores, tales como:

- Ángulos de desmoldeo
- Espesor del material
- Distribución del vacío
- Sistema de enfriamiento
- Resistencia estructural del molde.

El uso de herramientas CAD permite desarrollar de manera más sencilla el diseño de moldes al permitir la creación de modelos tridimensionales, detallados y la simulación del comportamiento del material durante el proceso de formado.

3.4 Moldeo por inyección de plástico

El proceso se realiza inyectando material termoplástico fundido a alta presión en el molde cerrado para enfriar y solidificar, con el fin de obtener la forma deseada. El moldeo por inyección permite la producción en masa de piezas con tolerancias ajustadas y un excelente acabado superficial.

Según lo mencionado por (Kalpakjian y Schmid 2014), se utiliza frecuentemente en las industrias de embalaje, automotriz y de productos de consumo. El sistema de moldeo por inyección se compone principalmente de dos partes: la máquina de inyección y el molde. La máquina es responsable de fundir e inyectar el material plástico, y el molde define la geometría de la pieza final. Además, primero implica alimentar el polímero en forma de gránulos en una tolva y transferir el material a un cilindro calentado con un tornillo. En este punto, el material se funde por la acción combinada del calor y la fricción. Luego, el material fundido se inyecta a alta

presión en el molde a través del sistema de compuertas. Al llenar las cavidades del molde, se establece una presión de compactación para compensar la contracción del material resultante del enfriamiento. El sistema de enfriamiento del molde enfría el plástico hasta que se solidifica. Finalmente, el molde se abre y la pieza es expulsada por un sistema de eyección mecánica, de modo que el ciclo de producción se reinicia. Este proceso se repite continuamente, haciéndolo altamente eficiente para la producción en masa.

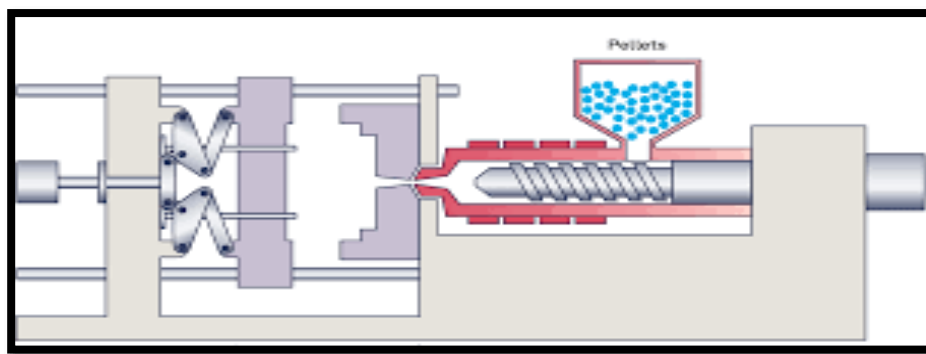


Figura 9. *Moldeo por inyección de plástico (Conrad 2023).*

Considerando el diseño de moldes de inyección, también es importante considerar el sistema de alimentación (canal, corredores, compuertas), el sistema de enfriamiento, el sistema de eyección y la distribución de cavidades, ya que estos impactan directamente en la calidad del producto final, así como en la eficiencia de los procesos. De manera similar, para moldes de múltiples cavidades, como el propuesto para este proyecto, la calidad del flujo de material debe estar equilibrada para asegurar que las cavidades se llenen uniformemente y no presenten defectos, rebabas, piezas incompletas o deformaciones. Las herramientas de diseño asistido por computadora (como SolidWorks) permiten facilitar el desarrollo de moldes de inyección, lo que permite la modelación tridimensional, la simulación conceptual del proceso y la validación de los parámetros de diseño. Con estas herramientas, se reducen los errores, se optimizan los tiempos de desarrollo y se incrementa la eficiencia en la fabricación de moldes. Por lo tanto, el moldeo

por inyección de plástico es una de las tecnologías líderes para el diseño de bandejas de plástico, permitiendo productos de alta calidad a través de procesos altamente controlados y repetibles.

3.4.1 Parámetros del proceso de inyección

El proceso de moldeo por inyección requiere la regulación de varios parámetros para asegurar la calidad del producto final. Entre los aspectos más relevantes se incluyen la temperatura del material, la presión de inyección, el tiempo de enfriamiento y la velocidad de inyección.

La temperatura del material debe ser adecuada para permitir un flujo óptimo del polímero sin provocar su degradación. La presión de inyección es esencial para llenar completamente el molde, mientras que la presión de compactación ayuda a contrarrestar la contracción del material.

El tiempo de enfriamiento es un factor crucial, ya que afecta directamente tanto al ciclo general como a la estabilidad dimensional de la pieza producida. Por último, es necesario controlar la velocidad de inyección para prevenir defectos como el atrapamiento de aire o las marcas de flujo.

3.4.2 Defectos comunes en moldeo por inyección

Existen muchos defectos que pueden presentarse en el proceso de moldeo por inyección que afectan el producto final. Generalmente se considera que la rebaba, el llenado incompleto, la deformación, las marcas de flujo y las burbujas de aire son algunos de los más comunes.

La rebaba ocurre cuando el material se escapa de la cavidad del molde, resultando de una presión excesiva o un cierre deficiente del molde. El llenado incompleto se produce cuando el material no llena toda la cavidad debido a una presión baja o una temperatura insuficiente.

La deformación o distorsión resulta de un enfriamiento desigual, mientras que las marcas de flujo pueden ser producidas por variaciones en la velocidad de llenado del material. Las burbujas de aire, por otro lado, son el resultado del atrapamiento de gas durante la inyección.

Estas anomalías y su identificación son importantes para el diseño adecuado del moldeo y el control de calidad, ya que entonces se pueden poner en práctica soluciones capaces de mejorar la calidad del producto terminado. El correcto funcionamiento de estos parámetros permite la optimización del proceso de inyección, la calidad del producto y la reducción de costos de producción.

3.5 Antecedentes de la realidad aumentada

Datos históricos apuntan que la realidad aumentada se da precisamente en el sector industrial ya que este se le atribuye a Thomas Caudell, Ingeniero de la compañía de Boeing, quien en 1990 se encargó de diseñar un sistema que facilitara a los empleados el uso de instrumentación. Caudell sugirió la utilización de una pantalla en la que se superpusieron tareas y datos para los operarios; el objetivo de este era encontrar una alternativa a los tediosos tableros de configuración de cables que utilizaban los trabajadores. Determinó la idea de gafas especiales y tableros virtuales sobre tableros reales genéricos, y así se le ocurrió que estaba mejorando la realidad del usuario. (Uintaco, 2016).

El término realidad aumentada fue dado al público en un paper en 1992. En ese mismo año Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann presentaron un prototipo de sistema de realidad aumentada llamado KARMA. Este sistema ideado en la Universidad de Columbia en Estados Unidos superpone el manual de máquinas complejas para que así fuera más fácil su

arreglo. Este se basó en sobreimprimir el manual del equipo en motores y perillas, que luego derivó incluso en el desarrollo de herramientas para visualizar hallazgos arqueológicos.



Figura 10. *Dispositivo Karma (Servin 1993)*

3.5.1 Realidad aumentada

Según Velez (2016), la realidad aumentada consiste en entremezclar el mundo real y el mundo virtual en una realidad mixta en tiempo real, con la ayuda de dispositivos, ya sea un ordenador, un teléfono móvil, una tableta o cualquier otro, la información sobre el mundo real que rodea al usuario se convierte en información digital e interactiva.



Figura 11. *Sistema de visualización en realidad aumentada de Ford (Baylo 2012)*

Complementando la idea anterior, la realidad aumentada se define como una tecnología que integra señales capturadas del mundo real (típicamente video y audio) con señales generadas por computadoras (objetos gráficos tridimensionales y bidimensionales); que se unen para construir nuevos entornos coherentes, complementados y enriquecidos, haciendo que los objetos del mundo real y los objetos virtuales interactúen mutuamente.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1 Comparativa y elección de software CAD para el diseño del molde

Tomando en cuenta lo referido en el marco teórico, en donde se abordaron las interfaces de los softwares CAD aquí mencionados, se procede a realizar una comparativa en donde se considera el tipo de modelado, las principales aplicaciones y sus ventajas.

Tabla 2. Comparación de software CAD utilizados en diseño mecánico

Software CAD	Tipo de modelado	Aplicaciones principales	Ventajas	Desventajas
SolidWorks	3D paramétrico	Diseño mecánico, moldes, productos industriales	Modelado paramétrico intuitivo, fácil aprendizaje, amplia aplicación en industria, integración de simulación	Limitaciones en proyectos muy complejos.
AutoCAD	2D y 3D básico	Planos técnicos, arquitectura, dibujo industrial	Amplio uso en industria, precisión en planos 2D, compatibilidad de archivos	Limitado en modelado 3D avanzado
Inventor	3D paramétrico	Diseño mecánico, simulación, documentación	Herramientas avanzadas de simulación y análisis, integración con otros productos Autodesk	Mayor complejidad de uso para principiantes
CATIA	3D avanzado	Industria aeroespacial, automotriz	Alta precisión, manejo de superficies complejas, ideal para grandes ensamblajes	Alto costo y curva de aprendizaje elevada
Fusion 360	3D paramétrico y nube	Diseño industrial, manufactura digital	Trabajo en la nube, integración CAD - CAM, accesibilidad	Menor potencia en proyectos industriales complejos
Siemens NX	3D avanzado	Ingeniería avanzada, manufactura	Potente en simulación y manufactura	Muy complejo y costoso

En el presente proyecto se optó por el uso de Solidworks como herramienta de diseño, debido a sus características orientadas al diseño mecánico y su amplia aplicación en la industria manufacturera. Solidworks tiene un enfoque basado en el modelado paramétrico, lo que permite establecer relaciones entre diversas entidades del modelo, facilitando la modificación del diseño a través de sus piezas independientes o bien mediante subensamblajes.

A diferencia de otros programas como AutoCAD, que se enfoca principalmente en el dibujo 2D, SolidWorks permite el desarrollo de modelos tridimensionales completos, incluyendo piezas, ensamblajes y planos técnicos, lo que resulta fundamental para el diseño de moldes de inyección.

Por otro lado, aunque software como CATIA o Siemens NX ofrecen capacidades más avanzadas, estos están orientados a industrias de alta complejidad como la aeroespacial y automotriz implicando mayores costos y una curva de aprendizaje más pronunciada. En contraste, SolidWorks ofrece un equilibrio adecuado entre funcionalidad, curva de aprendizaje corta y costo, lo que lo convierte en una herramienta ideal para aplicaciones industriales como el diseño de moldes.

4.1.1 Costos de software CAD

Tabla 3. Comparación de costos de software CAD

Software CAD	Tipo de licencia	Costo aproximado	Forma de pago	Observaciones
SolidWorks	Licencia perpetua / suscripción	\$4,000 a \$6,000 USD + \$1,000 por año de mantenimiento	Pago único + anualidad del mantenimiento	Amplio uso industrial, ideal para moldes
AutoCAD	Suscripción	\$1,865 USD por año	Anual	Enfocado en 2D
Inventor	Suscripción	\$2,300 USD por año	Anual	Buen nivel en diseño mecánico
CATIA	Licencia Empresarial	\$8,000 a \$20,000 USD	Por módulos	Uso en industrias avanzadas como la aeroespacial
Fusion 360	Suscripción	\$545 USD por año	Anual	Económico, basado en la nube
Siemens NX	Licencia Empresarial	\$8,000 a \$25,000 USD	Por módulos	Muy potente en ingeniería avanzada

El análisis de costos de software CAD muestra diferencias significativas dependiendo del nivel de complejidad, funcionalidades y sector industrial al que están dirigidos.

Software como CATIA y Siemens NX representan los costos más elevados, debido a su enfoque en industrias de alta complejidad como la aeroespacial y automotriz, ya que su enfoque es netamente de ingeniería avanzada donde se requieren herramientas de simulación profesional y gestión del ciclo de vida del producto. Sin embargo, estos costos pueden resultar excesivos para aplicaciones industriales medianas o proyectos académicos, como el caso de esta tesis.

Por otro lado, programas como Fusion 360 representan una alternativa más económica, al ofrecer un modelo de suscripción accesible basado en la nube. No obstante, sus capacidades pueden ser limitadas en proyectos industriales complejos, especialmente en el diseño de moldes.

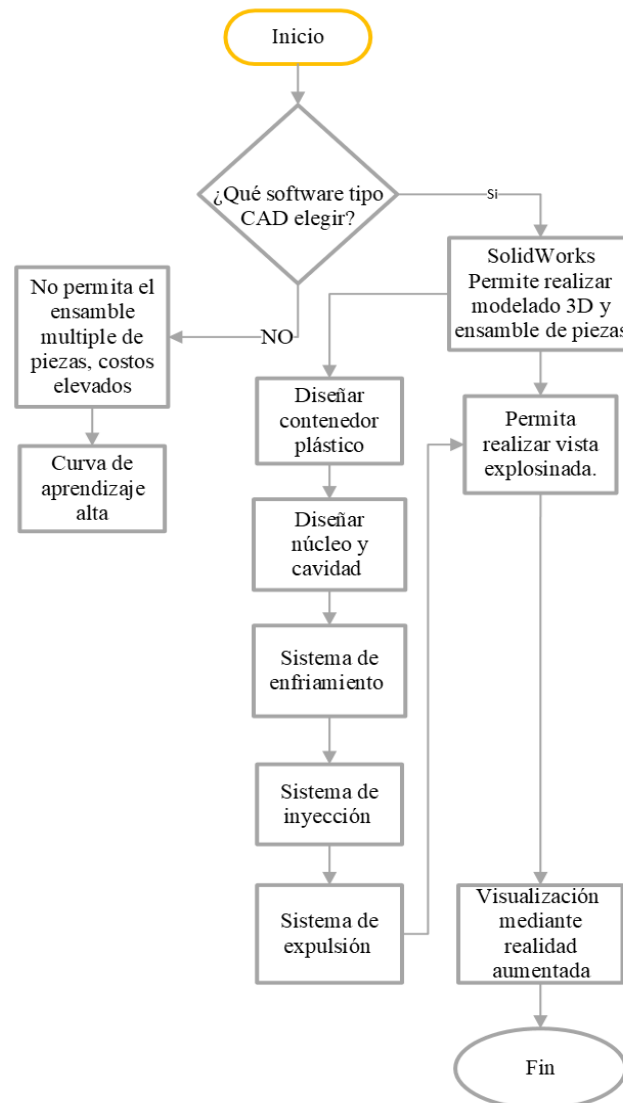
En el caso de AutoCAD, aunque su costo anual es considerable, su enfoque principal es en dibujo 2D y herramientas de arquitectura, por lo que limita su aplicación en proyectos que requieren modelado tridimensional avanzado, como el diseño de moldes de inyección.

Inventor se posiciona en un rango intermedio, ofreciendo herramientas robustas para diseño mecánico y simulación, aunque con una curva de aprendizaje mayor en comparación con otros programas, ya que tiende a complementarse con otros programas de autodesk.

En este contexto, SolidWorks presenta un equilibrio adecuado entre costo y funcionalidad. Aunque su inversión inicial puede ser elevada, su modelo de licencia permite un uso continuo del software, ya que se considera de por vida, lo que puede resultar más rentable a largo plazo en comparación con modelos de suscripción anual. Por lo tanto, desde una perspectiva costo-beneficio, SolidWorks se posiciona como una de las opciones más viables para

aplicaciones de diseño mecánico e industrial, particularmente en el desarrollo de moldes para procesos de inyección de plástico.

4.2 Metodología de diseño CAD y visualización mediante RA.



Realizado por Jared Nol de la Cruz
Diseño de molde por inyección

Figura 12. Diagrama de flujo de la metodología planteada

Para términos de este proyecto se ha considerado la realización del diseño del contenedor base de brownies. La elección de este contenedor se debe a que posee una geometría cuadrada ideal para la realización del estudio de ángulos de salida para desmoldeo, ya que las figuras con geometría compleja tienden a presentar algunas problemáticas si el diseño no se realiza adecuadamente.

4.2.1 Uso de herramientas para moldes CAD.

La gran mayoría de software tipo CAD tienen un apartado de herramientas para moldes, como se ha abordado anteriormente, el software elegido en este proyecto es SolidWorks. A continuación, se muestran los pasos a seguir para realizar núcleo y cavidad mediante herramientas para moldes dentro de este software:

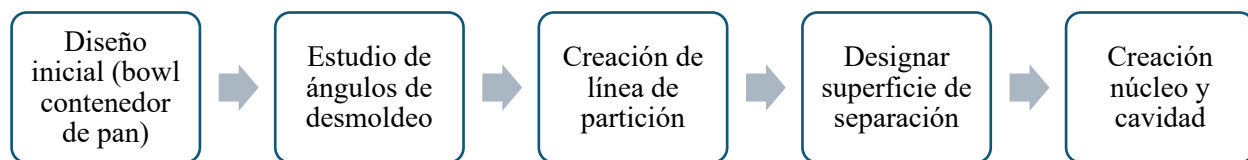


Figura 13. *Pasos para diseñar núcleo y cavidad*

4.2.2 Realización de estructura multi-cavidad.

Derivado de que, en el sector industrial, la productividad es de suma importancia, se ha determinado que el diseño de un molde multicavidad es una gran alternativa, ya que se debe considerar aspectos de productividad y calidad final del producto, y aunque en diseño en cuestión no se planea llevarlo a una producción real, si se pretende que cumpla con los requerimientos como si se tratara de un proceso de aprobación de producto. Por ello se toma en cuenta diseñar un molde de 4 cavidades, de manera que contemple aspectos de productividad, sin

comprometer aspectos relacionados con la estructura y posible funcionalidad del contenedor plástico.

4.2.3 Diseño del sistema de enfriamiento.

En los moldes de inyección de plástico (sistema de canal frío), el sistema de enfriamiento es crítico: controla el tiempo de ciclo, la calidad de la pieza y hasta los costos. Si el enfriamiento está mal diseñado, podría provocar deformaciones, rechupes, tensiones internas o ciclos demasiado largos.

Para el diseño del molde en cuestión se tomarán 2 alternativas que resultan eficientes al combinarlas y en donde el primero son los canales de enfriamiento convencionales (taladros rectos), sus características principales son:

- Perforaciones rectas en el molde por donde circula el agua.
- Se conectan con tapones y conectores.

Se consideró lo anterior porque es relativamente más sencilla su realización que otros sistemas de enfriamiento, sin embargo, los resultados son aceptables y en casos productivos, son las más rentables por su bajo costo, aunque también tiene desventajas como el enfriamiento no uniforme en zonas complejas, por lo que se usan mucho en moldes sencillos o de geometría plana, como en este diseño. Se pretende dar otro enfoque de enfriamiento con el diseño de enfriamiento espiral descrito a continuación:

Enfriamiento en espiral o helicoidal

Canales que, dentro del núcleo en forma de espiral, muy útil en piezas cilíndricas (tapones, vasos o como en este caso para un contenedor tipo bowl.), y aunque el diseño no es

cilíndrico, no tiene una geometría irregular, se podría decir que tiene superficies planas, además nos proporciona un enfriamiento uniforme del núcleo.

4.2.4. Diseño del sistema de inyección

Componentes del sistema de inyección (canal frío)

- ✓ Bebedero (sprue): Es el canal principal que conecta la máquina con el molde y, además, generalmente es cónico para facilitar la expulsión. Uno de los puntos clave es el buen pulido, lo cual evita que se quede pegado y, además, es recomendable el ángulo típico: 2° – 5° .
- ✓ Canal de distribución (runner): Lleva el material del bebedero a las cavidades y existen 3 tipos de sección, los cuales son:
 - Circular: mejor flujo (usado en el diseño)
 - Trapezoidal: más fácil de maquinar
 - Rectangular: menos eficiente
- ✓ Compuertas o gates: en el diseño del molde por inyección, se ha considerado dos tipos de compuerta, una para las cavidades y otra para los núcleos, estas controlan:
 - Llenado
 - Presión
 - Marcas en la pieza
 - Tiempo de solidificación.

Compuerta gate (lateral): Entrada por el borde de la pieza, la cual será usada para las cavidades ya que su uso se emplea principalmente en piezas planas y es la más fácil de fabricar

Compuerta submarina: Se corta automáticamente al expulsar y su uso contempla mayormente producción en serie.

4.2.5 Diseño del sistema de expulsión

Su función es desprender la pieza del molde (normalmente el lado núcleo) sin dañarla.

Después del enfriamiento:

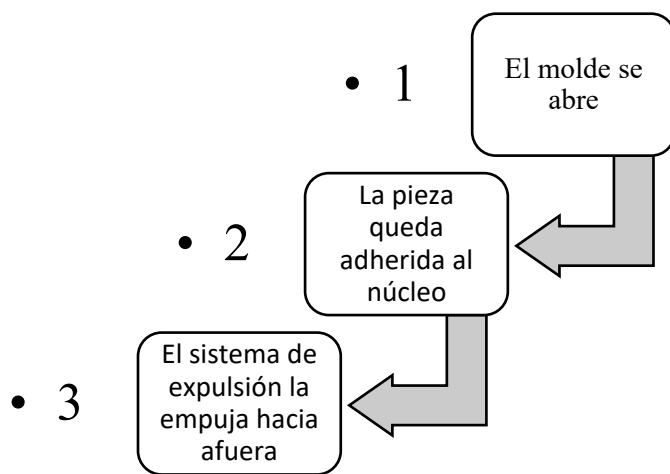


Figura 14. *Funcionamiento del sistema de expulsión*

En este diseño la propuesta es realizar el sistema de expulsión con:

Pernos expulsores (los más utilizados): cilindros metálicos que empujan la pieza y que se colocan en zonas estratégicas.

- Ventajas: económicos y fáciles de fabricar y mantener.
- Desventajas: dejan marcas circulares.

4.2.6 Creación de animación (explosión de partes del molde)

La realización de una animación como lo es la explosión de partes del modelo, tiene que ver directamente con que se pretende realizar una visualización del modelo con realidad aumentada, lo que se pretende es mejorar ampliamente el entendimiento de las personas respecto

al funcionamiento de molde por inyección, el cual puede ser usado en procesos de aprendizaje de colaboradores, ya que una vista explosionada muestra elementos que a simple vista con el molde ensamblado no pueden ser vistos, lo cual mejora el proceso de aprendizaje de las personas y se tiene un acercamiento mayor tanto con el proceso y con este tipo de tecnologías de la Industria 4.0.

Es importante mencionar que SolidWorks cuenta con esta herramienta (explosionar partes), lo que nos ayuda a mantenernos dentro del mismo software y así evitar mayores complicaciones.

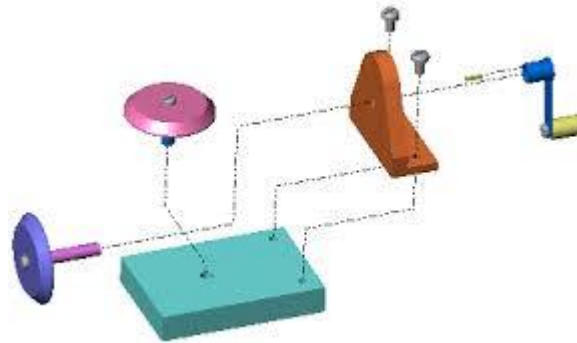


Figura 15. Ejemplo de vista explosionada. Tomada de (SolidWorks Design 2016)

4.3 Tipo de Investigación (Tesis)

Esta tesis se ha considerado de tipo de investigación aplicada, ya que tiene como finalidad proponer una visualización con realidad aumentada del diseño de un molde por inyección creado con software CAD, además, se pretende realizar una propuesta de capacitación con ayuda de la realidad aumentada, una de las herramientas de la industria 4.0. Sin embargo, es importante declarar que el diseño de esta investigación es de tipo no experimental, debido a que no se manipulan variables de manera directa, sino que se analizan propuestas para el diseño y la representación con AR.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2018), la investigación aplicada tiene como objetivo resolver problemas específicos mediante la utilización de conocimientos teóricos y metodológicos. En este caso, la investigación busca contribuir al desarrollo de habilidades técnicas que permitan optimizar el proceso de diseño en la industria de inyección de plástico.

Asimismo, el estudio se considera de tipo descriptivo, ya que se enfoca en analizar las características de diseño actual, identificar las necesidades de capacitación del personal y proponer estrategias de visualización con RA para la formación que permitan mejorar el desempeño laboral.

Según Hernández et al. (2018), en los estudios no experimentales el investigador observa los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural para posteriormente analizarlos.

4.3.1 Población o muestra

Para el caso de estudio de esta tesis la población está conformada por el personal que participa en las actividades relacionadas con el diseño, fabricación y operación de moldes por inyección dentro de la empresa.

Las cuales incluye:

- Ingenieros de proceso
- Auxiliares de diseño
- Operadores de maquinaria de inyección

Debido a que el número de trabajadores involucrados en estas actividades suele ser limitado, se pudo dar distintos enfoques a la visualización con RA, desde colaboradores que operan máquinas de inyección, aunque también y no menos importante a los colaboradores

incluidos en áreas de diseño de moldes ya que se familiarizaran con este tipo de tecnología, a final del día todos ellos influyen en el buen funcionamiento de los moldes y deben conocer en un principio las partes que lo componen, aunque si bien, no el cómo realizar el dibujo técnico, si el cómo se conforma un molde por medio del mismo diseño y plano del molde para que se relacionen con ello antes de las pruebas con los moldes reales.

Es de suma importancia aclarar que la propuesta de capacitación no se implementará en alguna organización, ya que los objetivos del proyecto son el diseño del molde en software CAD y la representación a través de realidad aumentada del mismo, la cual también será evaluada, sin embargo, se considera que esta visualización realista puede ser una herramienta de gran ayuda para un proceso de capacitación e inducción.

4.3.2 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos solo se tomaron en cuenta dos técnicas, las cuales se mencionan a continuación:

4.3.2.1 Observación

La observación como parte de una técnica facilita la identificación de dificultades técnicas, la cual se llevó a cabo durante la estancia ya mencionada en una empresa transformadora de plásticos, además de que, con ayuda del análisis del puesto y la visualización de RA, se puede proponer el plan de capacitación como oportunidad de mejora en el uso de herramientas CAD y en los procesos de aprendizaje de las empresas.

4.3.2.2 Análisis del puesto de trabajo

De acuerdo con Chiavenato (2017), el análisis de puestos consiste en el proceso sistemático de recopilación y estudio de la información relacionada con las tareas,

responsabilidades y requisitos que caracterizan un puesto de trabajo. Este proceso permite establecer las competencias técnicas y habilidades que deben desarrollar los empleados para cumplir adecuadamente con sus funciones.

Como es sabido, el análisis de puesto de trabajo es una técnica utilizada en la gestión del talento humano que permite identificar y describir las actividades, responsabilidades, habilidades y conocimientos requeridos para desempeñar un puesto de trabajo dentro de una organización. Esta herramienta se ha tomado en cuenta en la realización de este proyecto para determinar las competencias necesarias que deben poseer los trabajadores para realizar sus actividades, en este caso, el diseño de moldes para el proceso de inyección mediante el uso de herramientas CAD.

Para la realización del análisis de puestos de trabajo se consideran los siguientes elementos:



Figura 16. *Elementos del análisis de puestos*

Tomando en cuenta lo anterior, se ha realizado la estructura del análisis del puesto de trabajo, el cual está basado en la ISO 9001 2015, Tabla A.1 (véase anexo A).

4.3.2.3 Diagnóstico de necesidades de capacitación

Con base en la información obtenida mediante las técnicas de recolección de datos, se realiza un diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC).

El DNC es el paso que precede al plan de capacitación, ya que permite identificar las diferencias entre las competencias actuales del personal y las competencias necesarias requeridas

para desempeñar adecuadamente las actividades relacionadas con el diseño de moldes mediante herramientas CAD.

A partir de este diagnóstico se pretende determinar las áreas prioritarias de capacitación, las cuales pueden incluir:

- 1) Uso de software CAD para diseño tridimensional
- 2) Diseño de moldes de inyección de plástico
- 3) Mejorar el proceso de capacitación a través de realidad aumentada
- 4) Optimización de diseño para procesos de manufactura.

Tomando en cuenta lo anterior, se ha realizado la estructura de la matriz del diagnóstico de necesidades de capacitación, la cual se estructura mediante la tabla A.2 (véase anexo A).

4.4 Diseño del plan de capacitación

Con base en las herramientas vistas en el segmento anterior, las cuales son el diagnóstico de necesidades de capacitación, la observación y el análisis de puestos de trabajo, se procede a proporcionar las bases del diseño del plan de capacitación orientado al fortalecimiento de las habilidades técnicas de los colaboradores correspondientes.

El plan de capacitación debe incluir:

- Objetivos de aprendizaje
- Métodos de enseñanza
- Recursos didácticos
- Duración de la capacitación.

Para el caso de estudio de esta tesis, se abordará un enfoque para el uso de herramientas CAD.

4.4.1 Cursos de capacitación CAD

Para el desarrollo de la propuesta de capacitación, es necesario un procedimiento bien estructurado, donde se muestren mediante tablas los cursos que podrían programarse, se redacten sus objetivos, su duración y algo que es bastante importante, el cronograma de actividades que proporcione organización, como puede observarse en la tabla B.1 Estructura del curso y tabla B.2 Cronograma de actividades (véanse anexos B respectivamente). En dicho anexo se muestra la estructura propuesta para el plan de capacitación como una alternativa viable, sin embargo, el contenido de las tablas propuestas será profundizado en el capítulo V, en donde se muestran los resultados.

Por otra parte, se propone la estructura de los recursos necesarios, donde se describen los recursos humanos, recursos materiales y recursos tecnológicos, mediante la tabla B.3 (véase anexo B).

4.5 Evaluación de la eficiencia de la visualización mediante RA

Este modelo 3D planteado permitirá medir el impacto de la RA en procesos de aprendizaje de nuevos colaboradores o bien en el manejo de herramientas CAD, además, nos ayudará a medir la eficiencia del proceso de diseño de moldes para inyección de plástico, tomando en cuenta la impresión de las personas que comienzan con el acercamiento a este tipo de tecnología.

CAPÍTULO V.

RESULTADOS

5.1 Diseño y modelado de molde por inyección de plástico

Como primer punto respecto a los resultados obtenidos, se ha considerado la realización de un diseño de contenedor base de brownies que algunas marcas utilizan. A continuación, se muestra una figura:



Figura 17. *Contenedor base para brownies.*

La elección de este contenedor se debe a que posee una geometría que se presta para la realización del estudio de ángulos de salida para desmoldeo, ya que las figuras con geometría más irregulares tienden a requerir estudios más precisos y presentan ciertas problemáticas si el diseño no se realiza adecuadamente.

Esta tesis presenta un molde de múltiples cavidades destinado a la fabricación de un contenedor de PET. El primer paso consiste en crear la pieza necesaria para la construcción del molde; aunque se trata de una forma sencilla, es importante tener en cuenta los ángulos de desmoldeo debido a su diseño. A continuación, se explican de manera general los pasos para elaborar el molde, para comenzar, se dibuja un cuadrado con esquinas redondeadas, seguido por una extrusión saliente que presenta un ángulo de salida hacia el exterior. Luego, se lleva a cabo un vaciado para definir las dimensiones de la pieza. Posteriormente, se realiza otra operación de extrusión saliente utilizando la técnica de laminado para dar forma al contorno del objeto.

Finalmente, se añaden redondeos en la parte inferior para facilitar el proceso de desmoldeo. El resultado final del contenedor sería el siguiente:

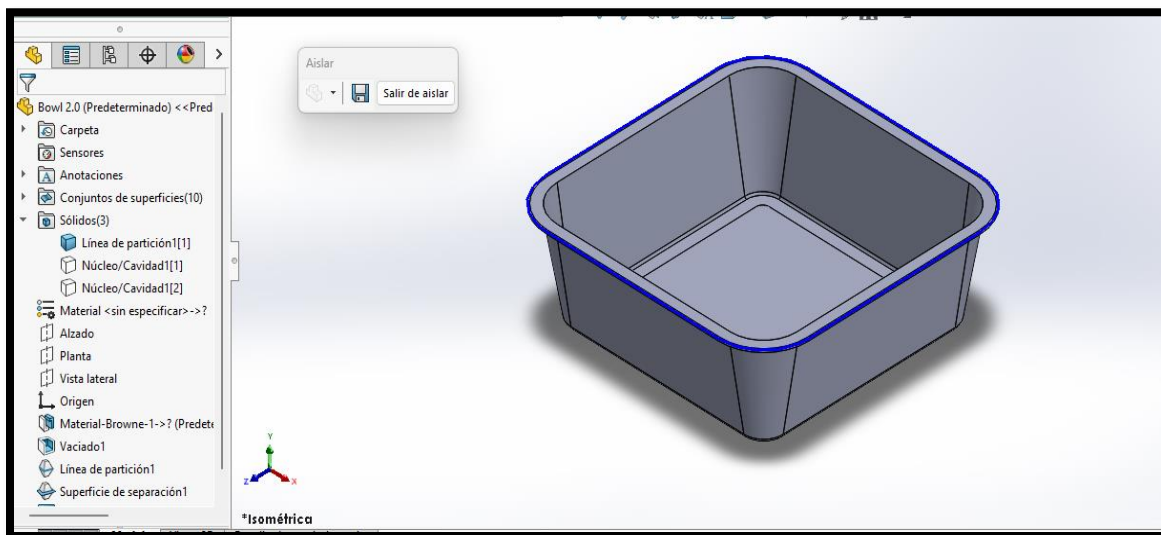


Figura 18. *Pieza (Contenedor plástico) para realizar molde*

Con ayuda de las herramientas de moldes, se obtiene el núcleo y cavidad para el molde, estas herramientas se tienen que buscar dentro de las herramientas que SolidWorks no muestra en su interfaz inicial de operaciones, además es importante mencionar que este tipo de operaciones solo se usaron para la obtención del núcleo cavidad, tomando en cuenta que se planea realizar un molde de múltiples cavidades, este es el primer paso para obtener las otras cavidades.

Primero, realizar la línea de partición, considerando dos cosas: los ángulos de salida o desmoldeo y los de entrada. Con un estudio de ángulos de desmoldeo, el programa los brinda automáticamente; sin embargo, puede haber caras no consideradas automáticamente, las cuales se deben marcar manualmente. A continuación, una figura:

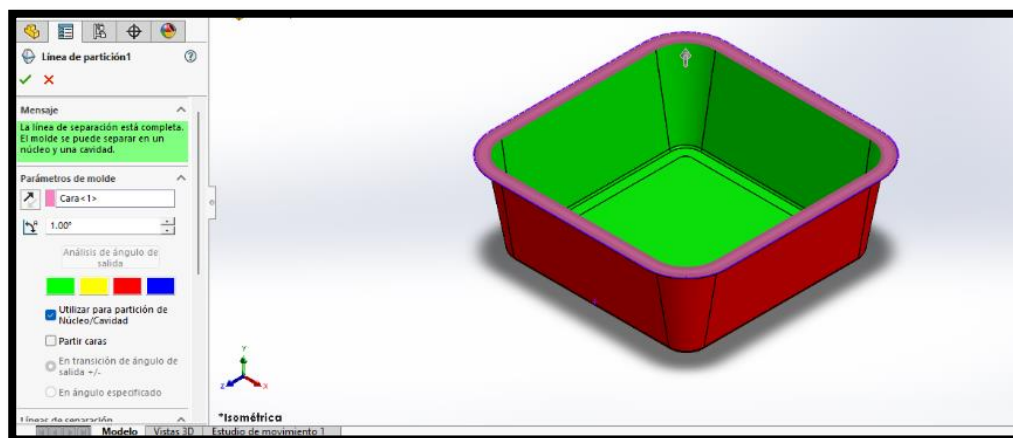


Figura 19. Línea de partición y estudio de ángulos de desmoldeo

A continuación, se realiza otra operación de herramientas de moldes, seleccionando la opción superficie de separación, en la cual se selecciona la línea de partición y se da una superficie considerable, ya que ahí se realiza un croquis para obtener el ancho y alto del molde, se presenta una figura:

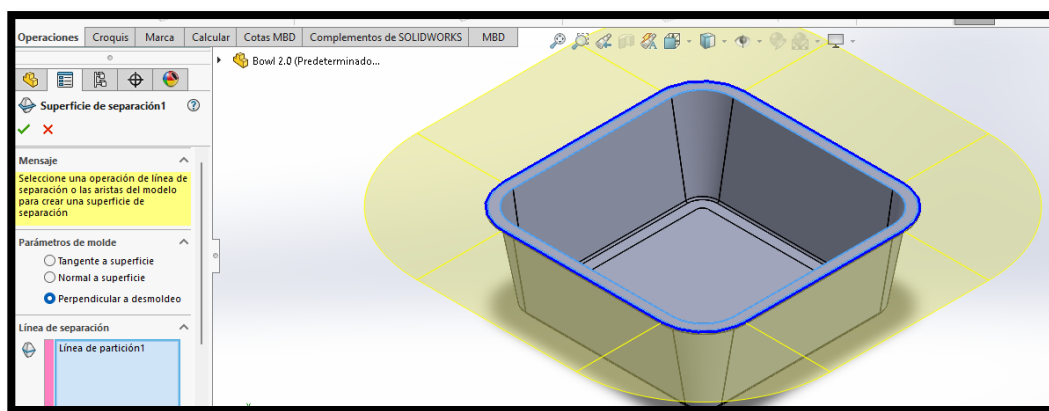


Figura 20. Superficie de separación

- Para culminar con este paso, se debe presionar la operación Núcleo/Cavidad, se selecciona la superficie de separación, el croquis dentro de la superficie y se especifica la profundidad para núcleo y cavidad. El resultado es el siguiente:

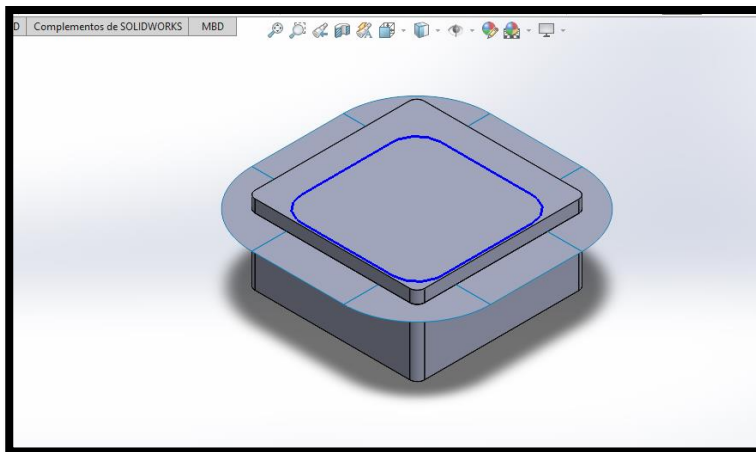


Figura 21. *Núcleo/ Cavity final*

5.1.2 Realización de porta núcleos y porta cavidades

Al estar realizando un molde de varias cavidades es necesario dibujar las placas portadoras.

- Para este caso el proceso es sencillo de realizar, primeramente colocar un cuadrado considerando que alcancen 4 cavidades, se realiza una extrusión saliente y en la cara superior se realiza un coquis con la medida del perímetro de la cavidad, se realiza una matriz lineal y por ultimo una operación de cortar extruir, se guarda el documento y en la carpeta hay que copiar el mismo documento y cambiar el nombre, uno es para cavidad y otro para el núcleo, solo se cambian profundidades, para finalizar con esta sección se realiza una operación circular de extruir corte junto con una matriz lineal para la entrada de los vástagos en las esquinas de la placa.

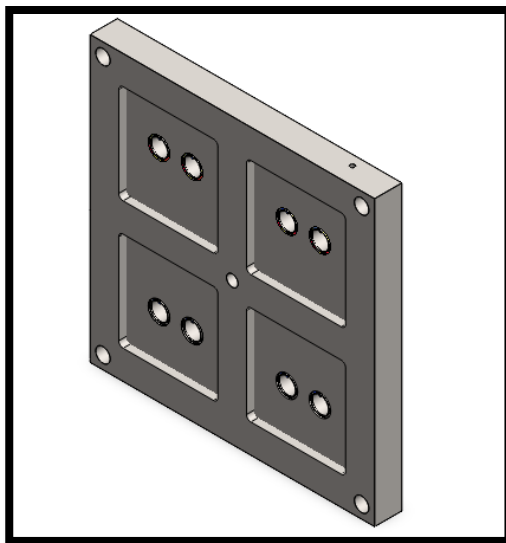


Figura 23. *Porta núcleos*

Siguiendo con el desarrollo del molde es de suma importancia crear nuevo documento (ensamble), aquí se van colocando las piezas ya realizadas y usando relaciones de posición se van colocando en su debido lugar, para el caso de este proyecto, se consideraron principalmente relaciones coincidentes y concéntricas, de igual manera se colocan cavidades y núcleos en su respectivo lugar y para no traer pieza a pieza al ensamble se realizan matrices lineales.

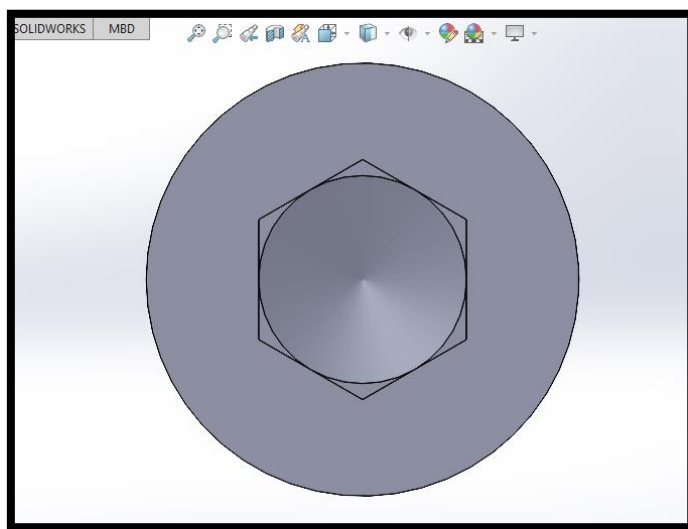


Figura 22. *Tapón*

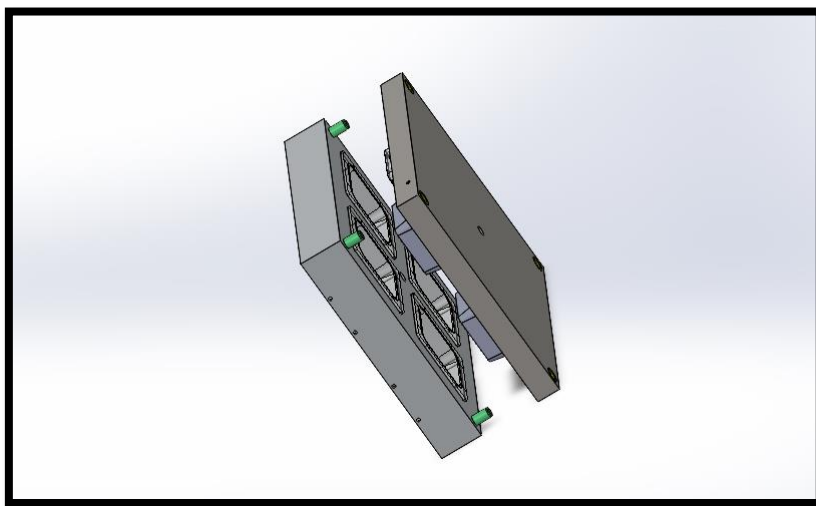


Figura 24. *Ensamble del molde*

5.1.3 Diseño de sistema de refrigeración

Tanto los núcleos y cavidades, así como sus portadores llevarán parte del sistema de refrigeración, para el caso de este estudio, se consideró tomar un sistema de refrigeración basado en la circulación de agua fría, teniendo como principal componente la refrigeración por serpentín, el cual tiene una entrada de agua fría, con su respectivo retorno de la misma, se puede comenzar con el croquizado y modelo 3D del serpentín o bien por los conductos de refrigeración.

Circuito de refrigeración (Cavidad)

- Se toma en cuenta la porta cavidades en primera instancia, en la cual se realizarán 2 operaciones de taladro, una para el agua fría y otra para el retorno, el proceso es el mismo, para esta refrigeración se consideró operación taladro (sin roscado), considerar en estándar DIN u otro caso similar el estándar ISO, en tipo: tamaño de perforadores, la selección es de 14 mm, consecutivamente se eligen las posiciones a 246 mm de distancia, para el caso de esta pieza se realizó la operación de taladro de manera separada ya que

cuentan con distinta profundidad, la perforación de taladro lateral, para una mejor distribución y posteriormente se realizaron operaciones de cortar extruir para la

- comunicación con los canales de las cavidades.

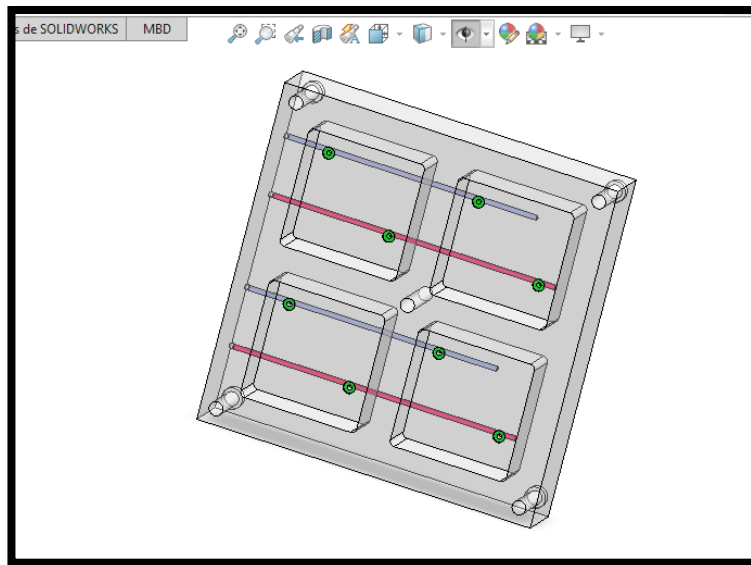


Figura 25. Sistema de refrigeración (porta cavidades)

Circuito de refrigeración (Núcleos)

- Posteriormente se continua con el porta núcleos, para el cual se realizaran 2 operaciones de taladro, 1 para el agua fría y 2 para el retorno, el proceso es el mismo, para esta refrigeración se consideró operación taladro, considerar en estándar DIN, en tipo: tamaño de perforadores, la selección es de 14 mm, consecutivamente se eligen las posiciones a 55 mm de distancia del taladro de entrada de agua fría, para el caso de esta pieza solo se realizó la parte superior del molde y después se realizó una simetría para no realizar operación por operación, además también se realizó una operación de cortar extruir para el alojamiento de juntas tóricas, para evitar derrames de líquido. Con ayuda de las

herramientas de apariencia se les dio coloración azul, para las entradas de agua fría y roja para el retorno del agua.

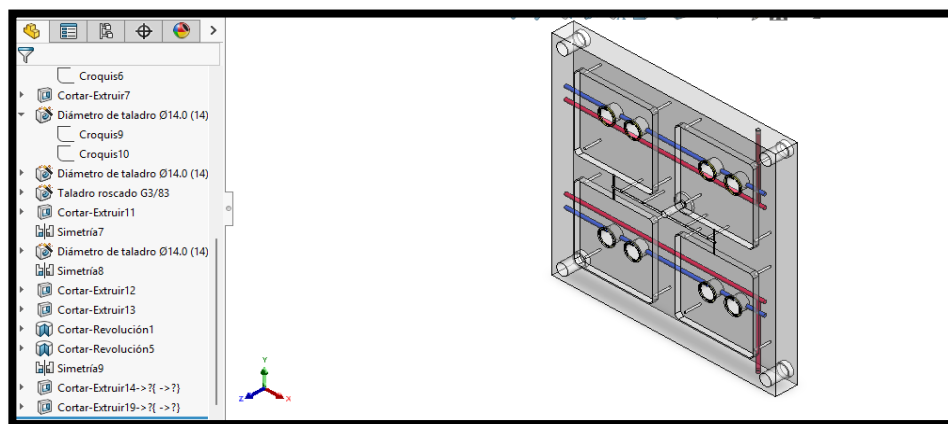


Figura 26. Sistema de refrigeración (Porta núcleos)

Relacionado con lo anterior, también se realizaron los alojamientos para el sistema de enfriamiento (serpentín), que es un sistema con entrada y retorno de agua. A fin de alcanzar la parte superior del molde, se utilizó la operación de extrusión de corte. Además, se realizaron cajas para el alojamiento de O-rings. Las medidas usadas fueron las siguientes:

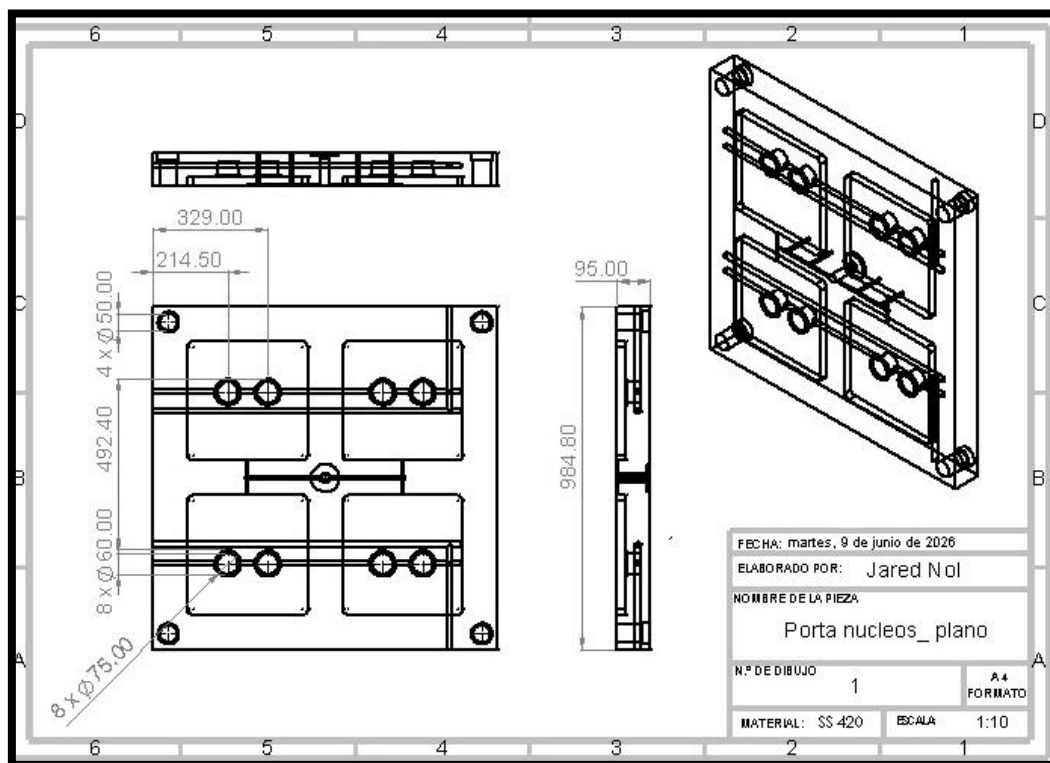


Figura 27. Alojamiento Serpentin

De manera similar se ensamblaron los serpentines en el molde, los cuales son los encargados del paso y retorno de agua fría para la refrigeración a través de los núcleos.

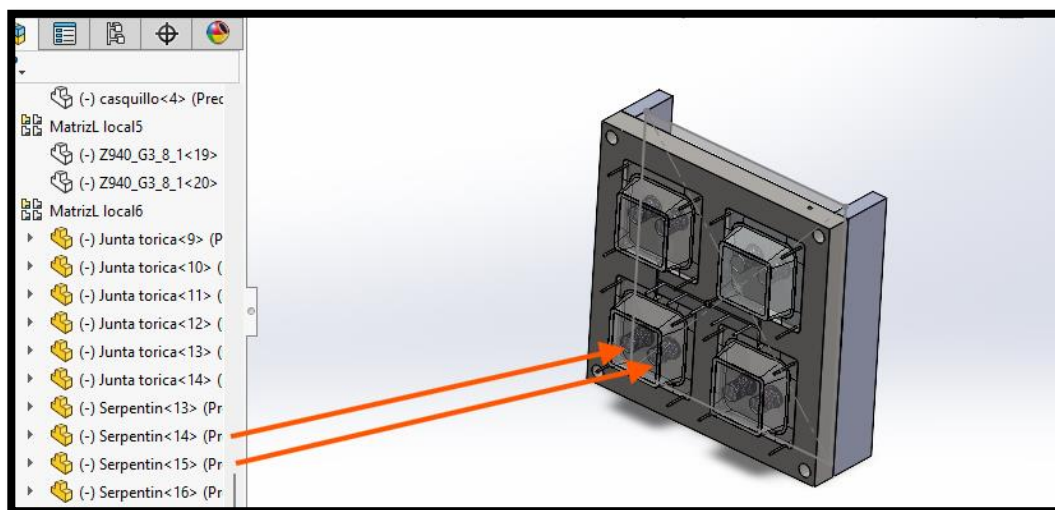


Figura 28. *Serpentín ensamblado*

Nota: Como se observa en la figura anterior se han colocado los serpentines, además se observa que hay dos placas de manera perpendicular a la placa porta núcleos, las cuales con la base para el sistema de porta expulsores.

Tanto la placa porta expulsores, como las dos bases que se encuentran a 90 grados, solo son croquis de rectángulo con una extrusión y que posteriormente se ensamblaron al molde usando relaciones de posición.

5.1.4 Diseño del sistema de inyección

Posteriormente se realizó el ensamble de las piezas para el ingreso de plástico a alta temperatura (bebedero), además del retenedor de colada, los cuales se muestran a continuación:

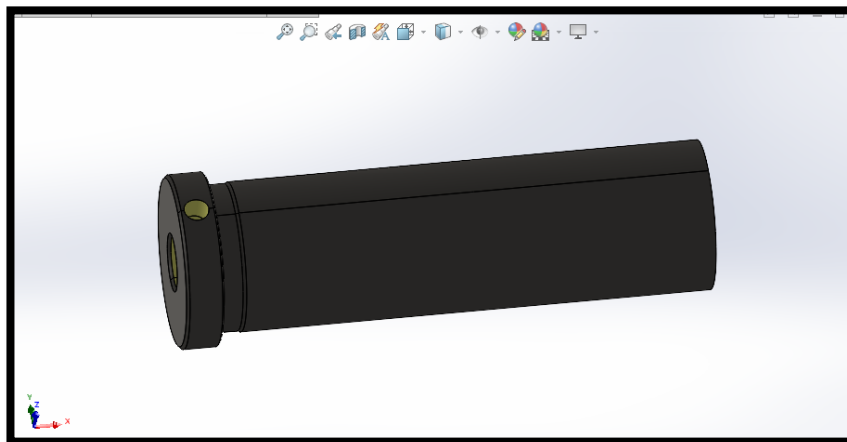


Figura 29. *Retenedor de colada*

Nota: El retenedor de colada utilizado se encuentra dentro de los retenedores de colada (frío), ya que con ayuda de expulsores se puede retirar el plástico sólido de los canales y del retenedor, además, es importante mencionar que el retenedor va colocado en la parte media de la porta núcleos.

Por otra parte, el bebedero se debe colocar en la parte media de la porta cavidades y es la pieza encargada de permitir el paso del plástico fundido. Se muestra una figura donde se observa el diseño usado para el bebedero.

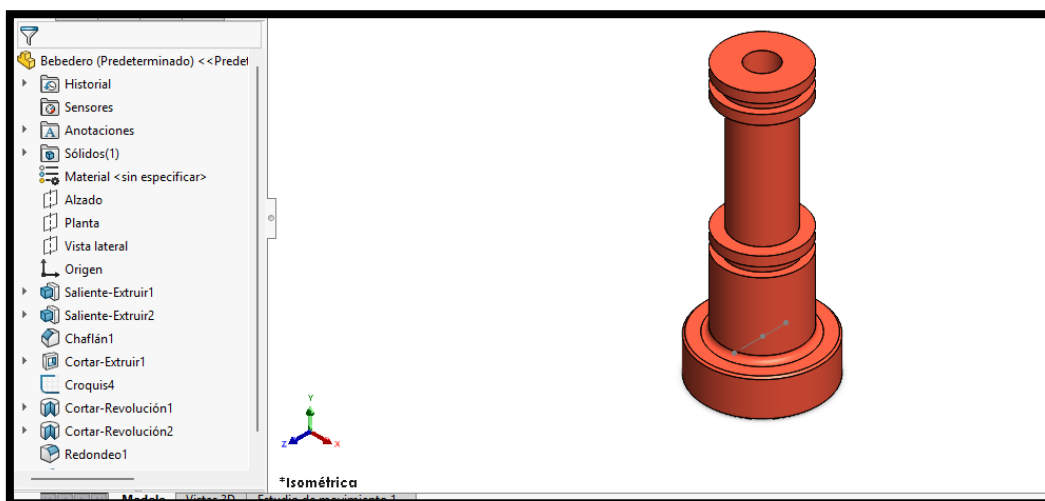


Figura 30. *Bebedero*

Entre los pasos más importantes para el diseño de moldes de inyección se encuentra la creación de los canales de inyección, además de la determinación del método por el cual va a entrar en contacto el plástico con las cavidades y núcleos respectivamente.

Primero comenzamos con el diseño de los canales de inyección, en donde requerimos una figura en forma de ranura, lo que facilita la expulsión del plástico, para ello dibujamos un croquis con la figura de ranura, desde el centro de la pieza, con una longitud total de 443.4 mm y un radio de 4 mm, posteriormente se dibuja una línea que atraviese la ranura, y con ayuda del comando de recortar entidades, se recorta la mitad de la ranura, esto con el fin de usar la operación (cortar revolución) a 360 grados y así lograr un corte circular a 360°, se muestra una figura con el croquis para tener un mayor entendimiento de la explicación:

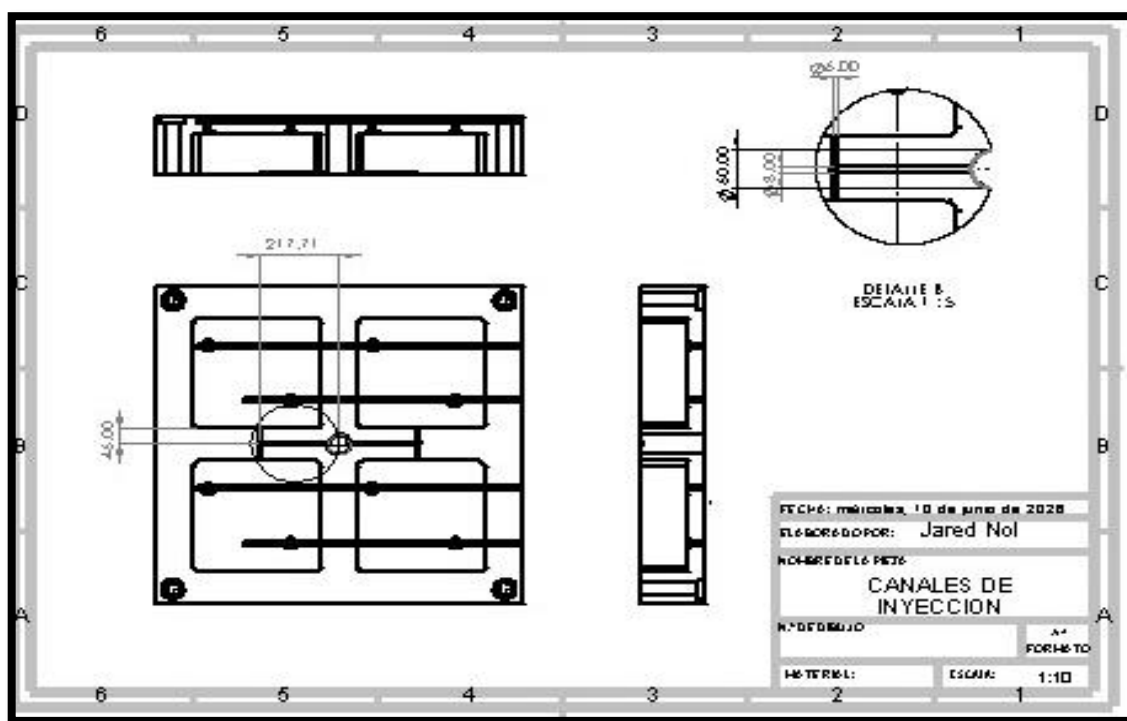


Figura 31. Croquis de ranura para canal de inyección

Considerando que el plástico fundido tiene que entrar a las cavidades y núcleos, se ha tomado como referencia de entrada los puntos medios de cada cavidad, de esta manera se realizara el mismo croquis y operación ocupadas anteriormente, solo tomando en cuenta los puntos medios y además que la entrada se reduce, los expertos recomiendan que la longitud del canal que va hacia las cavidades sea el 75% de la longitud del canal principal, el cual sería ($8\text{mm} \times 0.75 = 6\text{ mm}$). A continuación, la siguiente figura muestra el resultado de los canales de inyección.

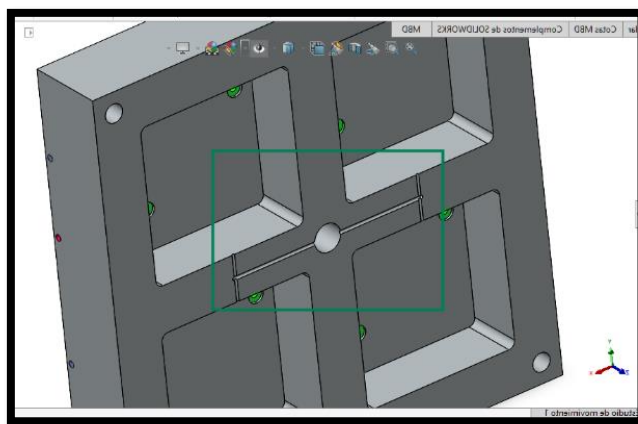


Figura 32. *Canales de inyección*

Aunado a lo anterior, es necesario realizar las compuertas o gates, ya que estas definen el flujo de plástico a través de los núcleos y cavidades, por lo tanto, determinan factores del proceso como líneas de flujo o rebaba, se seleccionó la compuerta submarina para la parte móvil (núcleo) y para el caso de la cavidad se optó por la compuerta lateral. El diseño para cada compuerta fue distinto, por lo que se explica por separado cada una:

- 1) Compuerta submarina (núcleo): Se tomó como referencia un modelo de internet, específicamente de HASCO una empresa dedicada a proveer todo lo referido a moldes. Consecuentemente, se realizó una extrusión de corte para el alojamiento de la compuerta; a continuación, se muestra una figura representativa:

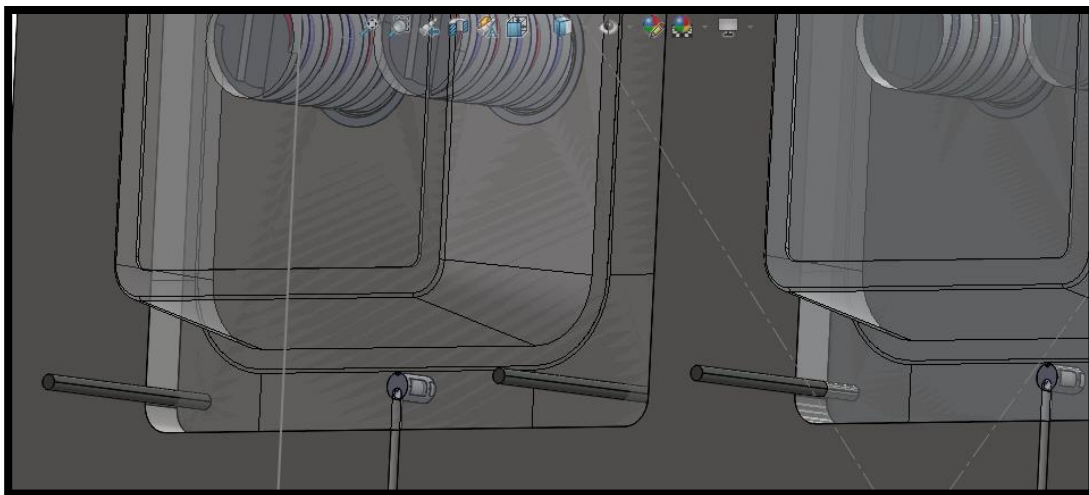


Figura 33. *Compuerta submarina*

- 2) Compuerta lateral (cavidad): Primeramente, se usaron dos planos de referencia perpendiculares, se creó un croquis con dos líneas estilo referencia, una coincidente con la cavidad y otra con 30° de elevación sobre la primera línea, posteriormente se realizó una operación de extruir corte con un ángulo de salida a 12° . Se muestra una figura con el resultado final:

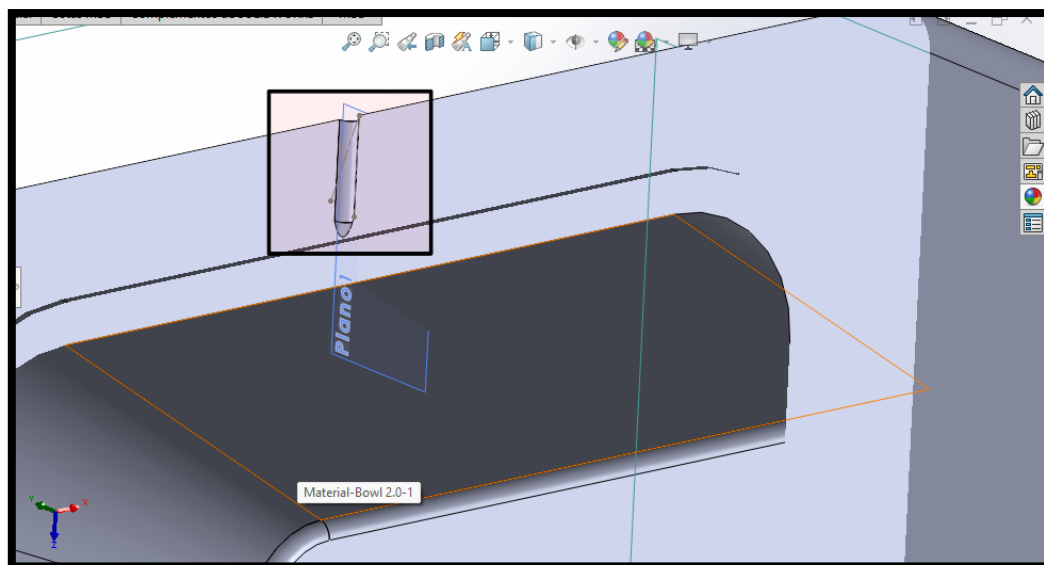


Figura 34. *Compuerta lateral*

5.1.5 Diseño del sistema de expulsión

Para la realización de este sistema se han considerado puntos estratégicos que no afecten el acabado final de la pieza, ya que se tiene que realizar una operación de extrusión-corte con propagación de operaciones, la cual va a traspasar múltiples piezas del ensamble. A continuación, se muestra una figura que representa a los expulsores:

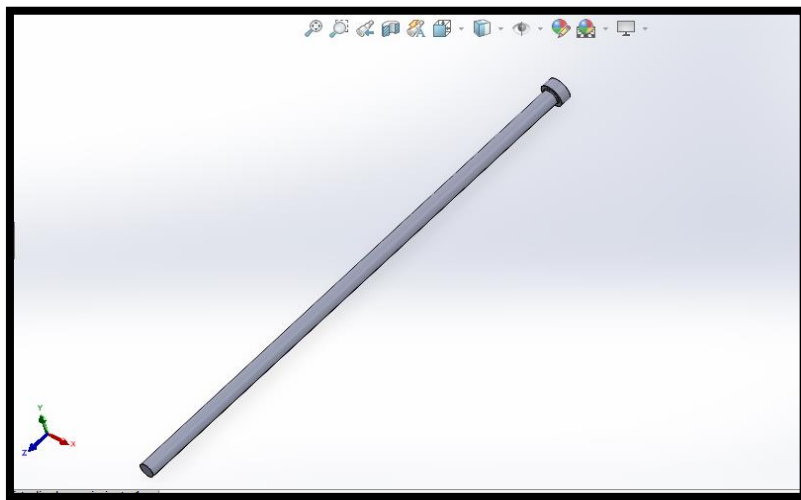


Figura 35. *Expulsor*

Se consideraron 3 medidas de perno expulsor, las cuales son: perno expulsor del retenedor de colada, pernos expulsores de los canales de inyección y pernos expulsores de las placas.

Para el croquizado y posterior operación de las perforaciones para los expulsores se trabajó sobre el ensamble, para poder realizar propagación de operaciones entre diversas piezas, para este caso se realizó solo una sección de la pieza y después se realizó una matriz lineal de operaciones para simplificar el trabajo, el único expulsor que se diseñó de distinto diámetro fue el expulsor del retenedor de colada, el cual tenía que tener un diámetro igual a la perforación del retenedor de colada.

Una vez realizadas todas las perforaciones, con ayuda de la relación de posiciones, se colocaron todos los expulsores, es imprescindible mencionar que los pernos deben sobresalir sobre los núcleos una longitud igual a la profundidad de la cavidad para tener un rango de movimiento exacto, ya que estos son los encargados de despegar el material frío del molde pero no debe exceder la longitud especificada porque cuando se retraigan no deben existir protuberancias ni hundimientos, ya que lo que se pretende es tener una superficie lo más plana posible. Se muestra el resultado final con todos los expulsores ensamblados (expulsores de núcleos, expulsores de canales de inyección y expulsor de retenedor de colada).

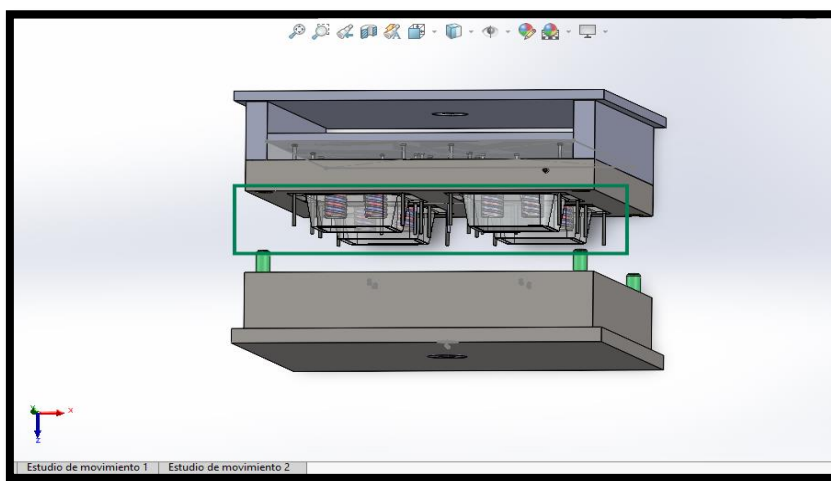


Figura 36. *Ensamble con expulsores colocados*

Una vez culminado el molde, se puede mencionar que se realizó de una manera realista, es decir, que se diseñó con la estructura necesaria que solicita un proceso en pruebas de aprobación, ya que se comenzó desde la elección del software tipo CAD, posteriormente se realizó el diseño del contenedor plástico, la creación de una estructura multi – cavidad, la cual podría permitir una mayor producción, además también se diseñó el sistema de enfriamiento, inyección y expulsión, lo cual fue abordado en el capítulo anterior, en la siguiente figura se muestra el resultado final del diseño del molde:

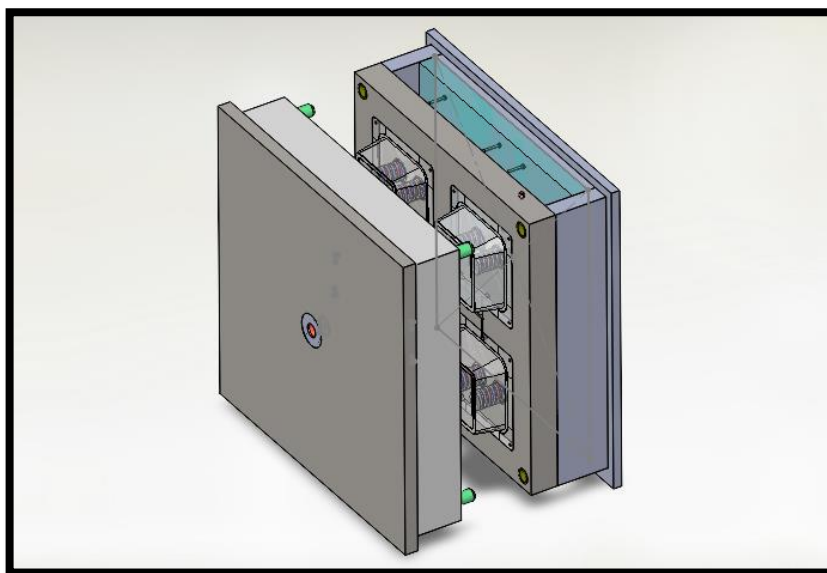


Figura 37. *Molde por inyección culminado*

5.2 Animación y vista explosionada del molde

Tras culminar el diseño del molde, se procede a realizar la vista explosionada de las partes que lo componen, para ello es necesaria la herramienta de vista explosionada de SolidWorks, la cual nos permitirá explosionar el molde por inyección, así como realizar la contracción de partes, además desbloquea otra herramienta interesante de SolidWorks, la cual es la realización de animaciones con vista explosionada, animación que puede incluso descargarse en formato MP4 y determinar la resolución de la animación, muy importante considerando que debe tener buena calidad considerando que uno de los objetivos de este proyecto es la visualización mediante realidad aumentada.

A continuación, se visualiza un plano normalizado que muestra la vista de la explosión de componentes del molde por inyección diseñado con herramientas de SolidWorks, véase la siguiente figura:

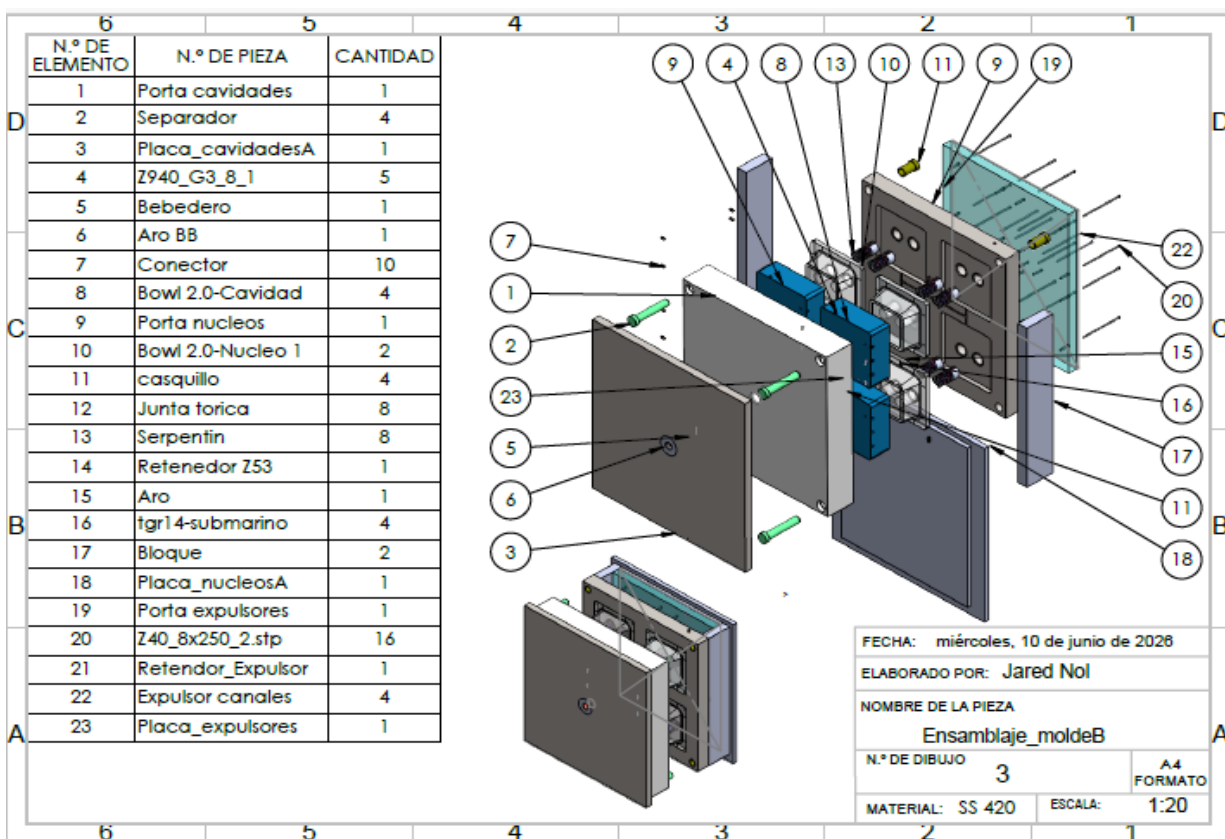


Figura 38. Vista explosionada del molde por inyección

SolidWorks permitió seleccionar la resolución HD, la cual es de 1280 x 720 píxeles y una relación de aspecto de 16:9, usada generalmente para monitor. Observar la animación mediante el QR, el cual se encuentra en el anexo C.

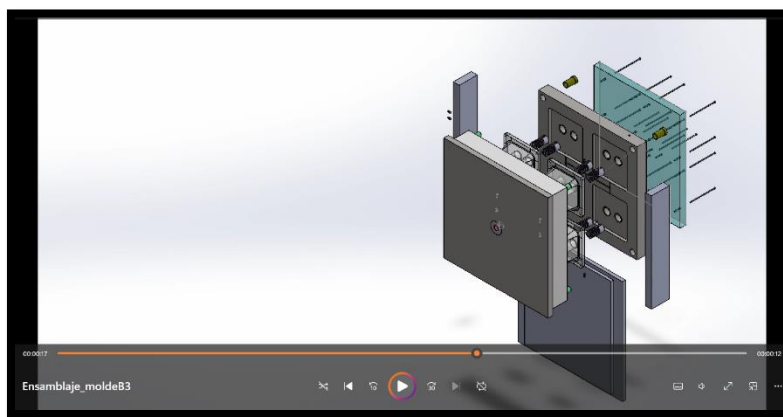


Figura 39. Animación formato MP4

Nota: Además, se realizó un estudio de movimiento básico para proporcionar un plus para la animación, en la cual se muestra la vista explosionada y la posterior contracción de las partes que componen el molde.

5.3 Visualización con realidad aumentada

Para realizar la visualización del modelo 3D, se optó por el software Unity, el cual es extenso en funciones y que además es gratuito; la realidad aumentada es un solo segmento dentro de sus herramientas, sin embargo, la curva de aprendizaje de este programa es alta, por lo que se pretende solo realizar una visualización optimizada, sin tanta complejidad.

Para la visualización se consideró una plantilla de Unity llamada AR MOBILE (CORE), ya que esta plantilla tiene precargada la paquetería necesaria para RA. A continuación, se realiza una descripción con los pasos generales para su realización:

- 1) Se exportó el modelo 3D en formato OBJ, sin embargo, Unity lo lee, pero no se podía distinguir entre la unidad móvil y fija, mediante investigación se encontró que el formato original de Unity para leer formatos 3D es FBX, usando SolidWorks Visualize, el cual es un complemento del software, fue posible exportar el documento en FBX, logrando así que cada pieza conservara su nombre.
- 2) Se realizó un estudio de movimiento con ayuda de la vista explosionada, logrando así una visualización más completa. Solidworks permite colocar el tamaño de pantalla y los fotogramas requeridos, así como la resolución que mejor se adapte. Para este caso se tomó una resolución HD.

- 3) Mediante Assets se coloca el modelo 3D también en la jerarquía, se ajusta la escala y posición en el plano.

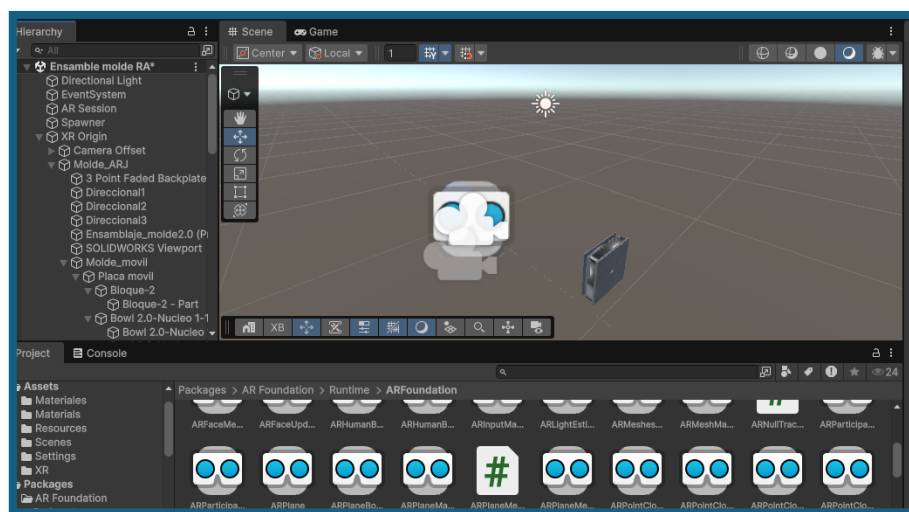


Figura 40. Modelo 3D colocado en Unity

- 4) Se pueden crear nuevos materiales en Unity o bien descargarlos, para este caso se usaron ambos, se intentó lograr apariencia metálica en el molde.

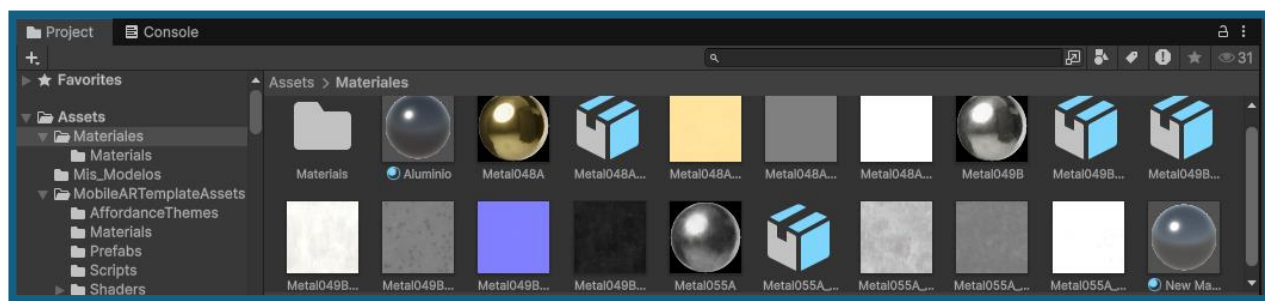


Figura 41. Materiales en Unity

- 5) Se colocó un plano a un costado del molde, se ajustó escala, posición, texturas y orientación para poder proyectar el video.
- 6) Se realizaron las configuraciones para insertar el video; además, se le colocó una textura y un material blanco con una opción llamada “both” para visualizar el video por ambos lados de la estructura. Se muestra el resultado

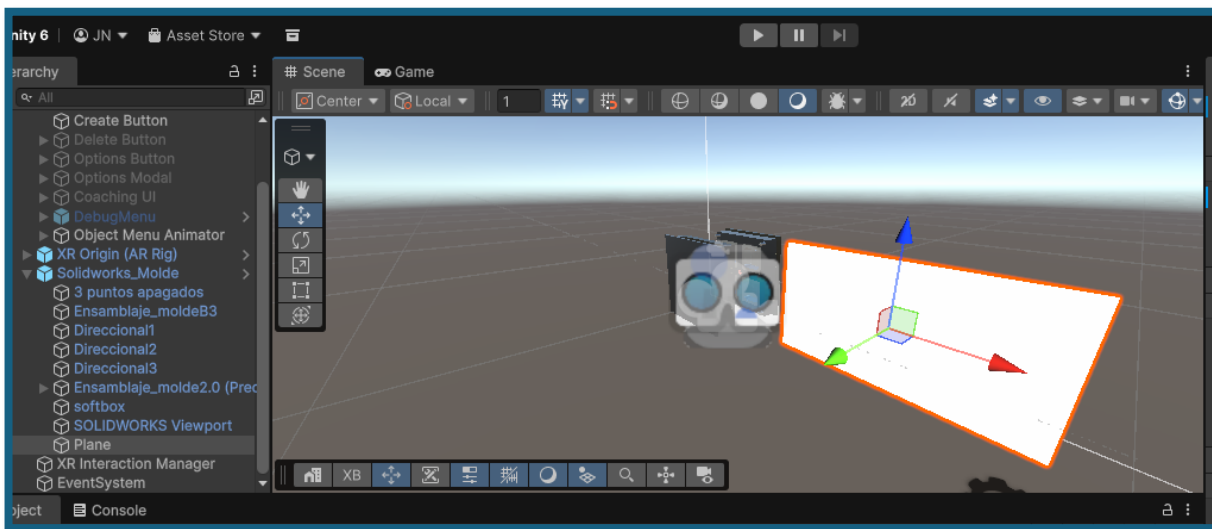


Figura 42. Estructura para visualizar animación

5.3.1 Resultado con realidad aumentada

Considerando que Unity es un software enfocado principalmente en el desarrollo de videojuegos, se optó por la realización de una aplicación. Tomando en cuenta que puede editarse y agregar múltiples funciones que pueden servir en el proceso de aprendizaje de nuevos colaboradores que incursionen en el sector transformador de plásticos de grado alimenticio, además, las herramientas de realidad aumentada de Unity son extensas, por lo que basta y sobra para cumplir con lo planteado.

Al final se optó por pasarlo a una App ya que normalmente para colocar QR en Unity se usa en conjunto con otra plataforma llamada vuforia, la cual no se contempló para términos de este proyecto, es por ello que se configuró el celular en modo desarrollador, activando la función (depuración por USB) y se conectó a la PC mediante un cable USB tipo C, para pasar la aplicación, el resultado lo muestra la siguiente figura:



Figura 43. *Realidad aumentada para molde 3D*

5.4 Video explicativo del resultado final

Una vez obtenida la vista con realidad aumentada, se continuó con la realización de un video explicativo, donde se muestra el resultado final de la visualización del modelo 3D y la animación de la vista explosionada del molde, además de agregar una explicación de los resultados obtenidos y una breve conclusión donde se relatan los alcances y el cumplimiento de los objetivos planteados en un inicio.

A continuación, se muestra un QR para escanear con el enlace al video explicativo en YouTube:



Figura 44. *QR video explicativo*

Nota: El resultado final mostrado a través de un video, proporciona la posibilidad de observar el modelo 3D a través de la realidad aumentada, para que cualquier persona que no tenga la aplicación pueda observar el resultado de este proyecto.

5.5 Observación

Durante la ya mencionada experiencia laboral, la observación directa a permitido analizar las actividades que realizan los colaboradores durante el proceso de inyección, además de tener un enfoque al diseño de moldes, para el caso de este estudio se observó que los operadores y técnicos de mantenimiento son los únicos que conocen el proceso de montar y desmontar moldes, y que no se tiene un manual de procedimientos para brindar las capacitaciones pertinentes a los nuevos colaboradores, es aquí donde la realidad aumentada cobra importancia, ya que en la mayoría de organizaciones brindan las capacitaciones convencionales, por lo que una capacitación o inducción con RA podría ser una propuesta viable. Por otra parte, el alcance de este proyecto no se limita a lo anterior ya que se observó que en el área de ingeniería y proyectos no tenían dibujos técnicos de los moldes a nivel interno, solo se cuenta con los proporcionados por el cliente, además, se realizan formatos del diseño de las charolas, pero aquellos formatos no están normalizados, por ello la propuesta de plan de capacitación también podría contemplar estas áreas.

Es por ello que la observación se ha considerado como un buen método para la detección de necesidades de capacitación, ya que de aquí se detectan áreas de oportunidad que después podrán ser un punto abordado en el plan de capacitación.

5.5.1 Análisis del puesto de trabajo

Tomando en cuenta lo anterior, se ha realizado la estructura en formato tabla del análisis del puesto de trabajo, el cual está basado en la ISO 9001 :2015. Este tipo de análisis es muy usado por Recursos Humanos; sin embargo, es de gran ayuda para determinar las competencias que requiere un puesto de trabajo.

Tabla 4. Análisis de puesto de trabajo

Campo	Descripción
Nombre del puesto:	Operador de máquina de inyección
Área:	Producción
Departamento:	Transformación de plásticos
Reporta a:	Supervisor de producción
Personal a cargo:	No aplica
Objetivo del puesto:	Operar y controlar la maquinaria de inyección de plástico para fabricar charolas grado alimenticio cumpliendo estándares de calidad, inocuidad y productividad.
Funciones – Operación:	Operar máquina de inyección de plástico, ajustar temperatura, presión y tiempo de ciclo, montar y desmontar moldes y supervisar el proceso.

Funciones - Control de calidad:	Verificar dimensiones, espesor y acabado de charolas; detectar defectos como deformaciones, burbujas o rebabas.
Funciones – Abastecimiento	Colocar pellets o preforma a la tolva y vigilar el consumo de materia prima.
Funciones – Limpieza	Mantener orden y limpieza del área cumpliendo normas de higiene para productos de grado alimenticio.
Registro de producción	Registrar piezas producidas, desperdicio, tiempos de paro e incidencias.
Equipo y herramientas	Máquina de inyección, moldes, herramientas de ajuste, calibrador, micrómetro, báscula y EPP.
Escolaridad	Bachillerato técnico
Experiencia	1 a 2 años en procesos de inyección, extrusión o manejo de maquinaria industrial.
Conocimientos	Procesos de inyección de plásticos, control básico de calidad y normas de higiene para productos alimenticios.
Habilidades	Atención al detalle, trabajo en equipo, observación, resolución de problemas y responsabilidad.

Indicadores de desempeño	Producción por turno, porcentaje de defectos, cumplimiento del programa de producción y tiempo de paro de máquina.
---------------------------------	--

5.5.2 Matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación (DNC)

La matriz del diagnóstico de necesidades de capacitación permite comparar el nivel de competencia requerido por el puesto (revisado anteriormente) con el nivel actual del trabajador, con el objetivo de identificar brechas de conocimiento que deban ser cubiertas mediante capacitación. Para este caso, se realizó la matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación, tomando en cuenta la observación y el análisis de puesto:

Tabla 5. Matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación

Área / competencia	Situación actual	Necesidad de capacitación	Tipo de capacitación	Prioridad
Operación de maquinaria de inyección	El operador maneja la máquina, pero puede presentar errores en ajustes de parámetros	Capacitación en configuración de parámetros (temperatura, presión, tiempo de ciclo)	Capacitación técnica	Alta
Montaje de moldes	Conocimiento básico del montaje	Capacitación en instalación y calibración correcta de moldes	Capacitación técnica práctica	Alta
Control de calidad	Detección limitada de defectos	Capacitación en inspección de calidad y detección de	Curso de calidad	Alta

		defectos en producto terminado		
Manejo de materia prima	Conocimiento básico del material plástico	Capacitación sobre tipos de plásticos y comportamiento térmico	Capacitación técnica	Media
Normas de higiene alimentaria	Conocimiento general	Capacitación en manejo higiénico de productos de grado alimenticio	Capacitación normativa	Alta
Seguridad industrial	Uso básico de EPP	Capacitación en seguridad en maquinaria y prevención de accidentes	Curso de seguridad	Alta
Registro de producción	Registro manual básico	Capacitación en control de producción e indicadores	Capacitación administrativa	Media

Una vez obtenidos los datos anteriores, se puede determinar que la necesidad de capacitación es elevada, por lo que es importante comenzar con la planeación de las capacitaciones requeridas, en las cuales se abordarán las necesidades de capacitación aquí determinadas.

5.6 Desarrollo del plan de capacitación

El programa de capacitación propuesto en este proyecto tiene como objetivo brindar un claro ejemplo de cómo la realidad aumentada puede tener un rol interesante en la inducción o capacitación de los colaboradores, que para ejemplificar de mejor manera se tomaron en cuenta

las competencias técnicas necesarias para el montaje y ajustes de parámetros para los moldes y maquinaria de inyección, permitiendo desarrollar una propuesta que mejore la eficiencia del proceso y mostrar un método de capacitación tecnológico a través del uso de realidad aumentada.

A continuación, se muestran los objetivos de la propuesta de plan de capacitación, los cuales están relacionados con los objetivos de la tesis, sin descuidar lo planteado anteriormente.

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de plan de capacitación para el montaje de moldes por inyección de contenedores plásticos de grado alimenticio.

Objetivos específicos

- Brindar conocimiento de las partes que componen el molde, mediante un modelado 3D creado con CAD.
- Aplicar principios de diseño para procesos de inyección.
- Optimizar el plan de capacitación mediante el uso de realidad aumentada.
- Usar la realidad aumentada como herramienta de aprendizaje

Posteriormente, muestra la tabla de cursos de capacitación, la cual contempla 22 horas en 2 semanas y es el desarrollo de la propuesta del plan de capacitación:

Tabla 6. Cursos de capacitación CAD

No	Curso	Objetivo	Duración	Modalidad
1	Introducción al diseño asistido por computadora (CAD)	Conocer los fundamentos del diseño digital y el entorno del software CAD	2 horas	Teórico-práctico
2	Introducción al moldeo por inyección de plástico	Desarrollar conocimientos en función al proceso de inyección con ayuda de CAD	4 horas	Práctico
3	Capacitación virtual con piezas 3D modeladas en software CAD	Explicación detallada de cada parte del molde mediante visualización del modelado en 3D,	4 horas	Práctico
4	Explicación de las partes del molde con ayuda de realidad aumentada	Visualización de vista de explosionada de partes mediante realidad aumentada	6 horas	Teórico-práctico
5	Simulación del proceso visualizada con RA.	Simulación de proceso visualizada mediante RA	6 horas	Teórico-práctico

Duración total del programa: 22 horas

Tabla 7. Cronograma de capacitación (Tipo Gantt)

Actividad	Lunes	Miércoles	Viernes	Lunes	Miércoles	Viernes
Introducción al diseño asistido por computadora (CAD)	X					
Introducción al moldeo por inyección de plástico	X					
Capacitación virtual con piezas 3D modeladas en software CAD		X				
Explicación de las partes del molde con ayuda de realidad aumentada			X			
Simulación del proceso visualizada con RA.			X	X		
Introducción al diseño asistido por computadora (CAD)					X	X
Evaluación final						

Duración estimada del programa: 2 semanas

5.6.1 Recursos necesarios

Para la implementación del programa de capacitación se requiere la disponibilidad de recursos humanos, materiales y tecnológicos que permitan el adecuado desarrollo de las actividades formativas.

Tabla 8. Recursos humanos

Recurso	Descripción
Instructor	Profesional con experiencia en diseño CAD y procesos de inyección de plástico
Gestor de capacitación	Responsable de coordinar el programa
Personal participante	Operadores, técnicos y diseñadores CAD

Tabla 9. Recursos materiales

Recurso	Descripción
Manuales de capacitación	Documentación sobre proceso de inyección, uso de software CAD
Guías de diseño	Información sobre diseño de moldes y procedimientos de inyección.
Material didáctico	Presentaciones y ejemplos

Tabla 10. Recursos tecnológicos

Recurso	Descripción
Computadoras	Equipos con capacidad para procesar software de diseño
Software CAD	Solidworks
Celulares	Fundamental para la visualización mediante realidad aumentada
Internet	Acceso a recursos y materiales digitales

Lo anterior descrito solo a nivel de propuesta, ya que este proyecto se basa en el diseño de un molde por inyección y su posterior visualización mediante realidad aumentada dirigida a empresas transformadoras de plásticos.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones

En conclusión se ha determinado que la elección de softwares tanto CAD y el utilizado para la creación de RA fueron acertados, por una parte SolidWorks con su vasto sistema permitió realizar todas las operaciones necesarias para el ensamblaje del molde por inyección de plástico, además permitió realizar la vista explosionada tal cual como se planteó, incluso se realizó una animación con buena definición y usando uno de los complementos de Solidworks llamado visialize, el cual permitió exportar el modelo 3D en formato FBX (ideal para Unity. Por su parte, Unity permitió importar de manera correcta tanto la animación de la vista explosionada, como el modelo 3D (al cual se le suprimieron sus piezas internas para evitar colocar archivos muy pesados), en relación también fue importante el sistema de creación de materiales de Unity donde se le pudo colocar una apariencia metálica, que para el caso de los núcleos y cavidades se usó una apariencia de aluminio.

Por otra parte, es importante mencionar que el molde por inyección se realizó como si se tratara de un proceso que está en aprobación para convertirse en producción en masa, es decir, no se ignoraron los componentes necesarios para su funcionamiento. Considerando que en un inicio se planteó que una visualización del molde mediante realidad aumentada podría ser una buena propuesta para el proceso de inducción o capacitación en las empresas transformadoras de plástico, se ha concluido que efectivamente es una gran herramienta en la capacitación, ya que las personas al tener un primer acercamiento con esta parte del proceso de inyección pueden observar y entender piezas que no son visibles en un molde físico, lo que aumenta su comprensión del proceso, asimismo, la creación de la aplicación fue una alternativa viable, ya que deja la posibilidad de adaptar nuevas funciones como animaciones a nivel 3D, audios explicativos, botones con funciones determinadas para la colocación del molde en diversos

planos, aumentar tamaño, o bien generar textos explicativos de la pieza, sin embargo esto no fue el objetivo principal de este proyecto.

Impacto Económico: El impacto económico de este proyecto puede incluir varios ramos, pero solo se mencionaran los principales, uno de ellos tiene que ver con el diseño del molde en sí, ya que el diseño de moldes sencillos puede variar entre los 15,000 a 35,000; para moldes de complejidad media el rango está en 40,000 a 80,000 MXN y moldes complejos o de alta productividad podrían superar los 120,000, ya que requieren simulaciones de flujo, esto hace referencia otro punto a tratar, el cual es que si se tiene un modelo eficiente puede haber múltiples beneficios económicos, ya que si se diseñan de manera eficiente los sistemas de inyección, expulsión y enfriamiento, se puede conseguir un tiempo ciclo menor y una reducción en el scrap, lo que se relaciona directamente con la alta productividad y un índice bajo de desperdicio, lo que posteriormente es utilidad para una empresa.

Por su parte, la realidad aumentada en conjunto con la vista explosionada, es viable como propuesta de capacitación de nuevos colaboradores que incursionen en el sector transformador de plásticos o incluso como herramienta de capacitación de diseñadores que incursionen en desarrollo de moldes por inyección. Considerando que en México las capacitaciones convencionales para operadores de máquinas de inyección rondan los 6,960 a 7,500 MXN por persona, la realidad aumentada puede aumentar considerablemente este monto, por el simple hecho de hacer la capacitación más efectiva y ágil.

Impacto académico: La implementación de conocimiento es uno de los principales impactos ya que durante la carrera se tomaron asignaturas referente al diseño mecánico, como los es dibujo industrial y simulación, en donde se comenzó con el diseño de croquis y figuras 2D

y posteriormente se pasó a piezas 3D básicas, esto además conllevó el desarrollo de conocimiento, a través de la investigación y lectura de Tesis y artículos relacionados con el tema de este proyecto lo que se complementó con un periodo de experiencia en el sector transformador de plásticos.

Además este proyecto puede contribuir en la generación de nuevos proyectos, ya que se dejó un amplio panorama de desarrollo, ya que referente al diseño se puede ir mejorando a través del tiempo con nuevos y mejores sistemas de enfriamiento y expulsión; por la parte de la realidad aumentada, al ser visualizada mediante una aplicación, la cual puede ser modificada a través de Unity, permitiendo colocar nuevas funciones, como texto explicativo de cada pieza, movimiento a través de diferentes planos, o bien incluso la interacción con el modelo 3D, como parte de una simulación y por último se podría llevar directo a un plan de capacitación y medir la eficiencia con métodos cuantitativos.

Impacto social: El presente proyecto contribuye socialmente al facilitar el acceso a herramientas de aprendizaje avanzadas mediante el uso de realidad aumentada desarrollada en Unity, permitiendo la comprensión de sistemas de moldes de inyección sin requerir infraestructura industrial costosa. Asimismo, favorece la formación de capital humano más capacitado, apoya a pequeñas y medianas empresas en la reducción de errores de diseño y promueve prácticas de manufactura más sostenibles al disminuir el desperdicio de materiales, además de incentivar la innovación tecnológica a nivel local, ya que la realidad aumentada es parte de una digitalización industrial.

Asimismo, podría tener un impacto social educativo, como lo es el llevar este planteamiento de diversos procesos y promover la enseñanza en la formación académica, ya que la adquisición de infraestructura para la formación de ingenieros es costosa, y si se implementan

capacitaciones con realidad aumentada y diseños CAD a través de simulaciones, se podría lograr tener formación integral y competitiva de los ingenieros en formación.

Impacto industrial: Diseño del molde para la aprobación de un nuevo proceso, ya que un buen diseño de los sistemas de inyección, enfriamiento y expulsión contribuye a la optimización del proceso, ya que tendrá una mejor distribución térmica, expulsión uniforme, enfriamiento uniforme lo que genera menos ajustes a la maquinaria y por lo tanto menos dependencia del operador, además de reducir el nivel de defectos, mucho menor número de piezas con rebaba, por lo que al final se tiene una mejor calidad del producto, ahorro de dinero por parte de la empresa y un cliente satisfecho.

Además tiene un efecto positivo en las prácticas de capacitación e inducción de nuevos colaboradores, ya que ellos podrán entender de una manera más didáctica el funcionamiento del molde por inyección, y a su vez podrán visualizar componentes internos que en un molde físico no son visibles a menos que se desarme el molde, lo que puede conllevar errores humanos costosos, en términos generales se puede mencionar que el impacto industrial se traduce en eficiencia operativa para la empresas del sector transformador de plásticos.

REFERENCIAS

- Álvarez Marín, A., Castillo-Vergara, M., Pizarro-Guerrero, J., & Espinoza-Vera, E. Realidad aumentada como apoyo a la formación de ingenieros industriales. *Formación universitaria*, 10(2), 31-42, 2017.
- Arredondo, J. F., Jurado Páramo, J., & Aguilera Gómez, E. (2019). *Análisis de un proceso de inyección de plástico por interacción fluido-estructural y cambio de estado*. Salamanca, Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- Beltran, M. Tecnología de polímeros. *Extrusión*. [En línea] URL:<http://iq.ua.es/TPO/Tema4.pdf>.
- Benites, M. y Bocanegra, T. (2021). *Realidad Aumentada para el Sector Retail* [Trabajo de investigación para obtener el grado académico de Maestro en Administración y Dirección de Negocios, Universidad de Lima]. Repositorio de la Universidad de Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/14797>
- Blender. Animación básica de objetos. [En línea] URL: https://wiki.Blender.org/index.PHP/Doc:ES/2.4/Books/Essential_Blender/03.3.Object_Animation_Basics
- Brito, B. M., & Muñoz Macías, G. E. (Febrero 2024). *Realidad Aumentada Aplicada en la Supervisión, Mantenimiento de Equipos y Procesos Industriales*. Sangolquí, Ecuador: Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez.
- Cárdenas, M. (2021). *Sistema de Realidad Aumentada para la Capacitación en un Torno Industrial por medio de la Detección de Marcadores Basados en Descriptores Clásicos* [Tesis de posgrado, Postgrado Interinstitucional Ciencia y Tecnología]. Repositorio Institucional CIO. <http://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1002/1223>
- Chiavenato, I. (2020). *Administración de recursos humanos*. California: McGraw-Hill.
- Dessler, G. (2020). *Human resource management*. Pearson.
- Galeote, E. (2021). *Realidad Aumentada vs Realidad Virtual: Herramientas Emergentes de Comunicación Arquitectónica* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Biblioteca ETS Arquitectura. <https://oa.upm.es/66273/>

- Gómez, I. E. (2014). *Los modelos tecno-educativos revolucionan el aprendizaje del siglo XXI*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
- Gil, G. C., & Guarnizo Manrique, J. L. (Enero 2024). *Uso de la Realidad Aumentada para el prototipado de productos*. Bogotá, Colombia: Ean Universidad.
- Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Pearson.
- Gutierrez, m. D., Leidy Tatiana Uintaco Sierra, I. T., & Otalora Mancilla, W. C. (2016). *Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada como herramienta de capacitación, diseño y planeación en una línea de extrusión de tubería pvc, con base en la librería artoolkit*. Bogotá, Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Husted, S., Sánchez, K. y Pimentel, J. (2021). *Realidad Aumenta: Diseño y Desarrollo de una Herramienta Didáctica para la Industria*. McGraw-Hill.
<http://cathi.uacj.mx/20.500.11961/19676>
- Martín, M. J. (2015). *Aplicaciones de la realidad aumentada en el ámbito de la enseñanza superior. Diseño de un proyecto piloto*. Murcia, España: Universidad de Murcia.
- Merino, S. D., & Sandoval Ramos, J. V. (2024). *Cálculo de parámetros básicos en el proceso de inyección de plásticos*. Puebla de Zaragoza: Universidad Tecnológica de Puebla .
- Microsoft. Introducción a Visual Studio. [En línea] [En línea] URL:
[https://msdn.microsoft.com/es-co/library/aa291755\(v=vs.71\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-co/library/aa291755(v=vs.71).aspx).
- Miranda Carrasco, L. V., & Zacasari Azanza, A. M. (2023). *Diseño de una máquina termoformadora para la elaboración de piezas plásticas*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

- Núñez, J. (2021). *Realidad Aumentada en Logística: Impacto en la Productividad de Almacenes de Empresas Industriales de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. Repositorio Institucional USIL. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/11964>
- Pérez, E. O., & Gómez Valencia, E. A. (marzo de 2022). *Aplicación móvil con realidad aumentada para mejorar el proceso de capacitación en el área de producción de la empresa Oppfilm S.A.* Lima, Perú: Universidad Autónoma del Perú.
- Rangel, A. F., & Bello Rosas, B. S. (2025). *Propuesta de Diseño de molde de inyección de plástico basado en herramientas CAD/CAE/CAM para la fabricación de tapas laterales de luminarias lineales Nova Mini.* Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José De Caldas.
- Robertson, G. L. (2016). *Food packaging: Principles and practice.* CRC Press.
- Rodríguez, J. A., Hernández Guzmán , C. I., & Hernández Soriano , M. A. (2021). *Desarrollo de una app de Realidad Aumentada como herramienta para la formación en Ingeniería.* Coacalco, EDOMEX: Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco .
- Romero, W. E., & Cabrera Palomeque, A. (2022). *Desarrollo de una aplicación móvil de Realidad Aumentada como material de apoyo en la enseñanza del cálculo.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia .
- Rueda, M. M., & Fernández Cerero, J. (2022). *Realidad aumentada en la educación superior: posibilidades y desafíos.* Sevilla, España: Departamento de Didáctica y Organización Educativa de la Universidad de Sevilla.
- Salinas, M. R. (2025). *Diseño y fabricación de un molde para termoformado. Comparativa entre molde mecanizado en aluminio y molde termoplástico impreso en 3D.* Madrid, España: Comillas Universidad Pontifica .
- Sandra Reyes, BMW con realidad aumentada [online]. Emiliusvgs, 4 mayo 2014 [citado: 17 agosto 2014] [En línea] URL:<http://emiliusvgs.com/2014/05/04/bmw-presenta-prototipo-auto-realidad-aumentada/>.

- Ulrich, C., Cabrero, P., y González, D. (2019). *Realidad Aumentada Sin Marcadores Posibilidades, Librerías y Prueba de Concepto* [Tesis de Pregrado, Universidad Complutense de Madrid]. Repositorio Institucional de la UCM.
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/64815/>
- Vallejo Pilataxi, M. A. (2024). *Revisión sistemática de la optimización de procesos industriales mediante la aplicación de realidad aumentada*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi: (UTC).

ANEXOS

Anexo A

Tabla A.1 Estructura del análisis de puesto de trabajo

Elemento	Descripción
Nombre del puesto	
Área	
Departamento	
Reporta a	
Puestos a su cargo	
Objetivo del puesto	
Funciones principales	
No.	Función
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
Responsabilidades	
Tipo	Descripción
Calidad	.
Producción	
Documentación	
Seguridad	

Competencias requeridas	
Competencia	Nivel requerido
Habilidades	
Habilidad	Descripción
Requisitos del puesto	
Elemento	Requisito
Herramientas de trabajo	

Detección de necesidades de capacitación	

Tabla A.2 Estructura matriz de diagnóstico de necesidades de capacitación

Competencia	Nivel requerido	Nivel actual	Brecha	Necesidad de capacitación

Anexo B

Tabla B.1 Estructura del curso

No.	Curso	Objetivo	Duración	Modalidad
1				

2				
3				
4				
5				

Tabla B.2 Esqueleto para cronograma de actividades

Actividad	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
1				
2				
3				
4				
5				

Tabla B.3 Estructura de los recursos necesarios

Recursos humanos	
Recurso	Descripción
1	
2	
3	
Recursos materiales	
1	
2	
3	

Recursos Tecnológicos	
1	
2	
3	

Anexo C

Figura C.1. *Animación de la vista explosionada del molde*