



Sistemas CAD-CAM en el desarrollo de proyectos de moldeo para envases plásticos

CAD-CAM systems in the development of molding projects for plastic containers

Sistemas CAD-CAM no desenvolvimento de projetos de moldagem para embalagens plásticas

Santiago Isaac Solís-Santamaría ^I
sisolis@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5329-8339>

Tannia Magally Solís-Santamaría ^{II}
tannita.90@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5607-0161>

Diego Fernando Reyes-Pérez ^{III}
Diego1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9941-0370>

Stefanía Matilde Amaya-Sandoval ^{IV}
smamaya@espe.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0845-2151>

Correspondencia: sisolis@espe.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de abril de 2022 * **Aceptado:** 12 de mayo de 2022 * **Publicado:** 10 de junio de 2022

- I. Magíster en Manufactura y Diseño Asistidos por Computador, Ingeniero Electromecánico, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador.
- II. Magíster en Mecánica Mención Manufactura, Ingeniero Civil, GAD Municipalidad de Ambato, Ecuador.
- III. Magíster en Mecánica mención Manufactura, Ingeniero Mecánico, SEMADIJE CÍA. LTDA, Ecuador.
- IV. Ingeniera Automotriz, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo analizar los sistemas CAD-CAM en el desarrollo de proyecto de moldeo para envases plásticos. Para el desarrollo de este artículo se involucra una metodología con diseño bibliográfico y de tipo documental. Los resultados se basaron en analizar las características del moldeo de plástico; describir los elementos de los sistemas CAD-CAM, y; establecer el vínculo de los sistemas CAD-CAM con el desarrollo de los moldeos de plásticos. Como conclusión, se tiene que los plásticos juegan un papel importante en el desarrollo de muchos procesos industriales, entrando en los sectores sociales, económicos y culturales de la sociedad; estos materiales brindan propiedades a sus piezas que no pueden lograrse a través de aquellas que son metálicas, cerámicas o madera; su proceso de conformado es por medio del moldeo, sea por extrusión, soplado o por inyección; el moldeo por inyección es uno de los más utilizados por la gama de productos que salen del mismo y que tienden a ser utilizados por todos los sectores; la vinculación de los sistemas CAD-CAM al proceso de moldeo de plástico permite obtener productos con una alta calidad, debido a que se enfoca en la fabricación de los moldes sometiendo a controles en los procesos de diseño y manufactura de la pieza.

Palabras Clave: plástico; moldeo por inyección; sistema CAD-CAM; calidad.

Abstract

This research aims to analyze CAD-CAM systems in the development of molding projects for plastic containers. For the development of this article, a methodology with bibliographic and documentary design is involved. The results were based on analyzing the characteristics of plastic molding; describe the elements of CAD-CAM systems, and; establish the link between CAD-CAM systems and the development of plastic molding. In conclusion, plastics play an important role in the development of many industrial processes, entering the social, economic and cultural sectors of society; These materials provide properties to their pieces that cannot be achieved through those that are metallic, ceramic or wood; its shaping process is through molding, either by extrusion, blowing or injection; injection molding is one of the most used for the range of products that come out of it and that tend to be used by all sectors; The linking of CAD-CAM systems to the plastic molding process allows obtaining high-quality products, since it focuses on the manufacture of the molds, subjecting the design and manufacturing processes of the part to controls.

Keywords: plastic; injection molding; CAD-CAM system; quality.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo analisar sistemas CAD-CAM no desenvolvimento de projetos de moldagem para embalagens plásticas. Para o desenvolvimento deste artigo, está envolvida uma metodologia com desenho bibliográfico e documental. Os resultados foram baseados na análise das características da moldagem plástica; descrever os elementos dos sistemas CAD-CAM e; estabelecer a ligação entre os sistemas CAD-CAM e o desenvolvimento da moldagem de plástico. Em conclusão, os plásticos desempenham um papel importante no desenvolvimento de muitos processos industriais, entrando nos setores social, econômico e cultural da sociedade; Esses materiais conferem às suas peças propriedades que não podem ser alcançadas por meio dos metálicos, cerâmicos ou de madeira; seu processo de conformação é por moldagem, seja por extrusão, sopro ou injeção; a moldagem por injeção é uma das mais utilizadas pela gama de produtos que dela saem e que tendem a ser utilizados por todos os setores; A ligação dos sistemas CAD-CAM ao processo de moldagem do plástico permite obter produtos de elevada qualidade, uma vez que se centra no fabrico dos moldes, submetendo os processos de conceção e fabrico da peça a controlos.

Palavras-chave: plástico; moldagem por injeção; sistema CAD-CAM; qualidade.

Introducción

Dentro de muchos procesos industriales se encuentra la planificación, donde se consideran las variables de los distintos fenómenos con el fin de disminuir la tasa de errores que puede afectar la productividad del sistema. Una de las herramientas de la planificación es la utilización de diseños mecánicos y de manufactura que permitan poder modelar algún sistema con el objeto de hacer los procesos más eficientes, eficaces y de calidad. Dentro de estos diseños se encuentran los paquetes de diseño CAD-CAM.

Este sistema está conformado por dos softwares de diseño, uno es el CAD y el otro es el CAM. Según Erazo-Arteaga (2022) los sistemas CAD permiten realizar el diseño de productos y componentes a través de gráficos interactivos. En otras palabras, el paquete CAD realiza el diseño en digital de lo que anteriormente se hacía a través de dibujos técnicos a mano por los especialistas,

pero con la salvedad que existe la funcionabilidad de la simulación para poder detallar la eficiencia del diseño cuando está sometido a los parámetros del proceso.

Lo anterior lo define Mercado-Bautista (2020), citado por Cruz et al. (2021), donde el CAD (Computer Aid Design en inglés; Diseño Asistido por Computadora, en español), permite ser utilizado desde un computador para lograr crear, modificar, y documentar de forma gráfica (2D y 3D) de objetos reales. Del mismo modo, el CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y la documentación del mismo, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado (Reyes-Quiñones, 2019).

Para poder hacer que estos procesos diseñados en el CAD sean realizados a través de equipos, se plantea que otro sistema que toma los planos y los ejecuta en las diversas maquinas por medio del software CAM. Este implica la utilización de distintos programas que interactúan con diferentes máquinas para la construcción de piezas, elementos mecánicos y figuras complejas (Erazo-Arteaga, 2022). De la misma manera, Pacheco y Espinosa (2016) y Mercado-Bautista (2020), citados por Cruz et al. (2021), el CAM (Computer-Aided Manufacturing, en inglés; Fabricación Asistida por Computadora, en español), se refiere al uso de computadoras con tecnología de cómputo que, si bien pueden trabajar de forma individual, a nivel industrial se relacionan directamente para poder fabricar productos.

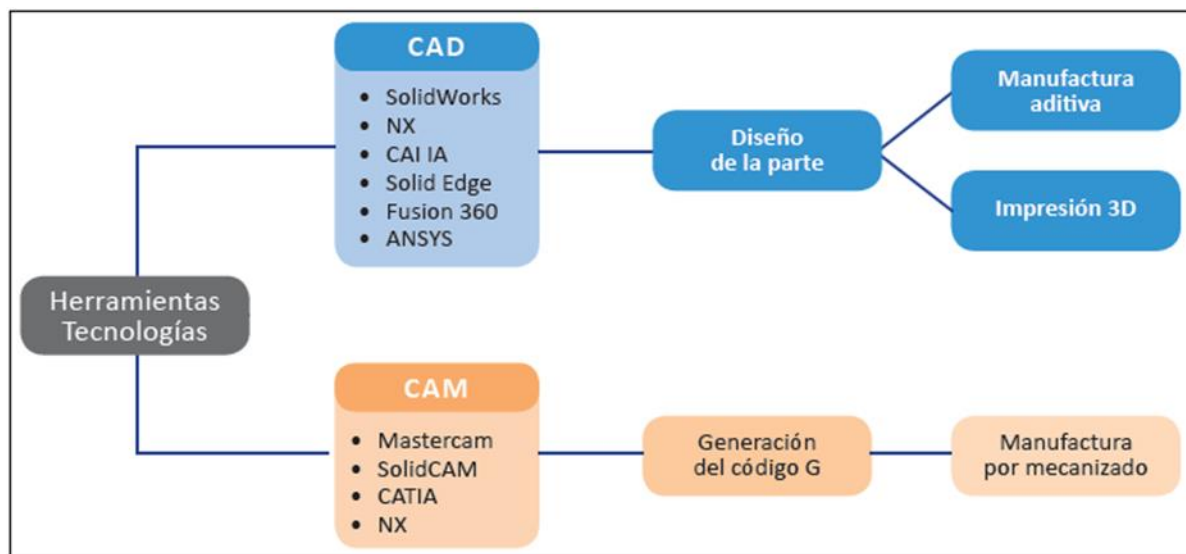
Para el desarrollo del CAM se desea que los procesos industriales de manufactura sean automatizados, implicando un sistema de control con sensores y actuadores que permiten el desarrollo de la pieza que fue diseñada en CAD. Asimismo, el CAM consiste en el uso de aplicaciones de software de control numérico (NC) con el objetivo de crear instrucciones detalladas (código G) que impulsen las máquinas-herramienta de control numérico por ordenador (CNC) para las piezas de fabricación (Reyes-Quiñones, 2019).

En este sentido, las herramientas CAD-CAM son de mucha importancia en el diseño y fabricación de piezas y equipos. Esto lo descubrió Company (1990), citado por Sánchez y Lira, (2020), donde el diseño y la manufactura asistida por computadora (CAD-CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño, y fabricación de cualquier tipo de producto. Igualmente, el diseño asistido por computadora y las organizaciones proveedoras de CAM, han tenido experiencia práctica en varias

partes de la industria, hay organizaciones enormes que tienen elementos para satisfacer las necesidades de una gran cantidad de sectores comerciales (Cordova, 2021).

Poder comprender como los sistemas CAD-CAM se unen para poder desarrollar las piezas y equipos a nivel industrial es necesario detallar cada una de las herramientas tecnológicas que comprenden estos sistemas de diseño y manufactura, tal como se observa en la Figura 1. La aplicación del sistema CAD-CAM se enfoca sobre todo en el desarrollo de los procesos de conformado de metales, especialmente aquellos que se producen por arranque de viruta como el torneado, fresado o rectificado.

Figura 1. Herramientas tecnológicas para el diseño y manufactura asistida por computadora (CAD-CAM).



Fuente: (Sánchez y Lira, 2020)

Sin embargo, es utilizado también para el proceso de moldeo de plástico, específicamente en la fabricación de los moldes que van a soportar el plástico cuando sea inyectado o soplado, haciendo que se obtenga la figura proveniente de su negativo impreso en dicho molde. En este sentido, Kalpakjian (2002) manifiesta que el moldeo de plástico por inyección es un proceso de fundición a presión con cámara caliente, donde se transfiere un mayor calor al polímero debido al calentamiento por fricción cuando pasa por la matriz o dado bipartido, mediante un émbolo hidráulico o con el sistema de tornillo de un extrusor. De la misma forma, Groover (1997) señala que el moldeo de plástico por soplado se usa para hacer parte huecas sin costura a partir de

polímeros termoplásticos a través de la inyección de aire, el cual se utiliza para producción en masa de productos desechables pequeños.

Estos sistemas de manufactura son muy utilizados a nivel industrial porque los materiales y piezas fabricados de polímeros han tenido un gran auge en los últimos años por su peso, resistencia y durabilidad, además que los costos de fabricación son mucho más bajos que los procesos de conformado de metales. Por lo cual, la presente investigación tiene como objetivo analizar los sistemas CAD-CAM en el desarrollo de proyecto de moldeo para envases plásticos. Para el desarrollo de este artículo se involucra una metodología con diseño bibliográfico y de tipo documental.

Metodología

La metodología se basa en un diseño bibliográfico, el cual busca analizar las bases investigativas de otros autores, por medio de la revisión bibliográfica, con el fin de construir una investigación propia. Según Lawrence et al. (2012) y Race (2008), citado por Hernández et al. (2010), la revisión de la literatura es analizar y discernir si la teoría y la investigación anterior sugieren una respuesta (aunque sea parcial) a la pregunta o las preguntas de investigación, o bien si provee una dirección a seguir dentro del planteamiento de nuestro estudio.

Del mismo modo, la investigación de tipo documental se basa en el apoyo de diversos documentos científicos como artículos, trabajos de grado, informes técnicos, libros, entre otros. Según Palella y Martins (2010) comentan que la investigación documental es un proceso de búsqueda que se realiza en fuentes, con el objeto de recoger información, organizarla, describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de sus resultados, respondiendo a determinadas interrogantes o proporcionando información sobre cualquier hecho de la realidad.

Asimismo, los objetivos de la investigación son los siguientes: analizar las características del moldeo de plástico; describir los elementos de los sistemas CAD-CAM, y; establecer el vínculo de los sistemas CAD-CAM con el desarrollo de los moldeos de plásticos.

Resultados y discusión

Características del moldeo de plástico

La evolución de los procesos industriales, a partir de la revolución industrial, a traído una serie de materiales, equipos, tecnologías y procedimientos innovadores que han permitido un crecimiento de la eficiencia y de la productividad. Dentro de este campo de crecimiento se encuentra la producción de productos plásticos. Los plásticos artificiales han surgido gracias a la explotación del petróleo a comienzos del siglo XX, conformándolos como uno de los materiales más utilizados a nivel mundial.

Según Fernández-Villa y San Andrés-Moya (2016) los primeros polímeros artificiales se obtuvieron de forma totalmente fortuita y los químicos de la época realmente no conocían el tipo de producto obtenido, ni las modificaciones estructurales provocadas en la composición del material de partida. Las investigaciones posteriores determinaron las propiedades de los mismos y las posibilidades de utilizarlas en múltiples áreas. Es en este sentido que los polímeros entran en juego para la mejor comodidad y vida de las sociedades.

A pesar de que los materiales plásticos no han podido igualar las bondades de los materiales metálicos, han sido desarrollos productos que se acercan levemente a esas características o que demuestran otras características que los destacan entre los demás. Estas propiedades son: Bajo peso e inercia; Se elimina o reduce el consumo de lubricantes; Se reduce el nivel de ruido, son fáciles de maquinar o moldear; Compatibilidad con medios hostiles a las piezas metálicas; Posibilidad del uso del código de colores, y; Son más económicos (Marín, 2014).

Para poder cumplir con cada una de estas exigencias es necesario poder definir los tipos de polímeros que se pueden encontrar, los cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los polímeros

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<i>Termoplásticos</i>	Se Componen de largas cadenas producidas al unir moléculas pequeñas o monómeros y típicamente se comportan de una manera plástica y dúctil. Al ser calentados a temperaturas elevadas, estos polímeros se ablandan y se conforman por flujo viscoso. Los polímeros termoplásticos se pueden reciclar con facilidad.
<i>Termoestables</i>	Están compuestos por largas cadenas de moléculas con fuertes enlaces cruzados entre las cadenas para formar estructuras de redes tridimensionales. Estos polímeros generalmente son más resistentes, aunque más frágiles, que los termoplásticos. Los termoestables no tienen una temperatura de fusión fija y es difícil procesarlos una vez ocurrida la formación de enlaces cruzados.

Elastómeros

Incluyendo el caucho, tiene una estructura intermedia, en la cual se permite que ocurra una ligera formación de enlaces cruzados entre las cadenas. Los elastómeros tienen la capacidad de deformarse elásticamente en grandes cantidades sin cambiar de formar permanente.

Fuente: (Askeland, 1998)

Esta clasificación permite demostrar la importancia del plástico en el desarrollo industrial y en la mejora de la calidad de vida de las personas. Cumplen con ciertas condiciones en las cuales los materiales metálicos, cerámicos o de madera no pueden satisfacer la demanda. Por tal razón, las investigaciones alrededor de este material buscan satisfacer mayores necesidades de uso, resistencia y facilidad en la transformación, promoviendo la innovación en las tradicionales técnicas de fabricación de los plásticos y en la creación de nuevos materiales (Juárez et al., 2012).

De igual forma, una ventaja de los plásticos es la estética que se puede lograr cuando se agregan colores a los productos, así como la fácil manera de elaborar a través de los procesos de conformado. Carrión (2004) señala que deben agregarse aditivos llamados plastificantes o platificadores para que sean fáciles de moldear y reforzadores para la resistencia y pigmentos para el color, antes de darles forma.

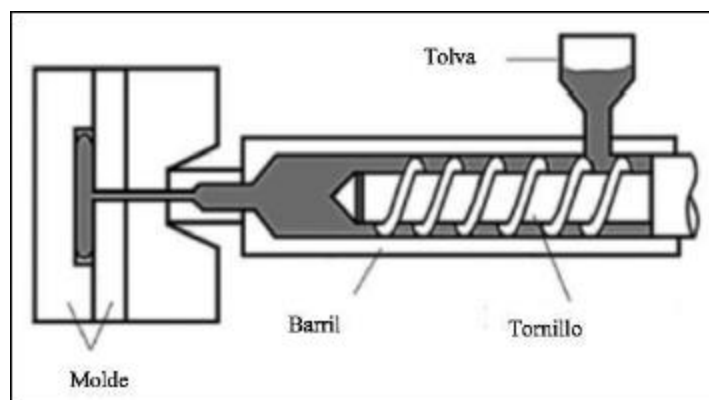
Ante esta situación, uno de los procesos más utilizados para la fabricación de envases plásticos es el de moldeo por inyección. González (2004) señala que es un proceso por el cual la materia prima, generalmente en forma de pelet, es calentada y condicionada al punto de fusión para la inyección, es entonces inyectada a alta presión, en un molde que se ha montado en la unidad de prensa. Asimismo, Pulido (2004), citado por Prada-Ospina y Acosta Prado (2017), manifiesta que las piezas con requerimientos específicos en el comportamiento mecánico, reducción de peso, resistencia al desgaste, aislamiento eléctrico, alta estabilidad dimensional y estabilidad química en presencia de medios agresivos, han encontrado en este proceso la mejor solución, desplazando a materiales tradicionales en aplicaciones industriales.

Este proceso de conformado de materiales plásticos produce diversas piezas de gran utilidad como tazas, recipientes, cajas, mangos de herramienta, perillas, componentes eléctricos y de comunicación, juguetes y conexiones de plomería (Kalpakjian, 2002). Groover (1997) también comenta que se puede producir formas intrincadas y complejas, la limitación es la capacidad de fabricar un molde cuya cavidad tenga la misma forma que la pieza; además el molde debe propiciar la remoción de la pieza.

De la misma forma, los plásticos más fabricados son los termoplásticos, pero se pueden fabricar piezas de elastómeros sólo con la modificación de los parámetros y algunos ajustes al equipo. Fernández (2014) indica que la fabricación de piezas termoplásticas tiene un volumen de producción a nivel mundial del 60%; igualmente, se pueden fabricar piezas de varios tamaños y pesos, desde piezas de unos cuantos miligramos, hasta piezas 100kg.

Como su desarrollo productivo es importante entonces los procesos que permiten su mejora son considerados fundamentales. Para tal fin, es necesario poder describir las partes del equipo de moldeo por inyección. Aguilar et al. (2020) señalan que las siguientes partes son las que tienen que realizar mantenimientos: unidad de inyección, tornillo, nariz y molde, como se puede observar en la Figura 2. Kalpakjian (2002) señala la funcionabilidad general del equipo:

Figura 2. Vista general de componentes fundamentales que componen el moldeo de inyección de plásticos



Fuente: (Zheng R. et al., 2011; citado por Aguilar et al. 2020)

“Al aumentar la presión en la entrada del molde, el tornillo rotatorio comienza moverse hacia atrás, bajo presión, hasta una distancia predeterminada; este movimiento controla al volumen de material por inyectar; a continuación, el tornillo cesa de girar y es empujado hidráulicamente hacia adelante, forzando al plástico fundido a la cavidad del molde. Las presiones de moldeo por inyección suelen ser de 70 a 200 Mpa”. (p. 485)

El procedimiento de moldeo de plástico por inyección puede ser automatizado, cumpliendo con ciertas pautas de control, de entrada, como sensores, y de salida, como los actuadores eléctricos y mecánicos, involucrados en el equipo. La amortización resulta bastante rápida, debido a que se reduce considerablemente el personal de la fábrica, con lo que esto se ve reflejado en un mayor ahorro y menor gasto que harán que estos productos tengan en el mercado precios bastante

asequibles (Fernández, 2014). Del mismo modo, disminuye los errores presentados a través de sus defectos, tal como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Defectos en el moldeo de plásticos por inyección

DEFECTOS	CARACTERÍSTICAS
<i>Llenado deficiente</i>	Igual que en fundición metálica, éste se produce en una pieza que ha solidificado antes de llenar completamente la cavidad. El defecto puede corregirse incrementando la temperatura o la presión. El efecto también puede originarse por el uso de maquinaria con capacidad de dosificación insuficiente, en cuyo caso se necesita una máquina más grande.
<i>Rebaba</i>	Esto ocurre cuando la fusión de polímero se mete en la superficie de separación entre las partes del molde; también puede ocurrir alrededor de los pernos de eyección. El defecto es causado generalmente por 1) ventillas y claros muy grandes en el molde, 2) presiones de inyección demasiado altas comparadas con la fuerza de sujeción, 3) temperatura de fusión demasiado alta o 4) tamaño excesivo de la dosis.
<i>Marcas hundidas y huecos</i>	Estos son defectos relacionados generalmente con secciones gruesas de la pieza. Una marca hundida ocurre cuando la superficie exterior del molde solidifica, pero la contracción del material interno causa que la costra se deprima por debajo de la superficie nominal. Un hueco se causa por el mismo fenómeno básico; sin embargo, el material de la superficie retiene su forma y la contracción se manifiesta como un hueco interno debido al alto esfuerzo a la tensión en el polímero aún fundido. Estos defectos pueden tener su origen en un incremento de la presión de compactación que sigue a la inyección. Una mejor solución es diseñar la parte para tener secciones con espesor uniforme y usando secciones delgadas.
<i>Líneas soldadas</i>	Las líneas soldadas ocurren cuando la fusión del polímero fluye alrededor de un corazón u otros detalles convexos en la cavidad del molde y se encuentran en la dirección opuesta; los límites así formados se llaman líneas soldadas y pueden tener propiedades mecánicas que son inferiores a las del resto de la parte. Las temperaturas altas de fusión, las presiones altas de inyección, las localizaciones alternas de las puertas en la pieza y una mejor ventilación son formas de evitar este defecto.

Fuente: (Groover, 1997)

Elementos de los sistemas CAD-CAM

El desarrollo de los productos a través de un sistema de diseño y manufactura asistida por computadora debe siempre pasar por una etapa de planificación, la cual permitirá describir el problema y así plantear sus posibles soluciones. Estas etapas son consideradas principalmente en el desarrollo del diseño (CAD), debido a que es lo que primero se realiza antes de poder desarrollar el conformado (CAM). En este sentido las etapas de esta planificación es la que se describe en la Tabla 3.

Tabla 3. Etapas de la planificación para el diseño y manufactura asistida por computadora

ETAPAS	CARACTERÍSTICAS
<i>La necesidad</i>	El proceso de diseño se inicia con una necesidad, quizás formulada por un cliente, o bien detectado mediante una investigación de mercado.
<i>Análisis del problema</i>	La primera etapa en la elaboración de un diseño es definir la verdadera naturaleza del problema, es decir, analizarlo. Se trata de una etapa muy importante, ya que no definir el problema de una manera precisa podría conducir a una pérdida de tiempo en diseños que no satisfacen la necesidad.
<i>Elaboración de una especificación</i>	Después del análisis, se procede a especificar lo que se requiere. En esta etapa hay que dejar claro en que consiste el problema, las restricciones que deberá satisfacer la solución y los criterios que se aplicarán para evaluar la calidad del diseño. Al formular el problema, deben especificarse las funciones que se desean obtener del diseño, así como sus características deseables. Por ejemplo, masa, dimensiones, tipos y variedad de movimientos requeridos, exactitud de entrada y de salida de elementos e interfaces, especificaciones de las fuentes de alimentación, entorno de operación, normas correspondientes, normas de ejecución, etc.
<i>Propuestas de posibles soluciones</i>	Con frecuencia esta etapa se denomina etapa conceptual. Se elaboran bosquejos de soluciones con el suficiente detalle para indicar como obtener cada una de las funciones requeridas, por ejemplo, dimensiones, formas, materiales y costos aproximados. También determina qué se ha inventado con anterioridad para problemas similares,
<i>Selección de una solución idónea</i>	Se evalúan las soluciones propuestas y se elige la más adecuada.
<i>Elaboración de un diseño detallado</i>	El diseño más adecuado se realiza con todos los detalles, lo cual podría requerir la creación de prototipos o modelos para simular los detalles óptimos del diseño.
<i>Elaboración de dibujos de trabajo</i>	El diseño elegido se traduce en dibujos, diagramas de circuito, etc, en los cuales se basará la realización del producto.

Fuente: (Bolton, 2005)

En este sentido, la etapa de diseño es la clave para el desarrollo de los productos o piezas determinadas, por lo que los elementos del sistema CAD deben ser identificados, los cuales son: Hardware: la computadora y el equipo periférico asociado; Software: el programa de computadora, el cual corre sobre el hardware; Datos: la estructura de datos creados y manipulados por el software, y; Las capacidades y el conocimiento del usuario (Cordova, 2021). Dentro de estos elementos, el más considerable es la capacidad y conocimientos del usuario, porque de allí pueden provenir los defectos futuros en las piezas conformadas.

Del mismo modo, el sistema CAM posee elementos que deben ser considerados en el proceso de planificación, control y evaluación de la fabricación de piezas. Estos son las aplicaciones de ordenador para definir un plan de fabricación para el diseño de herramientas, el diseño asistido por ordenador (CAD), la preparación de modelos, la programación NC, la programación de inspección de máquinas de medición por coordenadas (CMM), la simulación de máquina-herramienta o el posprocesamiento (Reyes-Quñones, 2019).

La vinculación de estos dos sistemas CAD-CAM permite desarrollar ventajas para la fabricación o conformado del material. Sánchez y Lira (2020) señalan las fortalezas de utilizar estos procesos de control:

“reducen el ciclo de desarrollo, mejoran la calidad y las propiedades deseadas, optimizan los diseños desde el punto de vista estructural, permiten realizar análisis con la utilización de métodos de elementos finitos (esfuerzos, deformaciones, dilataciones térmicas, transferencia de calor, simulación cinemática y dinámica de mecanismos, optimizar los moldes y procesos de fundición o inyección de metales, simulación de inyección de plástico, etc.)”. (p. 110)

Asimismo, los sistemas CAD-CAM permiten que los desarrollos de las piezas sean de mejor calidad, los tiempos de producción sean reducidos aumentando así la productividad. Igualmente se pueden desarrollar piezas de diversas formas y complejidades. Esto lo comenta Gómez et al. (2010) y Reinke et al (2019), citado por Erazo-Arteaga (2022), donde la construcción de piezas con superficies superpuestas o unas dentro de otras, así como superficies de forma libre requieren el control de tres o más ejes de movimiento simultáneamente, lo que en la práctica solo es posible con la utilización de máquinas CNC.

Ante la sinergia de estos dos sistemas se forma un proceso que lleva el desarrollo del diseño más el conformado de piezas a través de los diversos equipos, todo gracias aun lenguaje de programación que traduce las dimensiones del modelo y lo lleva al lenguaje CNC el cual procederá a la manufactura del producto. Para esto es necesario conocer los componentes que conforman el CAD-CAM, tal como se muestra en la Tabla 4

Tabla 4. Componentes del sistema CAD-CAM

COMPONENTE	DEFINICIÓN
<i>Modelado geométrico</i>	Esta componente determina el estudio de métodos de diseño en las que se representan varias entidades geométricas, y esto dependerá de las características técnicas del prototipo que se desea modelar.
<i>Técnicas de visualización</i>	Esta componente es muy esencial para poder obtener las imágenes del prototipo, depende de los parámetros establecidos para la modelación, estas técnicas van de la mano según el estudio que se realice al prototipo ya sea un análisis estático, dinámico, de fluido, magnético o eléctrico.
<i>Técnicas de interacción gráfica</i>	Es el soporte de la información geométrica que ingresa para el diseño, y depende de las técnicas de posicionamiento ya sea para realizar el procesos de modelación 2D o 3D.
<i>Diseño de la interfaz de usuario</i>	El operario debe poseer excelentes conocimientos del manejo de los sistemas CAD-CAM pues gracias a ellos existe mayor confianza en el proceso de modelación.
<i>Base de datos</i>	Permite almacenar toda la información de los prototipos que se diseñen.

<i>Métodos numéricos</i>	Consiste en la aplicación de cálculos matemáticos acompañado de razonamiento lógico que permiten realizar un análisis de los sistemas CAD-CAM
<i>Interfaz de comunicaciones</i>	Este es importante ya que de este depende que existan una buena interconexión entre cada máquina y dispositivo con los sistemas CAD-CAM.

Fuente: (Pacheco y Espinoza, 2016; citado por Cruz et al., 2021)

Cuando el programador realiza el diseño en el sistema CAD se pueden producir errores que solo se visualizarán con el resultado final. Sin embargo, con la conjunción del CAM al paquete se podrá optar por un sistema que indica los errores antes de proceder a manufacturar la pieza. Según Groover (1997) cuando el programador introduce la geometría de partes, el elemento se despliega gráficamente en el monitor; conforme el programador diseña la trayectoria de una herramienta, ve exactamente como desplazarán los comandos de movimientos a la herramienta, en relación con la parte. Esto permite disminuir considerablemente los errores en la pieza porque al suceder son corregidos de inmediato.

Vínculo de los sistemas CAD-CAM con el desarrollo de los moldes de plásticos

Cuando se desea fusionar los sistemas CAD-CAM con el proceso de moldeo de plástico se tiende a desarrollar son los moldes que contendrán el plástico cuando sea inyectado. Esto sucede debido a que la fabricación de los moldes requiere de procesos de fabricación a través de diversas técnicas como el torneado, fresado o rectificado que precisamente los pueden realizar los equipos CNC, permitiendo el vínculo con el sistema CAM. El diseño del molde parte del desarrollo del diseño a través del sistema CAD.

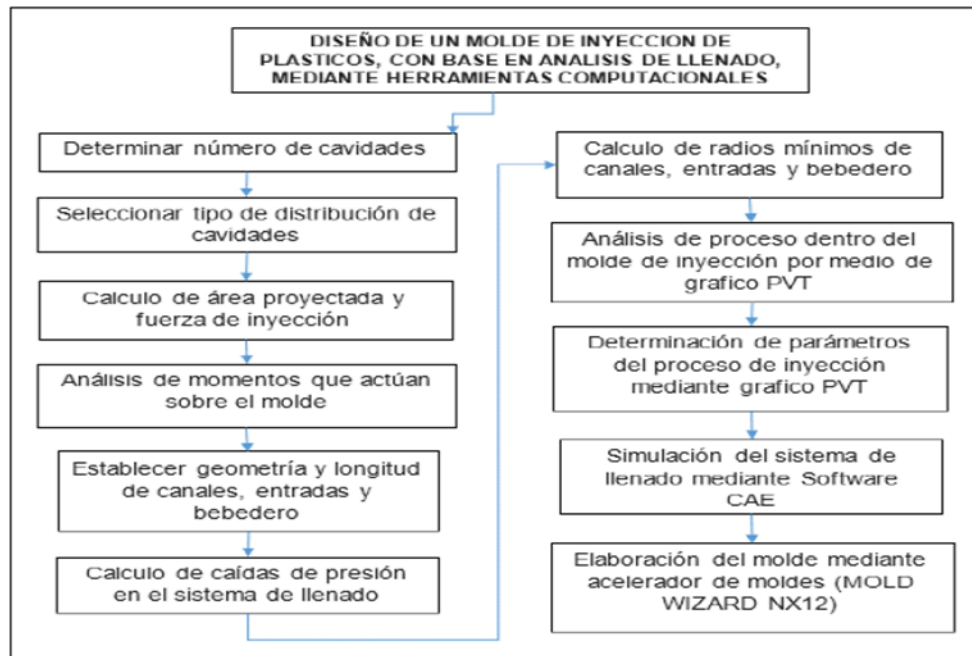
Del mismo modo, se utilizan diversas técnicas de fabricación de moldes de plástico como la inyección en 3D. esta técnica permite la impresión del modelo en 3D por medio del mismo plástico, lo cual servirá de prototipo para conocer la funcionalidad del molde en presencia de los parámetros del proceso de moldeo de plástico. En otras palabras, Suárez et al. (2015) manifiesta que uno de los fines de un prototipo o modelo es permitir el análisis de sus componentes y observar un comportamiento relativo de lo que se puede esperar y se debe mejorar en el proceso real que se está estudiando y de cada una de las piezas obtenidas.

Para el proceso de fabricación por moldeo de plástico se debe realizar una planificación, la cual se describe en la Figura 3. En la Figura se muestra los pasos que describen el sistema CAD que

involucra el análisis de resistencia y cálculos mecánicos, luego describe los pasos realizados a través del sistema CAE, que corresponde a la Ingeniería Asistida por Computadora; por último, se describe la aplicación o fabricación del molde a través del sistema CAM con el software específico MOLD WIZARD.

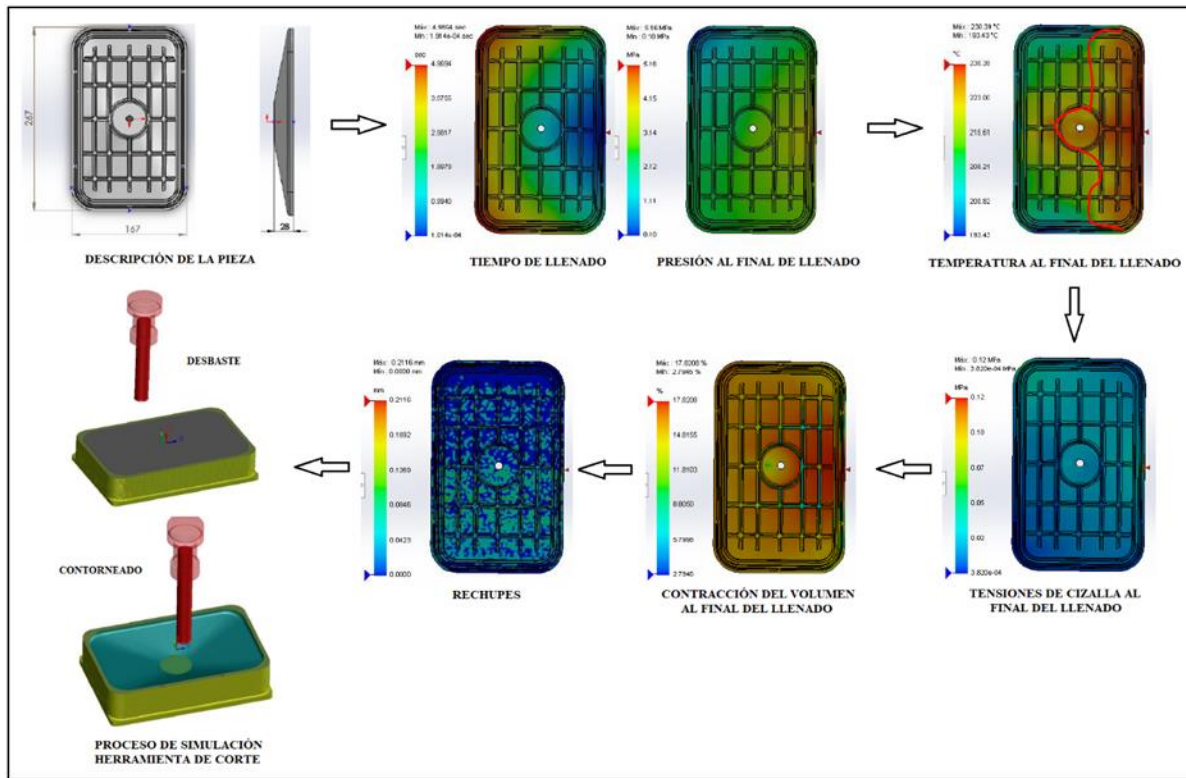
Del mismo modo, se puede detallar las etapas del flujograma a través de la Figura 4, donde se muestra la descripción de la pieza, tiempo y presión al final del llenado, temperatura al final del llenado, tensiones de cizalla al final del llenado, contracción del volumen al final del llenado, rechupes y el proceso de simulación de trabajo herramienta de corte del molde para la fabricación de retrovisor de vehículo.

Figura 3. Flujograma del proceso de diseño y fabricación de molde para el proceso de inyección de plásticos a través del sistema CAD-CAE-CAM.



Fuente: (Herrera y Zarate, 2018)

Figura 4. Etapas del proceso de diseño y fabricación de molde para retrovisor de vehículo por medio de la aplicación del sistema CAD-CAE-CAM



Fuente: Tomado de Bermúdez (2019). Elaborado por Autores (2022)

Referencias

1. Aguilar, J. I., Ibarra, J. E., & Angulo, M. (2020). Aplicación del internet industrial de las cosas (iiot) en líneas de manufactura por proceso de moldeo por inyección de plástico. *ReCIBE, Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 9(2), 1-22. Obtenido de <http://recibe.cucei.udg.mx/index.php/ReCIBE/article/view/160>
2. Askeland, D. (1998). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. México, D.F., México: International Thomson.
3. Bermúdez, J. M. (2019). *Pasos preliminares para un manual de diseño de moldes de inyección de plásticos con herramientas CAD/CAE/CAM*. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/11427>
4. Bolton, W. (2005). *Mecatrónica. Sistemas de control electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. Alfaomega, 2da Edición.

5. Carrión, J. (2004). Procesos de fabricación de productos plásticos. *Industrial Data*, 3(1).
Obtenido de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/6568>
6. Cordova, J. M. (2021). *Sistemas CAD, CAM*. Lima, Perú: Trabajo para optar al título de Licenciado en Educación, Especialidad Mecánica de Producción de la Universidad Nacional de Educación. Obtenido de <https://repositorio.une.edu.pe/handle/20.500.14039/6536>
7. Cruz, G. M., Mena, S., Solis, S. I., & Masaquiza, Á. G. (2021). Importancia de los sistemas CAD-CAM para el desarrollo de proyecto de conformado de materiales. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(11), 370-382. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219387>
8. Erazo-Arteaga, V. A. (2022). El diseño, la manufactura y análisis asistido por computadora (CAD/CAM/CAE) y otras técnicas de fabricación digital en el desarrollo de productos en América Latina. *Información tecnológica*, 33(2), 297-308. Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000200297&script=sci_arttext&tlng=en
9. Fernández, J. A. (2014). Diseño para el moldeo por inyección de plástico: aplicación en producto. Proyecto Fin de Carrera, I. T. Diseño Industrial. Obtenido de https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/50128/file_1.zip?sequence=1
10. Fernández-Villa, S., & San Andrés-Moya, M. (2016). El Plástico como Bien de Interés Cultural: Aproximación a la historia y composición de los plásticos de moldeo naturales y artificiales. *Ideas. Criterios y métodos*, Boletín 40/41. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/34919/>
11. Gonzalez, W. A. (2004). Adaptación de una maquina inyectora de plásticos. Guayaquil, Ecuador: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/39283>
12. Groover, M. P. (1997). *Fundamentos de Manufactura Moderna. Materiales, procesos y sistemas*. México, D. F.: Prentice -Hall Hispanoamericana S. A.
13. Herrera, J. A., & Zarate, C. J. (2018). Diseño de un molde de inyección de plásticos, con base en análisis de llenado, mediante herramientas computacionales CAD/CAM/CAE.

- Bogotá, Colombia: Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico de la Universidad Santo Tomas. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15562>
14. Juárez, D., Balart, R., Peydró, M. A., & Ferrandiz, S. (2012). Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos. *3c Tecnología*, 1(3), 1-14. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817584>
 15. Kalpakjian, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. México, D.F.: Editorial Pearson.
 16. Marín, A. M. (2014). Procedimiento para el diseño de moldes plásticos por inyección usando el software inventor. Trabajo de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/2769>
 17. Prada-Ospina, R., & Acosta Prado, J. C. (2017). El Moldeo En El Proceso De Inyección De Plásticos Para El Logro De Objetivos Empresariales. *Dimensión Empresarial*, 15(1), 226-234. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-85632017000100226
 18. Reyes-Quñones, J. P. (2019). Rediseño y estandarización de herramientas en CAD/CAM usando software CREO PTC. Chiapas, México: Informe técnico de residencia profesional del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2066>
 19. Sánchez, N., & Lira, I. A. (2020). La manufactura aditiva como potenciador de los sistemas productivos. *s sistemas productivos. INVENTUM*, 15(28), 104-112. Obtenido de <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Inventum/article/view/2336>
 20. Suárez, A. M., Tafur, W., & Calderón, P. R. (2015). Aplicación de herramientas CAD/CAM para el diseño y fabricación de prototipos de moldes de inyección de plásticos. *Tecnura*, 19(46), 115-121. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2015000400010