



## PERFIL DE TRABAJO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA

Quito – Ecuador 2023



## **PERFIL DE TRABAJO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**CARRERA: MECANICA INDUSTRIAL**

**TEMA: DISEÑO DE UNA MAZAROTA PARA ELIMINAR PUNTOS FRÍOS EN UN  
MOLDE DE FUNDICIÓN PERMANENTE, A TRAVÉS DE UN SOFTWARE DE DISEÑO  
ESPECIALIZADO.**

**Elaborado por:**

**ALLAN STIVE CHALCO CARDENAS  
EDTHAN BECKER MONTA MARIN**

**Tutor:**

**ING. LEONARDO BELTRÁN**

**Fecha: 21/Enero/2025**

## Índice de contenidos

<b>1. Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Objetivo General .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Justificación .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Marco Teórico .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 Criterios Técnicos para el Diseño de Mazarotas .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.1 Función y Principios Básicos de las Mazarotas .....</b>	<b>8</b>
<b>Ilustracion1 .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.2 Normas aplicadas .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1.3 Tipos de Mazarotas .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1.4 Relación Volumen-Superficie y Ley de Chvorinov .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1.5 Parámetros para el Diseño de Mazarotas .....</b>	<b>11</b>
<b>4.2 Puntos frios en el proceso de fundición .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.1 Definición y Conceptos Básicos sobre Puntos Frios .....</b>	<b>13</b>
<b>Ilustracion2 .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.2 Defectos Comunes Asociados a la Formación de Puntos Frios en Fundición .....</b>	<b>13</b>
<b>4.3 Fundición Permanente .....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.1 Concepto de Fundición .....</b>	<b>14</b>
<b>Ilustracion3 .....</b>	<b>15</b>
<b>4.3.2 Parámetros Fundamentales en la Fundición Permanente .....</b>	<b>15</b>
<b>4.4 Altair: Software Especializado para Diseño y Simulación en Fundición .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4.1 Ventajas y Aplicaciones de Altair .....</b>	<b>16</b>
<b>4.4.2 Definición y Aplicaciones Inspire Cast .....</b>	<b>17</b>
<b>Ilustracion4 .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Etapas de desarrollo del Proyecto .....</b>	<b>17</b>
<b>5.1 Inicio .....</b>	<b>17</b>
<b>5.2 Desarrollo .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3 Cierre .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Alcance .....</b>	<b>19</b>
<b>7. Cronograma .....</b>	<b>19</b>
<b>8. Talento humano .....</b>	<b>19</b>
<b>9. Recursos materiales .....</b>	<b>20</b>

10.	<b>Asignaturas de apoyo</b>	20
11.	<b>Bibliografía</b>	20
12.	<b>Anexos</b>	22
12.1	<b>Anexo 1</b>	22

### **Índice de Ilustraciones**

<b>Ilustracion1</b>	8
<b>Ilustracion2</b>	13
<b>Ilustracion3</b>	15
<b>Ilustracion4</b>	17

### **Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b>	19
<b>Tabla 2</b>	20

### **Índice de ecuaciones**

<b>Ecuación 1: Tiempo de Solidificación</b>	10
<b>Ecuación 2: Constante del Molde</b>	11
<b>Ecuación 3: Módulo de la pieza</b>	11
<b>Ecuación 4: Módulo de la mazarota</b>	12
<b>Ecuación 5: Radio de la mazarota</b>	12
<b>Ecuación 6: Número de mazarotas</b>	12
<b>Ecuación 7: Rendimiento de mazarota</b>	12

## Diseño de una mazarota para eliminar puntos fríos en un molde de fundición permanente, a través de un software de diseño especializado

### 1. Objetivos

#### 1.1 Objetivo General

Desarrollar un diseño óptimo de una mazarota para eliminar puntos fríos en fundición permanente, mediante un software de diseño especializado que permita simular y analizar el comportamiento térmico del molde en fundición, con el fin de mejorar la calidad del producto final, minimizando los defectos que provoca solidificación.

#### 1.2 Objetivos Específicos

- Utilizar el software Altair para realizar un diseño de una mazarota para eliminar puntos fríos.
- Investigar acerca de los puntos fríos en moldes de fundición permanente y las maneras de evitar los mismos.
- Realizar simulaciones del diseño de una mazarota esférica para analizar su desempeño y aplicarlo en una práctica de fundición.
- Analizar los parámetros de una fundición para aplicarlo en la práctica a realizar.

## 2. Antecedentes

Los puntos fríos son áreas donde la fundición se enfria de manera desigual durante la solidificación, lo que puede provocar defectos en los extremos, como poros, grietas y debilidades estructurales. Según Jones et al. (2015), estos fenómenos son el resultado de un comportamiento térmico no uniforme en el molde, que produce diferencias significativas en la velocidad de enfriamiento entre distintas áreas, afectando la calidad de la pieza. De acuerdo con Wang et al. (2017), el uso de Altair permite identificar de manera anticipada las zonas críticas donde es probable que se formen puntos fríos. Estas predicciones permiten implementar ajustes en el diseño del molde, el sistema de alimentación y otros parámetros antes de realizar la producción real, evitando así defectos. Con esto es posible realizar análisis precisos en la transferencia de calor, evaluar el comportamiento del metal fundido en el molde y mejorar considerablemente la calidad de las piezas fundidas reduciendo el desperdicio de material.

Los parámetros de fundición son esenciales para garantizar la calidad de las piezas producidas por lo que se analizan aspectos como:

- **Punto de fusión:** Temperatura a la que el metal se convierte en líquido.
- **Fluidez:** La capacidad del metal fundido para llenar las cavidades del molde, afectada por su viscosidad y temperatura.
- **Contracción:** Los metales se contraen al enfriarse; es necesario considerar esta propiedad para dimensionar el molde adecuadamente.
- **Composición del metal:** Es importante controlar la pureza y las aleaciones para evitar defectos, como grietas o porosidad.

### 3. Justificación

La correcta distribución térmica durante el proceso de fundición es un factor crítico para garantizar la calidad estructural y estética de las piezas metálicas. Según Hueca Delgado, E.D (2011) Los puntos fríos, como se mencionó anteriormente, son zonas del molde donde el metal fundido se solidifica prematuramente antes de completar el llenado del molde. Estos puntos no solo afectan la apariencia de la pieza, sino que también pueden comprometer su resistencia y funcionalidad, generando defectos como grietas, porosidades y líneas de separación que impactan negativamente en su desempeño final.

Utilizaremos el software Altair. La finalidad es emplear este software para analizar la distribución del calor en un molde permanente, con el objetivo de eliminar la formación de puntos fríos antes de la etapa de producción física. Este enfoque no solo permite prever problemas térmicos, sino también realizar ajustes precisos en el diseño del molde y en los parámetros operativos para garantizar una fundición uniforme.

La implementación de este enfoque permitirá desarrollar diseños más eficientes que minimicen los defectos térmicos, mejorando la calidad de la pieza final. Los beneficios esperados incluyen una reducción significativa de defectos superficiales y estructurales, así como una mejora en la eficiencia de la pieza. Según Carpio López, V. A. (2024) Al disminuir la generación de residuos y trabajos, se logrará un ahorro en materiales y tiempo, lo que se traduce en un proceso más sostenible y rentable. Además, este enfoque permitirá establecer un marco técnico para futuros procesos de fundición, abriendo la posibilidad de desarrollar piezas más complejas con altos estándares de calidad.

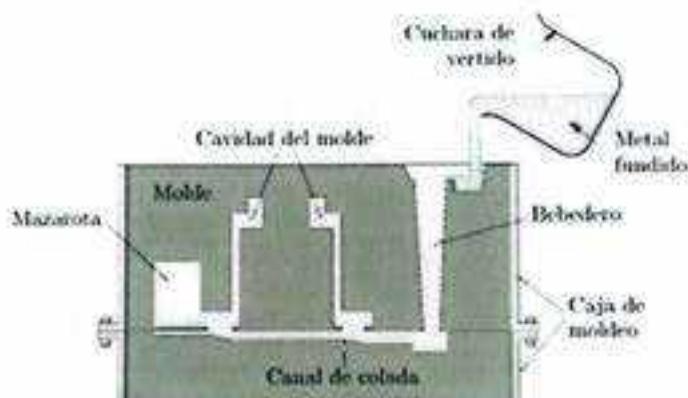
#### 4. Marco Teórico

##### 4.1 Criterios Técnicos para el Diseño de Mazarotas

###### 4.1.1 Función y Principios Básicos de las Mazarotas

Las mazarotas son componentes esenciales en el proceso de fundición. Su función principal es actuar como reservorios de metal líquido que compensan la contracción del material durante la solidificación, un fenómeno que ocurre debido a los cambios de densidad del metal al pasar de estado líquido a sólido. Esto previene defectos internos como rechupes, porosidad y cavidades, que podrían comprometer la resistencia y funcionalidad de la pieza. Según Carpio López, V. A (2024).

Ilustración 1



Fuente: Rodríguez López, J. (2011).

###### 4.1.2 Normas aplicadas

- **ASTM B108/B108M: Especificación estándar para aleaciones de aluminio en fundición de molde permanente**

La norma ASTM B108/B108M establece los requisitos para las piezas de fundición de aleaciones de aluminio producidas mediante el proceso de molde permanente. Este método utiliza moldes metálicos reutilizables en lugar de moldes de arena desechables,

ofreciendo mayor precisión dimensional y mejores propiedades mecánicas en las piezas fundidas. Según B07 Committee. (2019).

Esta norma puede aplicarse de las siguientes maneras:

- Optimización del diseño de mazarotas.
- Control de porosidad.
- Ensayos e inspección.
- Ajuste según aleaciones.
- **ISO 17804:2005: Hierros fundidos con grafito esferoidal y grafito vermicular**

Esta norma establece los requisitos para las propiedades mecánicas, químicas y metalográficas de los hierros fundidos con grafito esferoidal (hierro dúctil) y grafito vermicular (hierro compactado o CGI). Según S.N (2020)

En el contexto de diseño y uso de mazarotas, la ISO 17804:2005 es relevante de las siguientes maneras:

- Diseño para minimizar defectos de solidificación.
- Control de contracción y alimentación.
- Conservación de la microestructura deseada.
- Cumplimiento de propiedades mecánicas.
- Control de calidad.

#### 4.1.3 Tipos de Mazarotas

Los tipos de mazarota que existen pueden variar:

- **Mazarotas Abiertas:** Estas mazarotas están en contacto directo con el ambiente exterior, lo que facilita la inspección visual y el relleno. Su diseño permite la

liberación de gases durante la solidificación, reduciendo el riesgo de defectos por inclusiones gaseosas.

- **Mazarotas Cerradas:** A diferencia de las abiertas, estas mazarotas están completamente encerradas dentro del molde. Su diseño minimiza la oxidación del metal, mejorando la calidad del material fundido.
- **Mazarotas Ciegas:** Una variante de las mazarotas cerradas, están diseñadas para ubicaciones específicas dentro del molde donde no es posible implementar mazarotas abiertas.

#### 4.1.4 Relación Volumen-Superficie y Ley de Chvorinov

La Ley de Chvorinov establece que el tiempo de solidificación ( $t_s$ ) es proporcional a la constante del molde por el cuadrado de la relación entre el volumen ( $V$ ) y el área superficial ( $A$ ) de un objeto, expresada en la Ecuación 1. Según Rodríguez López. J. (2011).

##### Ecuación 1: Tiempo de Solidificación

$$t_s = B \left( \frac{V}{A} \right)^2 \quad (1)$$

Ts= Tiempo de solidificación.

C= Constante del molde.

V= Volumen de la pieza.

A= Área de la pieza.

Esta Ecuación 2 deriva de la Ecuación 1:

**Ecuación 2: Constante del Molde**

$$B = \left[ \frac{p_m L}{(T_m - T_o)} \right] \left[ \frac{\pi}{4kpc} \right] \left[ 1 + \left( \frac{C_m \Delta T_s}{L} \right) \right] \quad (2)$$

$T_m$ = Temperatura de fusión

$T_o$ = Temperatura inicial

$\Delta T_s$ = Sobrecalentamiento determinado por la diferencia entre la temperatura de vertido y la temperatura de fusión

$L$ = Calor latente de fusión

$k$ = La conductividad térmica del molde

$c$ = Calor específico del molde

$p_m$ = Densidad del metal

$p$ = Densidad del molde

$C_m$ = Calor específico del metal

**4.1.5 Parámetros para el Diseño de Mazarotas****4.1.5.1 Módulo de Solidificación**

Define la relación  $V/A$  de la mazarota expresada en la ecuación 1 y ecuación 1.1.

**4.1.5.2 Mazarota Esférica****Ecuación 3: Módulo de la pieza**

$$Mp = \frac{V}{A} \quad (3)$$

$V$ = Volumen de la pieza

$A$ = Área de la pieza

$Mp$ = Modulo de la pieza

**Ecuación 4: Módulo de la mazarota**

$$Mm = 1,2 \cdot Mp \cdot \sqrt{\frac{Ts}{100}} \quad (4)$$

Mm= Modulo de la pieza

Mp= Modulo de la pieza

Ts= Tiempo de solidificación

**Ecuación 5: Radio de la mazarota**

$$Mm = \frac{V}{A} \Rightarrow Mm = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{4\pi r^2} = \frac{r}{3} \quad (5)$$

Mm= Modulo de la pieza

V= Volumen de la mazarota

A= Área de la mazarota

r= Radio de la mazarota

**Ecuación 6: Número de mazarotas**

$$N^o \text{mazarotas} = \frac{V_p}{V_m} \quad (6)$$

Nº= Número de mazarotas

Vp= Volumen de la pieza

Vm= Volumen de la mazarota

**Ecuación 7: Rendimiento de mazarota**

$$Rm = \frac{V_{Pieza\ fundida}}{V_{Sist.\ Alim} + V_{Pieza\ Fundida}} \cdot 100 \quad (7)$$

Rm= Rendimiento de la mazarota.

V pieza fundida= Volumen de la pieza fundida.

V sist.alim= Volumen de sistema de alimentación.

## 4.2 Puntos fríos en el proceso de fundición

### 4.2.1 Definición y Conceptos Básicos sobre Puntos Fríos

Los puntos fríos son regiones específicas dentro de un molde donde el metal fundido se enfria y solidifica más rápidamente que en otras áreas. Esto ocurre generalmente en secciones delgadas o en partes alejadas del canal de alimentación. Los puntos fríos representan un desafío importante, ya que pueden generar discontinuidades y comprometer la calidad estructural de la pieza. Según Garrido Meneses, A. R, Sánchez Taco, V. H. (2011)

Ilustración 2

Puntos fríos en una pieza fundida



Fuente: Bennett, L. (2022). Defectos de fundición a presión: tipos, causas y cómo prevenirllos. <https://www.rapiddirect.com/es/blog/die-casting-defects/>

### 4.2.2 Defectos Comunes Asociados a la Formación de Puntos Fríos en Fundición

- **Cierre en Frio:** Ocurre cuando dos flujos de metal fundido se encuentran, pero no logran fusionarse completamente debido a una temperatura insuficiente.

- **Gránulos Frios:** Son partículas de metal parcialmente solidificadas que se incorporan al metal fundido.
- **Llenado Incompleto:** Se presenta cuando el metal se enfria antes de llenar completamente el molde.

#### 4.2.2.1 Prevención de Puntos Frios y sus Defectos

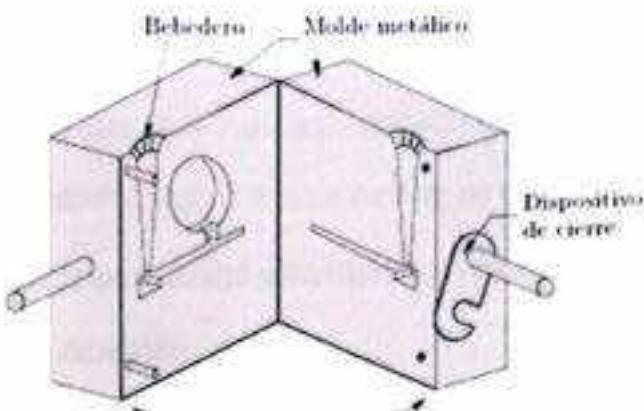
- **Control de Temperatura:** Mantener el metal fundido y el molde a temperaturas óptimas asegura un llenado uniforme y previene la formación de puntos fríos.
- **Diseño del Sistema de Alimentación:** Canales, mazarotas y bebederos deben diseñarse para garantizar un flujo continuo y evitar solidificaciones prematuras.
- **Velocidad de Vertido:** Un vertido controlado evita turbulencias y asegura que el metal llene completamente el molde sin interrupciones en el flujo.

### 4.3 Fundición Permanente

#### 4.3.1 Concepto de Fundición

Es un proceso metalúrgico que fabrica piezas vertiendo metal fundido en un molde, donde se enfria y solidifica para tomar la forma deseada. Este método permite obtener formas complejas de manera eficiente y en una sola etapa, a diferencia de otros procesos como el mecanizado. Su relevancia en la industria se debe a su versatilidad, bajo costo y capacidad para producir piezas funcionales y estructurales de manera efectiva, consolidándose como una técnica esencial en la ingeniería moderna. Según Rodrigo López. J (2011)

**Ilustración 3**  
*Molde de una fundición permanente*



Fuente: Rodrigo López. J (2011)

#### 4.3.2 Parámetros Fundamentales en la Fundición Permanente.

La fundición permanente utiliza moldes metálicos reutilizables, lo que la hace ideal para la producción en serie de piezas con alta precisión y excelente calidad superficial. Es un método eficiente y repetitivo, adecuado para metales y aleaciones de baja temperatura de fusión, asegurando la durabilidad del molde y permitiendo su uso en aplicaciones industriales que requieren uniformidad. Según Castro Lisintuña, C.D (2012)

Los parámetros más importantes que se recopilo en este proyecto son:

- **Punto de fusión:** Corresponde a la temperatura a la que el metal se convierte en líquido. Es crucial seleccionar un metal cuya temperatura de fusión sea compatible con el molde para evitar daños en este último y garantizar un llenado adecuado.
- **Fluidez:** Esta propiedad describe la capacidad del metal fundido para llenar las cavidades del molde, lo cual está influenciado por su viscosidad, composición y temperatura.

- **Contracción:** Durante el enfriamiento, los metales experimentan una reducción de volumen.
- **Composición del metal:** Controlar la pureza y las aleaciones utilizadas es esencial para prevenir defectos como porosidad, inclusiones o grietas, que pueden comprometer la integridad estructural de las piezas fabricadas.

#### 4.4 Altair: Software Especializado para Diseño y Simulación en Fundición

##### 4.4.1 Ventajas y Aplicaciones de Altair

Altair es una suite de software de diseño, simulación e ingeniería utilizada ampliamente en diversas industrias como la automotriz, aeroespacial, manufactura, electrónica y más. Su objetivo principal es proporcionar herramientas avanzadas para el modelado, análisis y optimización de productos.

Las ventajas que tiene Altair se detallan a continuación:

- Reduce los tiempos de diseño al identificar problemas potenciales y optimizar soluciones antes de la fase de fabricación.
- Mejora el rendimiento estructural, térmico o electromagnético de los diseños.
- Ofrece soluciones específicas como simulaciones electromagnéticas para diseño de antenas o estudios térmicos en sistemas electrónicos.
- Ofrece una amplia gama de recursos educativos, tutoriales y soporte técnico.
- Se adapta a proyectos de cualquier tamaño, desde pequeños desarrollos hasta simulaciones de sistemas complejos. Sus herramientas y módulos pueden personalizarse según las necesidades del usuario o industria.
- Las capacidades en la nube permiten ejecutar simulaciones de alta complejidad sin depender del hardware local.

#### 4.4.2 Definición y Aplicaciones Inspire Cast.

El software Inspire Cast es un entorno de simulación de procesos de fundición rápido, sencillo, preciso y asequible que se centra en crear componentes de alta calidad con una mayor rentabilidad a través de una experiencia de usuario muy intuitiva. Es la única herramienta que satisface las necesidades tanto de principiantes como de expertos, desde diseñadores de productos hasta ingenieros de fundición. Desde el comienzo de la fase de diseño, los usuarios pueden visualizar y rectificar defectos de fundición habituales como burbujas, porosidad por contracción, cierre en frío o degradación del molde, evitando así la necesidad de realizar costosas correcciones en fases posteriores del proceso.

**Ilustración 4**  
Aplicación de *Inspire Cast*



**Fuente:** Autor

### 5. Etapas de desarrollo del Proyecto

#### 5.1 Inicio

Iniciamos con definir el problema relacionado con la formación de puntos fríos en la fundición de piezas. Para ello, buscamos información sobre la fundición permanente con

el fin de saber, las condiciones de temperatura y los problemas que se presentan. A partir de esta información, Se puede establecer parámetros iniciales como los materiales a utilizar y las geometrías para diseñar una mazarota que ayude a eliminar estos puntos fríos.

### 5.2 Desarrollo

Comenzamos a diseñar la mazarota que resolverá el problema de los puntos fríos. Para ello, se estudiará los aspectos teóricos y prácticos sobre cómo las mazarotas pueden influir en la distribución térmica. Utilizaremos el software Altair para diseñar la mazarota. Primero, vamos a configurar las condiciones de contorno necesarias, como la temperatura inicial y las condiciones del flujo de calor. Luego, se va a realizar simulaciones térmicas en el software para analizar cómo se comporta el calor en el molde y la mazarota. Esto nos va a permitir identificar la ubicación de los puntos fríos y evaluar si el diseño de la mazarota está funcionando como se esperaba. Si los resultados no son los óptimos, se ajustará el diseño de la mazarota, modificando su tamaño, forma o ubicación para mejorar la distribución térmica.

### 5.3 Cierre

Verificar si el diseño de la mazarota realmente elimina los puntos fríos y asegura una solidificación controlada. Para ello, se analizará los resultados obtenidos de las simulaciones para ver si la distribución del calor es uniforme y si la mazarota está funcionando correctamente. Si los resultados de las simulaciones indican que la mazarota está logrando una solidificación más uniforme eliminando los puntos fríos, se realizarán ajustes finales. Finalmente, si el diseño cumple con los objetivos iniciales y

demuestra ser efectivo, concluiré que el proyecto ha sido exitoso y se podrá implementar este diseño en la producción.

## 6. Alcance

Se quiere obtener un diseño eficiente y eficaz de una mazarota que sea compatible con los moldes permanentes para que garantice la eliminación o minimización de puntos fríos que son provocados por la distribución de la fundición en el molde, basado en simulaciones térmicas realizadas con el software especializado Altair. Diseño que nos ayudara a enfocarnos en mejorar la eficiencia del proceso de fundición, reduciendo defectos en la pieza.

## 7. Cronograma

Ver Anexo 1

## 8. Talento humano

**Tabla 1**

### *Participantes del proyecto*

Nº	Participantes	Rol a desempeñar en el proyecto	Carrera
1	Allan Steve Chalco Cárdenas	Estudiantes	Mecánica Industrial
2	Edthan Becker Monta Marín	Estudiantes	Mecánica Industrial
3	Leonardo Beltrán	Docente Tutor	Mecánica Industrial

**Fuente:** Autor

### 9. Recursos materiales

**Tabla 2**

*Lista de implementos a comprar*

Material	Costo
Arena de fundición	40 \$
Herramientas de aplanar	10 \$
Material de fundición	10 \$
Equipo de protección	6 \$
Nailon	6 \$
<b>Costo total</b>	<b>72 \$</b>

*Fuente: Autor*

### 10. Asignaturas de apoyo

- Fundición
- Procesos Térmicos

### 11. Bibliografía

- Jones, P., Smith, L., & White, R. (2015). *Estudio sobre la influencia de los puntos fríos en la calidad de las piezas fundidas*. Journal of Foundry Science, 28(3), 45-53.

- Ramirez, F., Torres, A., & Castillo, J. (2018). *Control de la solidificación en la fundición de aleaciones metálicas*. Metal Casting Technology Review, 34(6), 98-110.
- Liang, Y., Wang, S., & Zhang, H. (2019). *Optimización del diseño de mazarotas para la fundición de piezas complejas*. International Journal of Casting and Metallurgy, 42(2), 23-34.
- Rodríguez López. J. (2011). *Fundamentos de conformación por Fusión de metales*. Editorial Universidad Politécnica de Cartagena.
- Garrido Meneses, A. R, Sánchez Taco, V. H. (2011) *Determinación de La Metodología Para La Obtención de Aleaciones de Aluminio de Fundición Maquinables Sin Porosidades*. [Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3955>
- Carpio Lopez, V. A. (2024) *Estudio numérico-experimental sobre la influencia del tamaño, forma y composición en mazarotas con camisas exotérmicas aplicadas a la fundición de hierro dúctil*. [Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25736>
- Huaca delgado, E. D. (2011) *Simulación mediante el programa "Vulcan" de la fundición de tres diferentes geometrías en aluminio* [ Tesis de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4327>
- Benitez Villa, J. G & Andrade Enriquez, C. W. (2014) *Análisis de rendimiento de tres diferentes cuerpos geométricos de mazarota realizado en una rejilla de sumidero mediante un software cad 3d especializado en fundición* [Proyecto de tecnología, Instituto Superior Universitario "Central Técnico"].

- Castro Lisintuña, C.D. (2012) Construcción de un molde metálico (Coquilla) con noyo para la fundición de aleaciones de aluminio. [ Proyecto de Tecnología, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4968>
- Oveido Fierro, F. H & Vinueza Lozada, A. F. (2012) Diseño y construcción de un molde permanente utilizando el software vulcan. [ Tesis de Master, Escuela Politécnica Nacional] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7791>
- Altair (s.f) *Inspire Cast*. <https://www.altair.com.es/inspire-cast/>
- S.N (2020) *Founding — Ausferritic spheroidal graphite cast irons — Classification International Standard*.
- B07 Committee. (2019). Specification for aluminum-alloy permanent mold castings. ASTM International.

## 12 Anexos

### 12.1 Anexo 1



REALIZADO  
POR:

Allan Chalco Estudiante	
NOMBRE	FIRMA

REALIZADO  
POR:

Becker Monta Estudiante	
NOMBRE	FIRMA

REVISADO  
POR:

Ing. Leonardo Beltrán Docente tutor	
NOMBRE	FIRMA

APROBADO  
POR:

Ing. Iván Choca Coordinador de Carrera	
NOMBRE	FIRMA

