



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“MANUFACTURA DE IMPULSOR CERRADO PARA BOMBA CENTRÍFUGA  
MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en  
Electromecánica.

**AUTORES:**

González Peláez Brandon Alejandro  
Quilumba Gualpa Jessica Belen

**TUTOR:**

PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso.

Latacunga-Ecuador



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Gonzáles Peláez Brandon Alejandro** y **Quilumba Gualpa Jessica Belen** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**Manufactura de Impulsor cerrado para Bomba Centrífuga Mark Grundfos Modelo DVR 10 De 7.5 Kw**”, siendo Ing. **Laurencio Alfonso Héctor Luis** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

GONZÁLES PELÁEZ BRANDON  
ALEJANDRO  
CI: 172613106-1

QUILUMBA GUALPA JESSICA BELEN  
CI: 050261063-7



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**; por cuanto, los

postulantes: **González Peláez Brandon Alejandro y Quilumba Gualpa Jessica Belen** con el título de Proyecto de titulación: **Manufactura de Impulsor cerrado para Bomba Centrífuga Mark Grundfos Modelo DVR 10 De 7.5 Kw** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2023

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: Ing. Torres Tamayo  
Enrique

CC: 175712194-0

Lector 2

Nombre: Ing. Gallardo  
Molina Cristian Fabian

CC: 050284869-2

Lector 3

Nombre: Ing. Navarrete  
López Luis Miguel

CC: 180374728-4



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**"Manufactura de Impulsor cerrado para Bomba Centrífuga Mark Grundfos Modelo DVR 10 De 7.5 Kw", de González Peláez Brandon Alejandro y Quilumba Gualpa Jessica Belen de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.**

Latacunga, agosto del 2023

Tutor

Ing. PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis  
CC: 175836725-2



## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que las estudiantes: **González Peláez Brandon Alejandro** y **Quilumba Gualpa Jessica Belen**, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico “**Manufactura de Impulsor cerrado para Bomba Centrífuga Mark Grundfos Modelo DVR 10 De 7.5 Kw**” realizaron la entrega para el área de CEASA de la facultad de CAREN, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad.

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firma:

Ing. Agr. ~~Washington Daniel Defaz Borja~~ Mgtr.

**Técnico docente CEASA UTC**

0502038409



## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme esta oportunidad y por darme una familia maravillosa que me apoyó para completar mi educación y me inculcó el deseo de ser mejor cada día.

Mi esposa, Nadia Jácome, siempre ha estado a mi lado y es gracias a sus sacrificios, trabajo duro y apoyo inquebrantable que he podido lograr mis metas y tener fe en mis habilidades. Gracias a mi querido hijo Joaquín González, quien es mi mayor inspiración, fuente de motivación, se que puedo mejorar y asegurar su futuro.

Agradezco a mis queridos padres, Víctor González y Alexandra Peláez, cuya ayuda y esfuerzo me permitieron llegar a este punto.

Estoy agradecido por mis educadores experimentados, que están llenos de conocimiento y trabajan asiduamente para ayudarme a convertirme en un profesional de primer nivel.

**Brandon González**



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi por todos estos años de estudio y por permitirme culminar esta etapa de mis estudios, en esta noble institución.

Doy gracias a mi madre y herman@s por el apoyo incondicional que he recibido de su parte, por inculcarme el respeto, los valores durante toda mi vida. Por sus palabras de aliento para no rendirme en mi etapa académica.

Agradecimiento al PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso por compartir sus conocimientos y por la orientación técnica que nos enseñó para ejecutar el proyecto de investigación.

**Jessica Quilumba.**



## **DEDICATORIA**

A mi familia, a mi amada esposa e hijo quienes siempre fueron mi inspiración para cumplir mis metas.

**Brandon González**





## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por darme salud, vida y fortaleza para conseguir la meta más anhelada, por sus bendiciones día a día recibida.

A mi madre Elvira Gualpa por ser el pilar fundamentas en mi vida, por los esfuerzos que ha tenido que hacer halo largo de mi vida profesional, por los valores inculcado como la responsabilidad, puntualidad y la solidaridad.

A mis hermanas y hermano por el apoyo moral que he recibido durante todo el proceso y por darme sus gritos de aliento para lograr la etapa planteada.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi padre en el cielo a pesar que no lo puede conocer fue unas de mis inspiraciones para poder lograr esta etapa de mi vida.

**Jessica Quilumba.**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XVII</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ALCANCE DEL PROYECTO.....</b>	<b>1</b>
1.1 EL PROBLEMA:.....	2
1.1.1 Planteamiento del problema .....	2
1.1.2 Matriz de identificación del problema.....	3
1.1.3 Formulación del problema.....	3
1.2 BENEFICIARIOS: .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN:.....	3
1.4 OBJETIVOS:.....	4
1.4.1 General: .....	4
1.4.2 Específicos:.....	4
1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
<b>2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	5
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	6
2.2.1 Sistema Hidráulico. ....	7
2.2.2 Bomba.....	9
Clasificación de bombas de agua.....	10
2.2.3 Bombas centrífugas .....	10
Partes de una bomba centrífuga.....	11
-Elementos de las bombas. ....	11
2.2.4 Impulsor.....	12
-Tipos de impulsores .....	12
2.2.5 Proceso de ingeniería.....	14
Proceso de diseño. ....	15
La ingeniería inversa. ....	15
Aplicaciones de la ingeniería inversa .....	16
2.2.6 Procesos de manufactura .....	17
Clasificación de los procesos de manufactura.....	18

-Clasificación de los procesos de manufactura.....	19
-Tipos de procesos de manufactura .....	19
2.2.7 Proceso de fabricación.....	20
Métodos de Fundición. ....	21
- Tipos y métodos de fundición. ....	22
Fundición de Acero .....	22
Modelo.....	23
Materiales para la construcción de Modelos. ....	24
Metales.....	24
Plásticos .....	24
Tipos de Modelos .....	25
Modelos Abiertos. ....	25
Modelos sueltos con sistema de colada incorporado.....	25
Modelos placa Modelo .....	26
2.2.8 Molde.....	27
-Tipos de arena de moldeo.....	28
-Método de elaboración de plantilla de fundición. ....	29
Método de elaboración de plantilla de molde.....	30
2.2.9 -Materiales de fundición.....	32
Tipos de metales .....	32
Proceso de llenado del molde. ....	32
Proceso de Fundición.....	33
Medidas de seguridad en fundición .....	33
Moldes y su fabricación.....	33
La práctica de la Fundición .....	34
Calidad de Fundición.....	34
Defectos en el interior de la pieza. ....	35
2.2.10 Mecanizado.....	35
Operaciones de maquinado y máquinas herramienta .....	35
2.2.11 Calidad superficial.....	36
Instrumentos de medición y calibradores convencionales .....	37
Reloj comparador. ....	37
Calibre o pie de Rey .....	38

2.2.12	Uso del software Autodesk Inventor 2023 .....	38
<b>3</b>	<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA:.....</b>	<b>40</b>
3.1	METODOLOGÍA:.....	40
3.1.1	Proceso de Diseño. ....	41
	Ingeniería inversa. ....	41
3.1.2	Proceso de manufactura.....	42
3.1.3	Barra de herramientas de inventor utilizadas .....	43
3.1.4	Proceso de elaboración del molde del Impulsor .....	44
3.1.5	Impresión de los moldes .....	46
3.1.6	Proceso de fundición .....	46
3.1.7	Determinar los elementos básicos del llenado del molde.....	50
3.1.8	Procedimiento de Moldeo.....	51
	Temperatura del metal líquido.....	52
	Proceso de enfriamiento .....	54
3.1.9	Proceso de mecanizado del impulsor.....	55
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	63
	Análisis de las partes del impulsor y desgaste del impulso en la bomba. ....	63
3.2.1	Análisis de diseño de plantilla y de caja de macho. ....	64
3.2.2	Material de fundición.....	67
3.2.3	Análisis de la tecnología de fundición.....	70
3.2.4	Proceso de enfriamiento. ....	73
3.2.5	Proceso de remoción del material.....	74
	Desmoldeo.....	74
3.2.6	Mecanizado de la pieza fundida. ....	75
	Paso adicional para la chaveta del impulsor.....	76
3.2.7	Defectos de la fundición del impulsor.....	76
3.2.8	Proceso de control de Calidad. ....	77
	Verificación de tolerancia longitudinales y geométrica. ....	77
	Determinación del porcentaje de error longitudinales y geométrica .....	78
	Resultado final del producto fundido. ....	78
3.3	EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA: .....	79
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES DEL PROYECTO .....</b>	<b>80</b>

4.1 CONCLUSIONES.....	80
4.2 RECOMENDACIONES .....	81
<b>5 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Bomba Centrífuga.....	6
<b>Figura 2.</b>	Representación de la cavitación. ....	8
<b>Figura 3.</b>	Empuje Axial.....	9
<b>Figura 4.</b>	Elementos del Sistema Hidráulico.....	9
<b>Figura 5.</b>	Clasificación de bombas .....	10
<b>Figura 6.</b>	Partes de una bomba centrifuga.....	11
<b>Figura 7.</b>	Tipos de Impulsores.....	13
<b>Figura 8.</b>	Impulsor Cerrado.....	14
<b>Figura 9.</b>	Procesos de Ingeniería .....	14
<b>Figura 10.</b>	Proceso de diseño .....	15
<b>Figura 11.</b>	Esquema conceptual del proceso de ingeniería inversa.....	16
<b>Figura 12.</b>	Clasificación de los procesos de manufactura .....	18
<b>Figura 13.</b>	Tipos de procesos de manufactura.....	19
<b>Figura 14.</b>	Tipos de proceso de Fundición.....	21
<b>Figura 15.</b>	Descripción esquemática del proceso de colada.....	21
<b>Figura 16.</b>	Tipos de fundición.....	22
<b>Figura 17.</b>	Modelos Abiertos .....	25
<b>Figura 18.</b>	Modelos sueltos con sistema de colada incorporado.....	26
<b>Figura 19.</b>	Modelos placa Modelo .....	26
<b>Figura 20.</b>	Caja de moldeo.....	28
<b>Figura 21.</b>	Tipos de arena de molde.....	29
<b>Figura 22.</b>	Plantilla de fundición.....	31
<b>Figura 23.</b>	Formas en maquinado: a) torneado de formas, b) taladrado y c ) brochado .....	36
<b>Figura 24.</b>	Operación del torneado.....	36
<b>Figura 25.</b>	Reloj comparador. ....	37
<b>Figura 26.</b>	Calibre o pie de Rey .....	38
<b>Figura 27.</b>	Impresoras 3D Artillery Genius y Anet ET5.....	39
<b>Figura 28.</b>	Ingeniería inversa. ....	42
<b>Figura 29.</b>	Toma de medidas del impulsor.....	42
<b>Figura 30.</b>	Estructura del impulsor.....	46
<b>Figura 31.</b>	Arena de sílice en la caja.....	51

<b>Figura 32.</b>	Moldes realizados.....	52
<b>Figura 33.</b>	Horno de fundición.....	53
<b>Figura 34.</b>	Remoción de la pieza fundida. ....	55
<b>Figura 35.</b>	Mecanizado de torneado.....	59
<b>Figura 38.</b>	Degastes del impulsor.....	64
<b>Figura 39.</b>	Impulsor dañado. ....	64
<b>Figura 40.</b>	Moldeo para fundir el impulsor.....	73
<b>Figura 41.</b>	Remoción del material.....	74
<b>Figura 42.</b>	Mecanizado de chaveta.....	76
<b>Figura 43.</b>	Grietas del impulsor fundido. ....	77
<b>Figura 44.</b>	Rugosidad del impulsor fundido.....	77
<b>Figura 45.</b>	Verificación de tolerancia longitudinales y geométrica. ....	78
<b>Figura 46.</b>	Impulsor fundido .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1.</b> Características de las impresoras 3D.....	39
<b>Tabla N° 2.</b> Equipos y materiales utilizados.....	40
<b>Tabla N° 3.</b> Barra de herramientas utilizadas.....	43
<b>Tabla N° 4.</b> Material del Impulsor .....	47
<b>Tabla N° 5.</b> Tabla de sobredimensión de la plantilla y de caja de macho.....	64
<b>Tabla N° 6.</b> Impulsor de simulación e impreso en 3D.....	65
<b>Tabla N° 7.</b> Contracción del material.....	71
<b>Tabla N° 8.</b> Costos de construcción.....	79



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA**  
**TITULO: “MANUFACTURA DE IMPULSOR CERRADO PARA BOMBA**  
**CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”**

**Autores:**

González Peláez Brandon Alejandro

Quilumba Gualpa Jessica Belen

**RESUMEN**

El presente trabajo es realizado para la fabricación de un impulsor cerrado de una bomba centrífuga (MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW), que tiene disminuida la presencia de repuestos en el mercado Ecuatoriano. Al hacer el impulsor como primer paso fue la toma de datos o mediciones con la aplicación de ingeniería inversa, haciendo un análisis exhaustivo del impulsor en mal estado para determinar todas sus características, su funcionamiento y de esa manera poder realizar ciertas mejoras en su diseño. El diseño de los moldes para la fabricación del impulsor se lo realizó en el programa inventor, se imprimió las diferentes plantillas en una impresora 3D con el material PLA que es un avance tecnológico de crear objetos tridimensionales porque en la antigüedad estos tipos de trabajos se realizaban manualmente en madera. En el proceso de fundición se ha tomado en cuenta el tipo de arena para el molde fundición con un 98% de silicio y otro 2% de otros minerales, una de mejoras para el impulsor fue el cambio del material de acero fundido en bronce al aluminio por sus características ya que es utilizado en bombas que trabajan incluso con agua salada, además de tener una mayor dureza y resistencia a la corrosión. Para el proceso de fundición la temperatura en la que se funde el material bronce al aluminio es de 900 a 1000 °C y el tiempo de enfriamiento es aproximadamente 12 horas. En el proceso de mecanizado del impulsor se realizó en el torno, para realizar los acabados con arranque de viruta terminando con el análisis de defectos y verificación de calidad en relación a la ingeniería de diseño. La inversión realizada en el proyecto es de 971 dólares ayudando a recuperar una bomba de un valor aproximado de 7500 dólares.

**Palabras clave:** apisonador, vacío, criba, Errores por el vacío.

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA

**TITULO:** “MANUFACTURA DE IMPULSOR CERRADO PARA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”

**Autores:**

González Peláez Brandon Alejandro

Quilumba Gualpa Jessica Belen

### ABSTRACT

The present work is carried out for the manufacture of a closed impeller of a centrifugal pump (MARK GRUNDFOS MODEL DVR 10 DE 7.5 kW), which has decreased the presence of spare parts in the Ecuadorian market. When making the impeller as a first step was the data collection or measurements with the application of reverse engineering, making a thorough analysis of the impeller in poor condition to determine all its characteristics, its operation and thus be able to make certain improvements in its design. The design of the molds for the manufacture of the impeller was made in the inventor program, the different templates were printed on a 3D printer with PLA material which is a technological advance to create three-dimensional objects because in ancient times these types of work were done manually in wood. In the casting process has been taken into account the type of sand for the casting mold with 98% silicon and another 2% of other minerals, one of improvements for the impeller was the change of the material from steel cast in bronze to aluminum for its characteristics since it is used in pumps that work even with salt water, besides having greater hardness and corrosion resistance. For the casting process, the temperature at which the bronze material is melted to aluminum is 900 to 1000 °C and the cooling time is approximately 12 hours. The impeller machining process was carried out on the lathe, to perform the finishing with chip removal, finishing with the analysis of defects and quality verification in relation to the design engineering. The investment made in the project is 971 dollars, helping to recover a pump with an approximate value of 7500 dollars.

**Key words:** rammer, vacuum, screening, vacuum errors.



## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de investigación cuyo título versa: **“MANUFACTURA DE IMPULSOR CERRADO PARA BOMBA CENTRÍFUGA MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW”** presentado por: **Gonzáles Peláez Brandon Alejandro y Quilumba Gualpa Jessica Belen** egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

  
**MSc. Alison Mena Barthelotty**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0501801252**



## **INFORMACIÓN GENERAL**

**Título:** “Manufactura de impulsor cerrado para bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW”.

**Fecha de inicio:** octubre 2022

**Fecha de finalización:** 0 marzo 2023

**Lugar de ejecución:** Universidad Técnica De Cotopaxi

**Facultad que auspicia:** Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas

**Carrera que auspicia:** Ingeniería Electromecánica

**Proyecto de investigación vinculado:** Manufactura de impulsor cerrado para bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW.

**Equipo de Trabajo:** PhD. Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso.

González Peláez Brandon Alejandro

Quilumba Gualpa Jessica Belen.

**Área de Conocimiento:** 07 Ingeniería, Industria y Construcción/ 071 Ingeniería y Profesionales Afines/ 0713 Electricidad y Energía.

**Línea de investigación:** Procesos Industriales

**Sub líneas de investigación de la Carrera:** Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

## **1 ALCANCE DEL PROYECTO**

El objetivo del siguiente estudio es manufacturar el impulsor de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW descontinuada utilizando el concepto de la ingeniería inversa, identificando el proceso más adecuado para realizar del mismo siendo la fundición la mejor manera de alcanzar nuestro objetivo de replicar el impulsor que ya no se fabrica, además del uso adecuado de la tecnología para realizar un diseño de los moldes del macho y la estructura del impulsor en el programa inventor, ya que se quiere cambiar la mano de obra del ser humano por las impresiones en 3D siendo innovador, sabiendo que mayoría usa la tecnología para lo que es realizar adornos o muñecos desperdiciando su potencial para objetar la piezas de manera más exactas.

La investigación realizada permitió replicar un impulsor cerrado para la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW con algunos defectos en la función como lo son las grietas en la pieza, rugosidades provocadas por la arena en la exterior del impulsor y en los alabes al no tener el acceso completo para poder limpiar la arena de la fundición quedan bastantes restos.

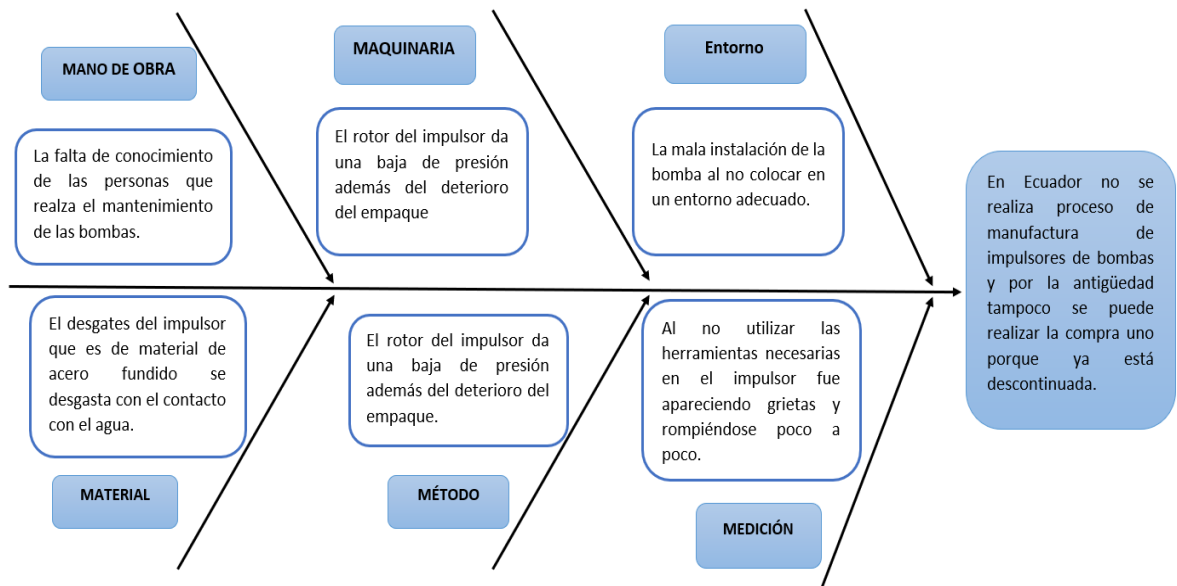
### **1.1 EL PROBLEMA:**

#### **1.1.1 Planteamiento del problema**

En el transcurso del tiempo las bombas centrífugas de la Universidad Técnica de Cotopaxi del capo Salache tuvieron fallas de presión y caudal porque los impulsores de las bombas de agua al ser de acero fundido, al estar en contacto con el agua se van deteriorando y desgastándose, otra causa es al dar mantenimiento a las bombas no utilizan las herramientas adecuadas ya que para sacar el impulsor le dan golpes bruscos ocasionando grietas causando que con el paso del tiempo se rompa el impulsor.

La falta de agua puede ser causada por varios factores diferentes, en caso de falta de agua, la bomba de riego puede quedar hueca, lo que puede acortar significativamente su vida útil. En la mayoría de los casos, esto se debe a que la fuente de alimentación tiene un problema con un filtro parcialmente obstruido. La cavitación puede causar vibraciones excesivas, lo que conduce a un desgaste excesivo del impulsor.

### 1.1.2 Matriz de identificación del problema



### 1.1.3 Formulación del problema.

Por la antigüedad de la bomba es imposible la compra de impulsor dañado y al ser los daños significativos no se puede reparar.

### 1.2 BENEFICIARIOS:

**Directos:** El beneficiario directo es la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campo Salache con la adquisición de un nuevo impulsor para una bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 KW.

**Indirectos:** Técnicos e ingenieros interesados en la fundición, manufactura de impulsores cerrados.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN:

Para solucionar el problema planteado de la manufactura de los impulsores, se va diseñar la plantilla del molde de los impulsores en el software Inventor para luego imprimirlo en 3D que servirá para hacer el proceso de fundición replicando los impulsores ya dañados, utilizando el proceso de manufactura a la misma ves la ingeniería inversa, proceso de fundición y todos los acabados necesarios para que el impulsor pueda trabajar en función de la bomba. Dejando la bomba con su impulsor manufacturado en Universidad Técnica de

Cotopaxi debido a que esas bombas antiguas ya no se encuentran repuestos para poder cambiar las piezas deterioradas.

La bomba con su impulsor manufacturado ayudará en el área de la agricultura para dar riego a los cultivos que hay en diferentes partes como en los lugares rurales y a ves en la Universidad Técnica de Cotopaxi, si se vuelve a dañar otro impulsor de otra bomba se le puede colocar la bomba que en este caso fue el impulsor elaborado.

#### **1.4 OBJETIVOS:**

##### **1.4.1 General:**

Establecer el proceso de manufactura del impulsor cerrado para la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 kW.

##### **1.4.2 Específicos:**

- Diseñar la plantilla del impulsor a través del método de la ingeniería inversa con la ayuda del software Inventor.
- Proponer el proceso de manufactura mediante fundición, tomando en cuenta las contracciones volumétricas que se aprecian en los metales cuando se solidifican.
- Plantear el proceso de maquinado, análisis de defectos y verificación de calidad en relación a la ingeniería de diseño.

#### **1.5 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS**

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades (Tareas)</b>	<b>Resultados de la actividad</b>	<b>Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)</b>
Diseñar la plantilla del impulsor a través del método de la ingeniería inversa con la ayuda del	- Recopilación de datos acerca del impulsor de la bomba para diseño	-Características del impulsor y los factores que intervienen.	-Software inventor.

software Inventor.	en el software inventor.	-Diseño obtenido del impulsor y de la impresión en 3D.	
Proponer el proceso de manufactura mediante fundición, tomando en cuenta las contracciones volumétricas que se aprecian en los metales cuando se solidifican.	-Indagación de los tipos de proceso de función para la manufactura del impulsor. -Verificar el tipo de arena que se utilizara para la manufactura del impulsor.	- Elección del proceso de fundición, tipo de arena, tipo de materia para la fabricación del impulsor.	-Estas actividades se desarrollará mediante consultas bibliográficas, proyectos de grado y tesis.
Plantear el proceso de maquinado, análisis de defectos y verificación de calidad en relación a la ingeniería de diseño.	-Verificación de los defectos del impulsor que hay después de la fundición - Comprobación de la calidad del impulsor fabricado con el original.	-Solucionar los defectos que tuvo el impulsor en la fundición. -Tener un buen resultado de la manufactura del impulsor.	-Esta actividad se realizará mediante artículos, libros, paper relacionado a los defectos de la fundición.

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1 ANTECEDENTES

El impulsor es lo que impulsa el fluido a través de la acción de las hélices; es el único componente de la bomba que alimenta el fluido. Se realizan diferentes procedimientos de medición en diferentes partes del rotor, como la tapa superior, la tapa trasera, el borde trasero, la conexión del eje y la cámara, utilizando herramientas que coinciden con la geometría de cada parte. Cabe señalar que los valores obtenidos como resultado de la medición son estimaciones



para determinar su incertidumbre. Las bombas centrífugas deben diseñarse de manera que el caudal, la presión y las características del fluido que se bombea sean óptimos. Las condiciones de caudal y presión del fluido pueden variar según las necesidades, por lo que la forma del impulsor cambia para adaptarse a las diferentes condiciones, ya que de ellas depende la eficiencia del transporte del fluido.

Muchas fallas y daños en las bombas son causados por una mala operación y puesta en marcha en condiciones inadecuadas; Las fallas y sus posibles soluciones y parámetros deben verificarse para que la causa de la desviación pueda identificarse a tiempo. Para tener un control adecuado del servicio, es necesario implementar un sistema eficiente en el que se registren todas las actividades realizadas en el dispositivo. Fabricar un impulsor sellado es la parte complicada porque los rotores dentro de este impulsor no se pueden fabricar fácilmente. A partir de las herramientas y tecnologías disponibles en el entorno, se organizará una estrategia de desarrollo de producción de prototipos.

El objetivo del trabajo fue desarrollar un modelo informático del rotor de una bomba centrífuga industrial utilizando las herramientas de diseño asistido por ordenador del Inventor. [1]



*Figura 1. Bomba Centrífuga.*

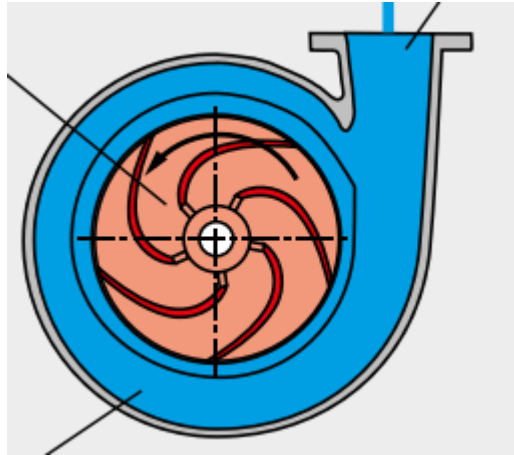
## **2.2 MARCO REFERENCIAL**

### **Principios de la función de la bomba centrífuga.**

El líquido bombeado continuamente ingresa al centro del impulsor a través de la boquilla de succión de la bomba. Desde allí, acelera en dirección radial hasta el borde del impulsor, desde donde fluye hacia la carcasa.

El flujo del fluido es acelerado por el empuje que los patines transmiten al propio flujo debido a su curvatura. De esta forma, el fluido adquiere energía, principalmente en forma de aumento de su velocidad media (energía cinética).

Dentro de la caja, el fluido se ralentiza considerablemente en la dirección de desplazamiento debido al crecimiento gradual, como se muestra en la Figura 2.



*Figura 2. Función de la bomba centrífuga.*

### **2.2.1 Sistema Hidráulico.**

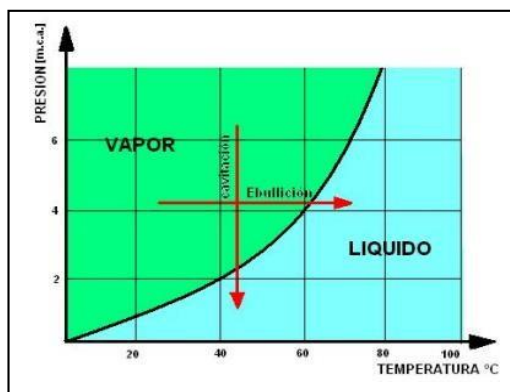
La presión aplicada en un punto del sistema se transfiere a todos los fluidos a través de tuberías que conectan los elementos que crean presión con los elementos que utilizan esta presión, el conjunto de mecanismos en los que interfiere el elemento fluido, para lograr este mecanismo, se requiere el movimiento de muchas piezas para que el sistema hidráulico funcione.

#### **Fenómenos del sistema hidráulico**

Son problemas que se dan en los sistemas hidráulicos por la presencia de flujos cruzados y se debe dimensionar adecuadamente la mezcla aire/agua en la bomba y sistema donde se instala.

#### **Cavitación existente en las bombas centrífuga.**

Este fenómeno es muy importante en la mecánica de fluidos y especialmente en la operación de todos los sistemas hidráulicos que fallan al operar fuera de las condiciones de diseño. La cavitación es la formación de vapores localizados en un líquido que se forman cerca de la superficie de un sólido que restringe el flujo normal del líquido, como se muestra en la Figura 3. [2]



*Figura 3. Representación de la cavitación.*

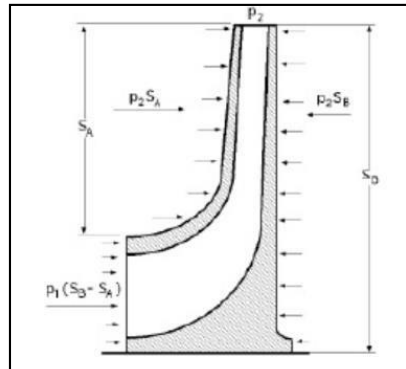
La principal condición física para que ocurra la cavitación es la disminución de la presión en el punto de formación de estas bolsas en relación con la presión de vapor del líquido. Dado que la caída de presión en una máquina de fluidos suele ser del mismo orden que la presión absoluta.

### **Recirculación interna del agua.**

Producido por una bomba de bajo flujo, el flujo exacto al que ocurre la recirculación de succión o descarga depende del diseño del impulsor. Cuanto mayor sea el área del hombro del impulsor, mayor será la posibilidad de recirculación como porcentaje de la capacidad del mejor punto de operación. La circulación interna crea corrientes de Foucault muy fuertes con alta velocidad en el centro del vórtice, reduciendo allí la presión estática. Debido a esta condición, los picos de presión resultantes dañan significativamente el material del impulsor, la placa de succión y otras partes de la unidad hidráulica de la unidad. Cuando se inyectan partículas sólidas en el medio líquido, estos vórtices se amplifican, lo que provoca un desgaste severo donde se producen los vórtices. Este es uno de los fenómenos que se dan en las bombas centrífugas, comúnmente conocido como circulación interna, poco conocido por la mayoría de los usuarios de instalaciones industriales.

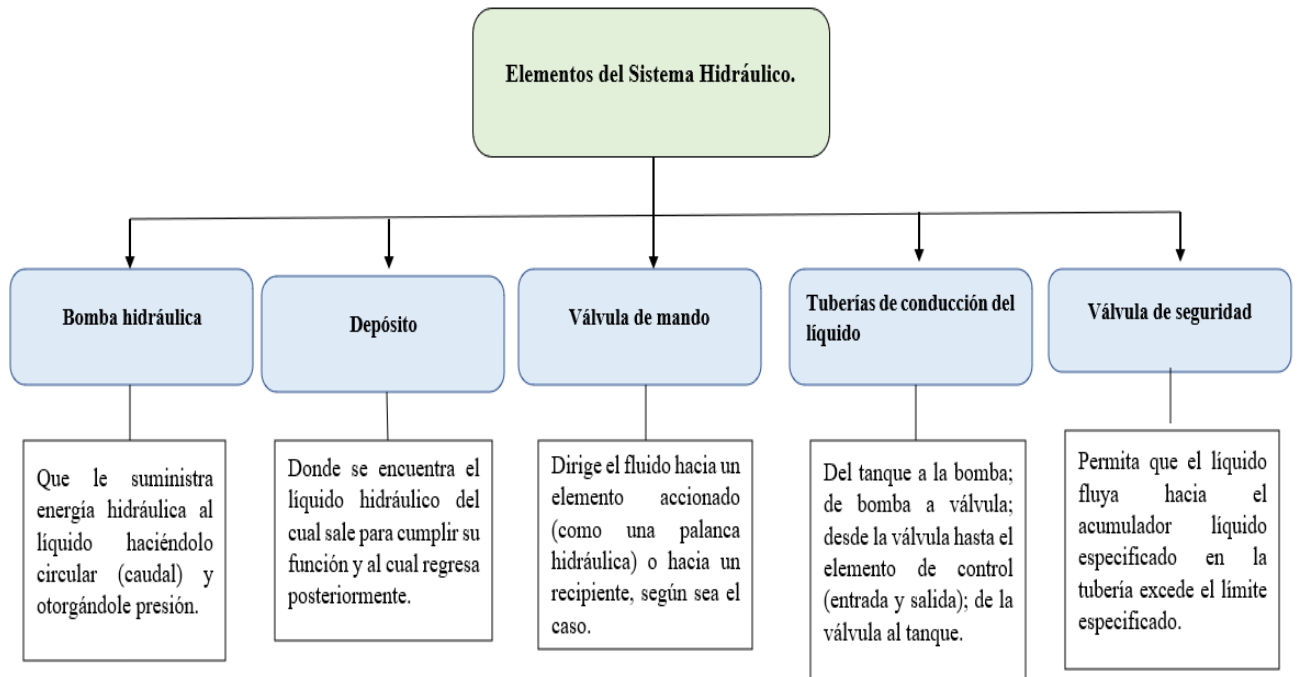
### **Empuje Axial**

El empuje es la fuerza hacia abajo sobre el conjunto giratorio cuando la bomba está en funcionamiento. La mayoría de las bombas y los motores están diseñados para funcionar con un empuje constante, pero demasiado empuje puede causar problemas en la bomba y el motor, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Empuje Axial.

Para minimizar los problemas de tiro, la bomba debe funcionar dentro de los caudales máximo y mínimo. [3]



**Figura 5.** Elementos del Sistema Hidráulico.

### 2.2.2 Bomba

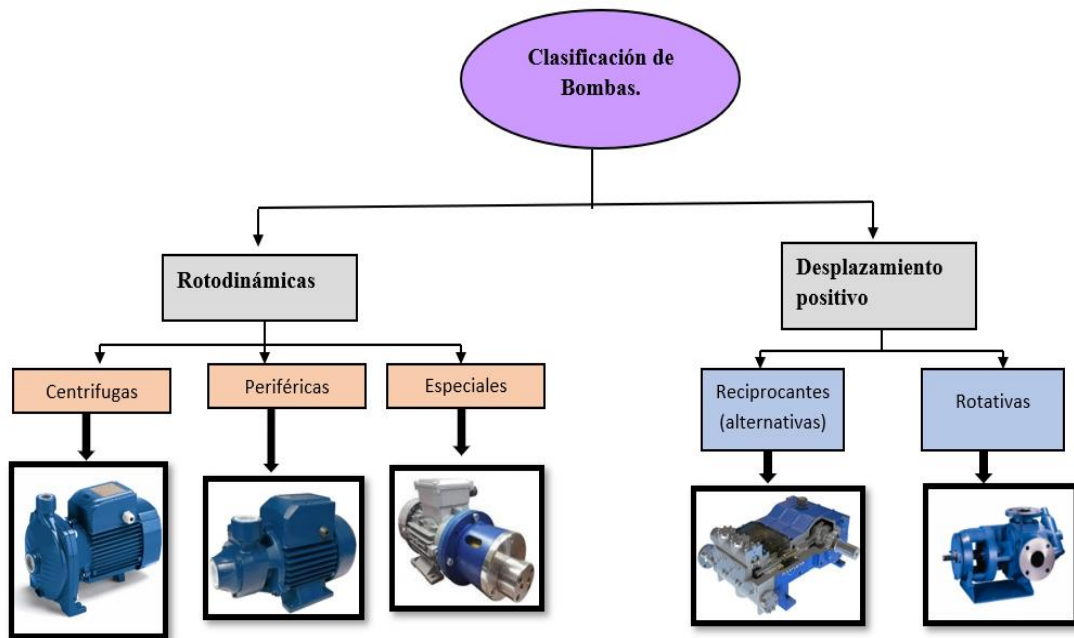
Una bomba es una máquina que se utiliza para mover líquidos a través de tuberías a través de diversos procesos de conversión de energía, ya que puede ser no solo energía eléctrica sino también energía química, como en un motor de combustible fósil. La rotación del impulsor dentro de la bomba crea un vacío que crea una fuerza de succión para empujar el líquido hacia la bomba; Dentro de la bomba, la velocidad del fluido aumenta haciendo que se mueva.

La bomba siempre está girando y es un tipo de bomba hidráulica que convierte la energía

mecánica del rotor accionada por el motor eléctrico. Se pueden clasificar de diversas maneras, por ejemplo, por la dirección del flujo, la posición de su eje o la estructura de su cuerpo. Son ampliamente utilizados en la industria porque son adecuados para casi cualquier aplicación y representan hasta el 80% de la producción de bombas en el mundo porque son capaces de bombear más fluidos que las bombas de pistón.

**Clasificación de bombas de agua.**

La bomba siempre está girando y es un tipo de bomba hidráulica que convierte la energía mecánica del rotor accionada por el motor eléctrico. Se pueden clasificar de diversas maneras, por ejemplo, por la dirección del flujo, la posición de su eje o la estructura de su cuerpo. Son ampliamente utilizados en la industria porque son adecuados para casi cualquier aplicación y representan hasta el 80% de la producción de bombas en el mundo porque son capaces de bombear más fluidos que las bombas de pistón, la clasificación de las bombas se clasifica como se muestra en la Figura 6. [4]



*Figura 6. Clasificación de bombas*

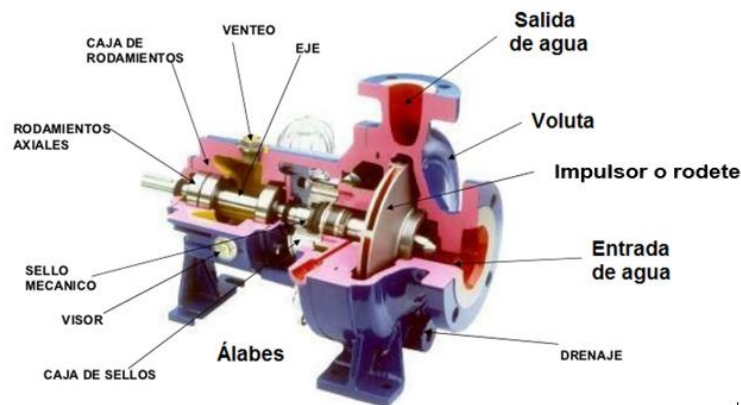
**2.2.3 Bombas centrífugas**

Las bombas centrífugas mueven una cantidad específica de líquido entre dos niveles; Por tanto, son máquinas hidráulicas que convierten el trabajo mecánico en otro hidráulico. Casi siempre funcionan a una velocidad constante, por lo que el flujo entregado (a menudo denominado capacidad de la bomba) a la misma bomba depende únicamente de la carga de succión y la

presión.

### ***Partes de una bomba centrífuga.***

El elemento principal de las bombas centrífugas lo tenemos en la siguiente figura es importante saber la función de para parte de la bomba ya que las piezas de la bomba lo ayudan a comprender cómo funciona, las partes de una bomba se muestra en la Figura 7. [5]



***Figura 7. Partes de una bomba centrífuga.***

### **-Elementos de las bombas.**

**Carcasa:** Pieza que protege todos los mecanismos internos que permiten el accionamiento de la bomba. Se fabrican en diferentes materiales según su finalidad, como el hierro fundido cuando se utilizan para el bombeo de agua potable, o el acero inoxidable o el bronce si se destinan al bombeo de líquidos altamente corrosivos.

**Tuberías de entrada y salida:** tuberías por donde circula el agua. El tubo de entrada se llama tubo de succión y el tubo de escape se llama tubo de impulsión.

**Impulsor o rodete:** Equipo utilizado para controlar el agua en la carcasa. Se componen de varias aspas de diferentes formas que giran dentro de un cuerpo circular.

**Difusor:** El difusor con el impulsor está encerrado en una cámara llamada carcasa o casa de bombas. El difusor consta de paletas divergentes fijas que, a medida que aumenta la proporción del cuerpo, disminuye la velocidad del agua, lo que ayuda a convertir la energía cinética en energía de presión, lo que mejora el funcionamiento de la bomba.

**Eje:** El elemento que soporta el impulsor para que gire bajo la potencia del motor. Según la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical.

**Cojinetes o Cojinetes:** Piezas que soportan adecuadamente el eje del rodillo

**Motor:** El componente principal de una bomba centrífuga que permite que el eje se mueva y el impulsor a su vez mueva el agua. Dependiendo de la capacidad, puede movilizar más agua en menos tiempo.

**Panel de control:** dispositivo que permite activar la bomba.

**Álabe:** La parte curva del impulsor está unida al cubo.

**Diámetro de succión:** Incluye una sección redonda ubicada en el lado de succión de la entrada de la bomba justo en frente de las paletas.

**Difusor:** Forma parte del canal hidráulico, brinda soporte estructural y continuidad, y dirige el agua cuando sale del impulsor y entra en el carrete, convirtiendo la energía cinética en energía de presión.

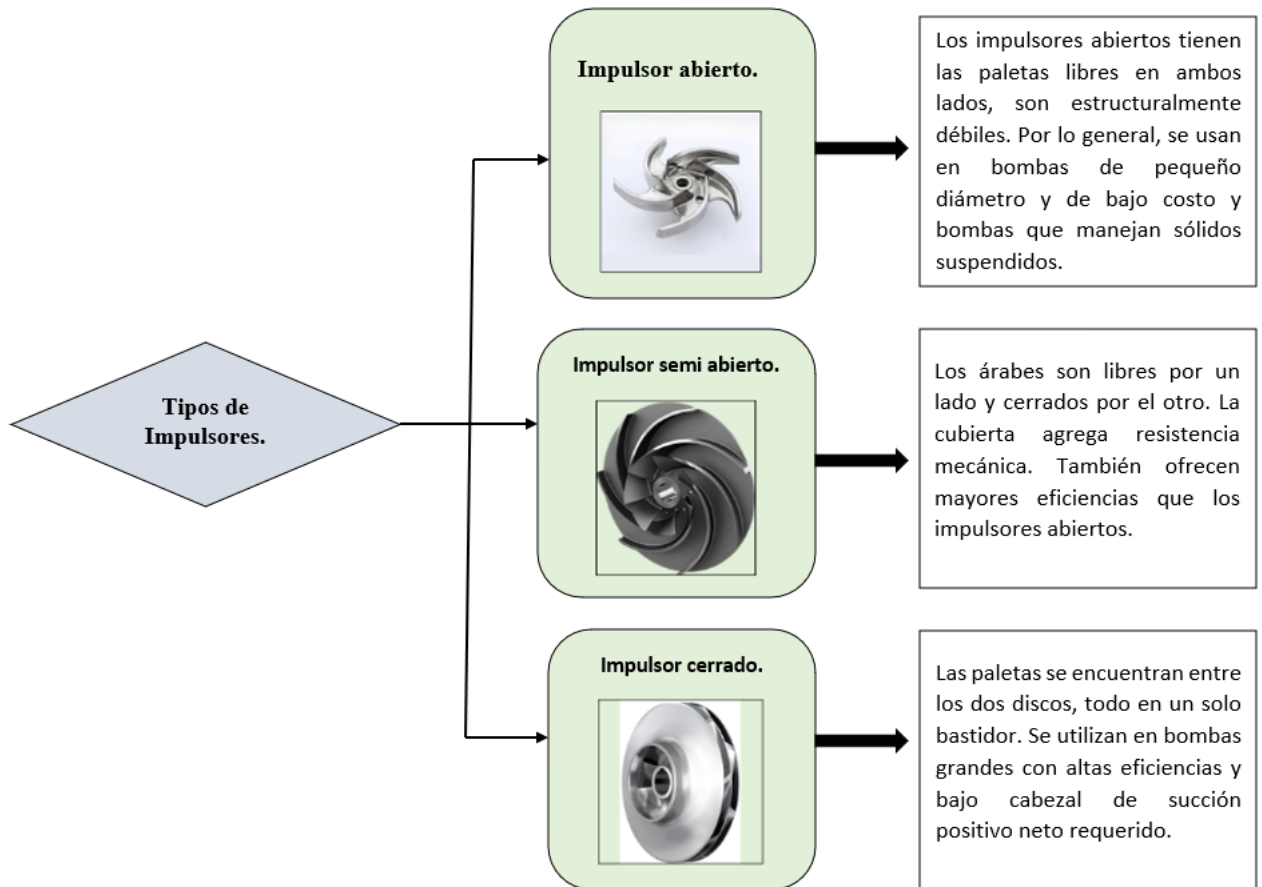
**Voluta de bomba:** El trabajo de la espiral es recoger el líquido a alta velocidad, cambiar su dirección y dirigirlo a la brida de suministro de la bomba. El tornillo también es un convertidor de energía a medida que desacelera (convierte parte de la energía dinámica generada en el impulsor en energía de presión) aumentando la presión del fluido a medida que aumenta el espacio entre el impulsor y el impulsor. El tornillo sinfín está dispuesto en espiral, de modo que la distancia entre él y el impulsor en la parte superior es mínima; la separación aumenta hasta que las partículas líquidas están frente al puerto de inyección; Algunas bombas tienen una paleta guía en la salida del rodillo para dirigir el fluido hacia la salida del impulsor antes de que se envíe al impulsor. [6]

#### 2.2.4 Impulsor.

El impulsor es una placa giratoria de hierro o acero con impulsores en una bomba centrífuga. Los impulsores transfieren energía del motor que impulsa la bomba al fluido que se bombea, acelerando el fluido radialmente hacia afuera desde el centro de rotación. La velocidad alcanzada por el impulsor de la bomba de agua se convierte en presión a medida que la carcasa de la bomba restringe el flujo de fluido hacia el exterior. Los impulsores están disponibles como impulsores de vórtice o hélices de canal.

#### -Tipos de impulsores

Existen diferentes tipos de impulsores y las bombas centrífugas se clasifican de acuerdo a ellos, el sistema que tiene la bomba helicoidal de caudal variable es centrífugo, por lo que se utilizan los siguientes tipos de impulsores de acuerdo a los requerimientos de la instalación, como se muestra en la Figura 8.



*Figura 8. Tipos de Impulsores.*

### **Impulsor cerrado.**

Las bombas centrífugas con impulsor cerrado son las bombas más utilizadas para el manejo de líquidos transparentes. Dependen de anillos de desgaste de espacio libre cercano en el impulsor y en la carcasa de la bomba. El impulsor cerrado es un diseño más complicado y costoso, no solo por el impulsor, sino que también se necesitan anillos de desgaste adicionales, como se muestra en la Figura 9.

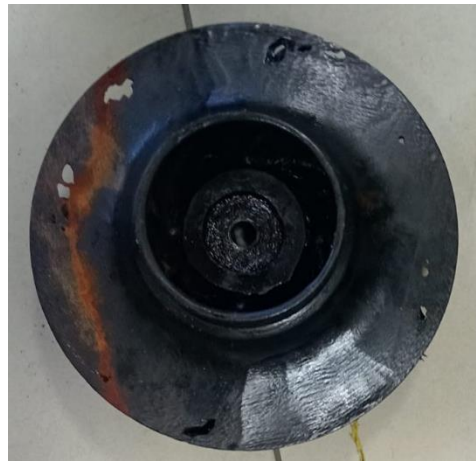
En las hélices selladas, las palas están cubiertas por paneles delantero y trasero. Tal impulsor es más conveniente para bombas de alta presión porque las cubiertas ayudan a separar la zona de succión de la zona de descarga, lo que permite un mejor control de la dirección del líquido bombeado y reduce el deslizamiento de fluido entre la zona de alta presión, y zonas de baja presión, al tiempo que mejora el rendimiento general de la bomba. [6]

### **Ventajas entre los impulsores**

- Dentro de sus principales ventajas se encuentran:



- El impulsor semi abierto puede bombear líquidos corrosivos y abrasivos con sólidos.
- La menor tendencia a obstruirse que le hace adecuado para líquidos sucios.
- El menor roce hidráulico del disco, al tener sólo una pared girando, de lo que se deduce un buen rendimiento.
- Una mayor accesibilidad de los álabes para el mecanizado, lo que permite conseguir mejores acabados.
- Se puede utilizar una mayor variedad de materiales constructivos. [7]

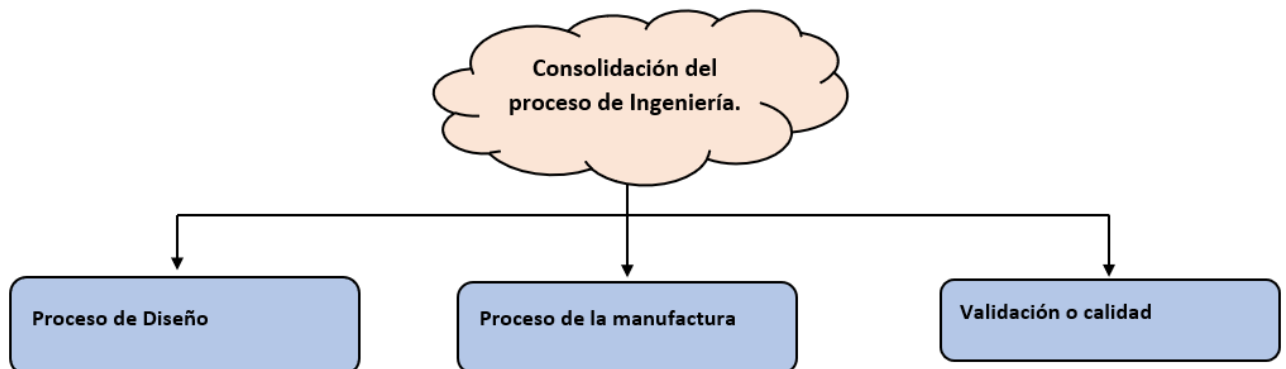


*Figura 9. Impulsor Cerrado.*

### 2.2.5 Proceso de ingeniería.

El proceso de ingeniería se ocupa de la implementación técnica y rentable de todos los procesos, es una disciplina técnica responsable de planificar, diseñar y tomar las decisiones correctas para que todo proyecto industrial funcione y se lleve a cabo de acuerdo con las instrucciones dadas.

proyecto industrial funcione y se lleve a cabo de acuerdo con las instrucciones dadas.

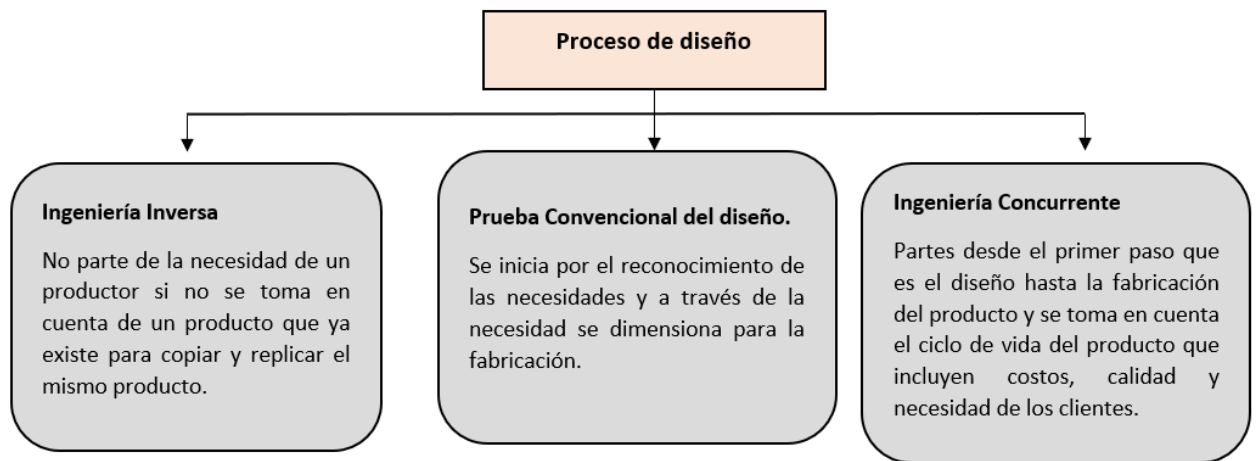


*Figura 10. Procesos de Ingeniería*

Estos son los tres procesos que se ocupara para la manufactura del impulsor cerrado para una bomba centrífuga.

### Proceso de diseño.

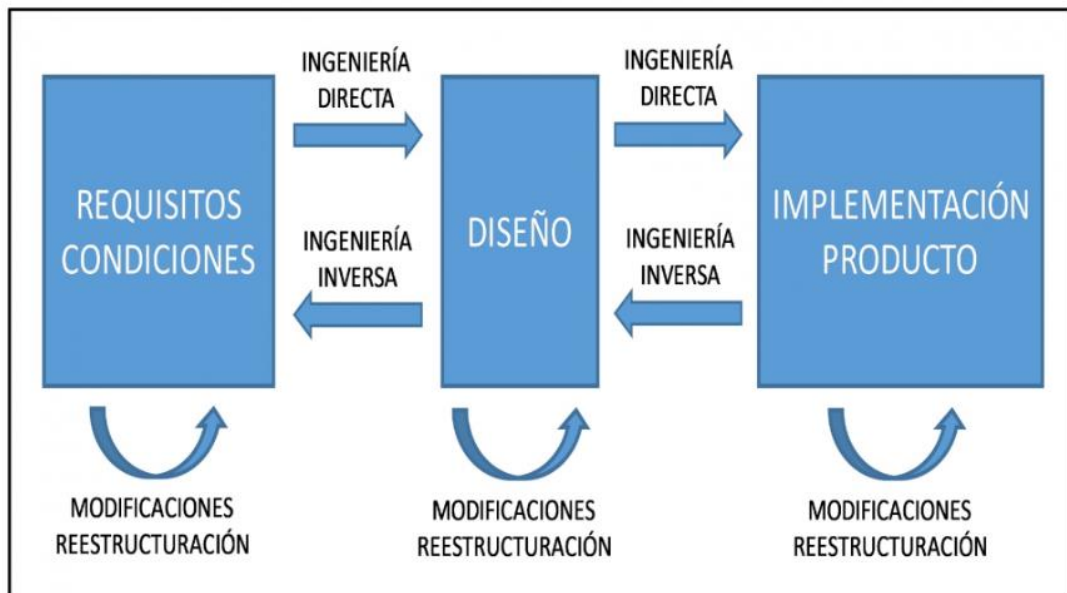
El diseño es el proceso de pensar un sistema, componente o proceso para satisfacer necesidades específicas. Esto a menudo requiere un proceso iterativo de toma de decisiones en el que los recursos se utilizan de manera óptima para lograr los objetivos establecidos.



*Figura 11. Proceso de diseño*

### ***La ingeniería inversa.***

La ingeniería inversa es el proceso de observar cómo se construye y opera un objeto, proceso, programa o sistema para mejorarlo o duplicarlo. La observación puede basarse en muchos aspectos, como la identificación de sus componentes, cómo interactúan entre sí o cómo se fabrica el producto, como se muestra en la Figura 12. [8]



*Figura 12. Esquema conceptual del proceso de ingeniería inversa.*

### ***Aplicaciones de la ingeniería inversa***

Aunque la ingeniería inversa se usó originalmente en la tecnología de armas durante la Segunda Guerra Mundial, cuando se creía que los vehículos o equipos enemigos podían crear máquinas más poderosas, hoy en día se usa para propósitos más generales y para hacer software como hardware.

También se puede utilizar para detectar infracciones de patentes, crear programas que sean compatibles con programas existentes o probar un programa informático en busca de agujeros de seguridad. Entre muchos otros usos.

### **La ingeniería inversa de hardware o de producto**

Este tipo de ingeniería inversa se aplica a todos los objetos físicos, como componentes electrónicos, máquinas, equipos, etc. A menudo, este proceso se repite, lo que requiere varios cambios en el diseño original. Como puede ver, este diseño puede ser una buena herramienta para dimensionar artesanías o artículos a mano alzada.

Así, sus aplicaciones son:

- Creación de nuevos modelos a partir de los existentes que han quedado obsoletos.
- Producción en serie de un producto cuando no se tienen datos del modelo.
- Reconstrucción y modelado de superficies complejas.
- Modelado CAD en 3D.
- Comparaciones con el mercado (benchmarking).

- Reproducción de dispositivos o herramientas afectados por el desgaste.

### **Utilización de la ingeniería inversa.**

Los fabricantes de muchas industrias utilizan procesos de ingeniería inversa para optimizar la producción, obtener una ventaja competitiva y reducir costos. Estas son las industrias más comunes donde se utiliza la ingeniería inversa.

### **Empresas de utillaje**

Las empresas de utillaje se basan en la ingeniería inversa para fabricar:

- Plantillas
- Accesorios
- Troqueles
- Moldes
- Piezas para máquinas y herramientas de corte
- Etc.

### **Bienes de consumo**

Los fabricantes de bienes de consumo optan por la ingeniería inversa para:

- Desarrollar prototipos rápidamente
- Probar y validar diseños conceptuales
- Analizar productos de la competencia
- Documentar y archivar diferentes iteraciones de diseño

## **2.2.6 Procesos de manufactura**

La palabra manufactura se deriva del latín manus (mano) y factus (hacer); una combinación de ambos medios hechos a mano.

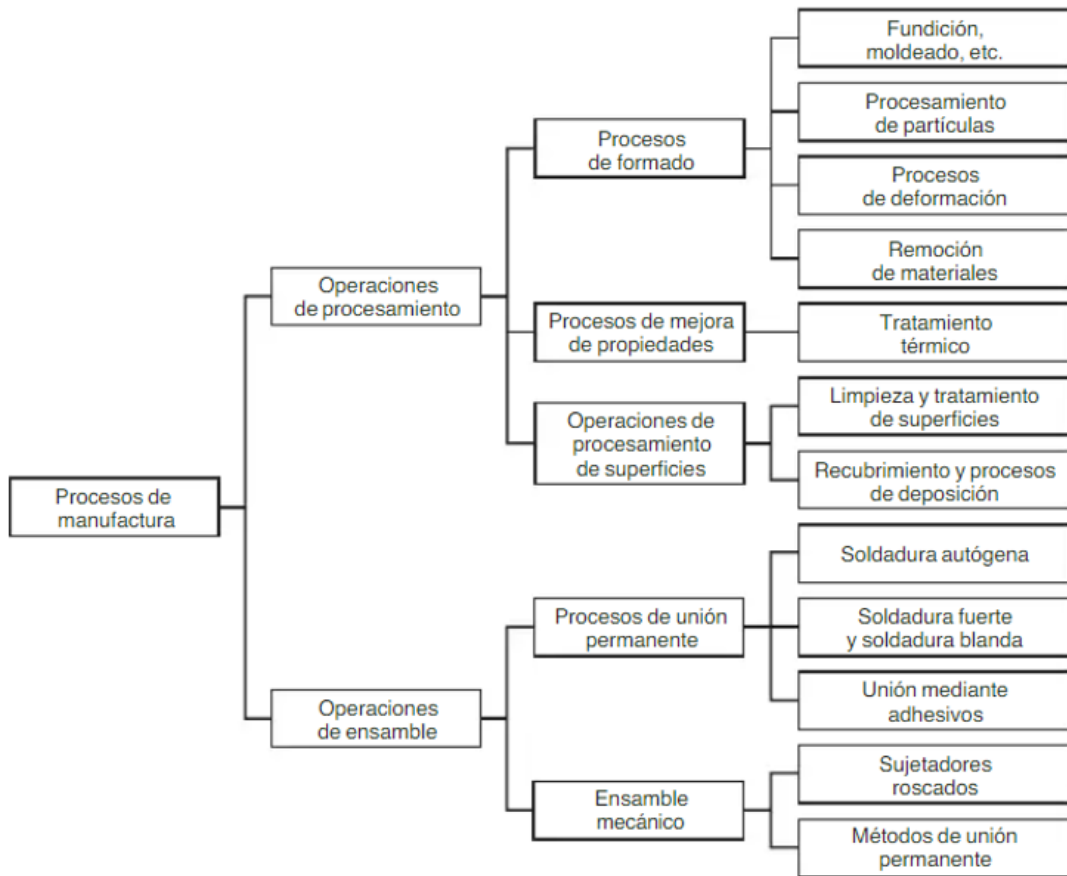
Es un proceso por el cual las materias primas se transforman en un producto específico que requiere cambios físicos; comenzando desde la etapa de diseño y aplicando los estándares adecuados para brindar a los usuarios productos de calidad. En la producción industrial, los próximos pasos deben determinarse considerando materiales, métodos, máquinas, mano de obra y ambiente, así como la instalación, costo y características físicas de cada producto, así como el desarrollo de nuevos productos.

En el contexto moderno, la producción se puede definir de dos maneras: una es tecnológica y la otra es económica. En un sentido tecnológico, la fabricación significa la aplicación de procesos físicos y químicos para cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia de un

material de partida determinado para producir piezas o productos; La fabricación también implica juntar varias partes para fabricar productos. [9]

**Clasificación de los procesos de manufactura.**

Los procesos de fabricación se dividen en dos tipos principales: 1) operaciones de proceso y 2) operaciones de montaje. La función de proceso mueve el material de trabajo de una etapa lista a una avanzada más cerca del producto final deseado, como se muestra en la Figura 13.



*Figura 13. Clasificación de los procesos de manufactura*

Es un proceso por el cual las materias primas se transforman en un producto específico que requiere cambios físicos; comenzando desde la etapa de diseño y aplicando los estándares adecuados para brindar a los usuarios productos de calidad.

En la producción industrial, los próximos pasos deben determinarse considerando materiales, métodos, máquinas, mano de obra y ambiente, así como la instalación, costo y características físicas de cada producto, así como el desarrollo de nuevos productos.

### -Clasificación de los procesos de manufactura.

El proceso productivo es responsable de todas las actividades relacionadas con el mismo, desde la llegada de la materia prima a la industria hasta su disposición como producto final. Sin embargo, sus tareas se clasifican durante la producción para enfocarse en diferentes áreas y es así:

#### **Procesos primarios.**

Su función es transformar los recursos naturales en productos primarios que no se procesan para el consumo final. Hay materias primas, capital, mano de obra, por nombrar algunos.

#### **Procesos secundarios.**

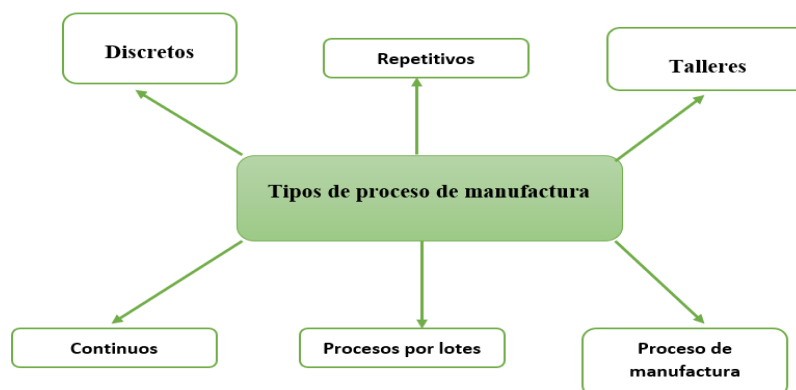
Este tipo de procedimiento considera las operaciones responsables de la transformación de la materia prima obtenida por el correspondiente tratamiento térmico o mecánico.

#### **Procesos terciarios.**

Cuando se completan las tareas secundarias, el siguiente paso es encargarse de conectar los elementos en un producto unificado si es necesario, o tratar cuestiones estéticas o superficiales para lograr el resultado final. [10]

### -Tipos de procesos de manufactura

Para llevar a cabo los procesos de producción se debe tener claro qué beneficio queremos obtener, pues existen diferentes métodos en la fábrica, a veces se necesita más de uno.



*Figura 14. Tipos de procesos de manufactura*

### **Discretos**

Los procesos de fabricación discretos son quizás uno de los más difíciles de facilitar, ya que el proceso real puede variar desde unas pocas modificaciones y cambios hasta una gran cantidad de volúmenes, es decir, precisión, mayor demora.

Si bien puede trabajar en varios productos a la vez, puede que no sea el proceso que desea utilizar cuando el tiempo es esencial.

### **Continuos**

Su funcionamiento es similar a la reutilización 24/7, con la gran diferencia de que los materiales que intervienen en este proceso son el líquido, gas, polvo o granulado que intervienen en la extracción.

Su producción suele variar mucho, por lo que este tipo de producción debe tener mucho cuidado si se trata de más de una materia prima.

### **Procesos por lotes**

Un proceso por lotes, como la fabricación discreta, puede ser general sobre el producto que se produce, pero en este caso depende totalmente de la demanda del consumidor producir más o menos para cumplir con la cantidad requerida.

Dado que se trata de lotes o productos múltiples del mismo producto, no se pueden seguir estándares estrictos en este tipo de producción ya que se pueden realizar cambios y cambios en el proceso en cualquier momento.

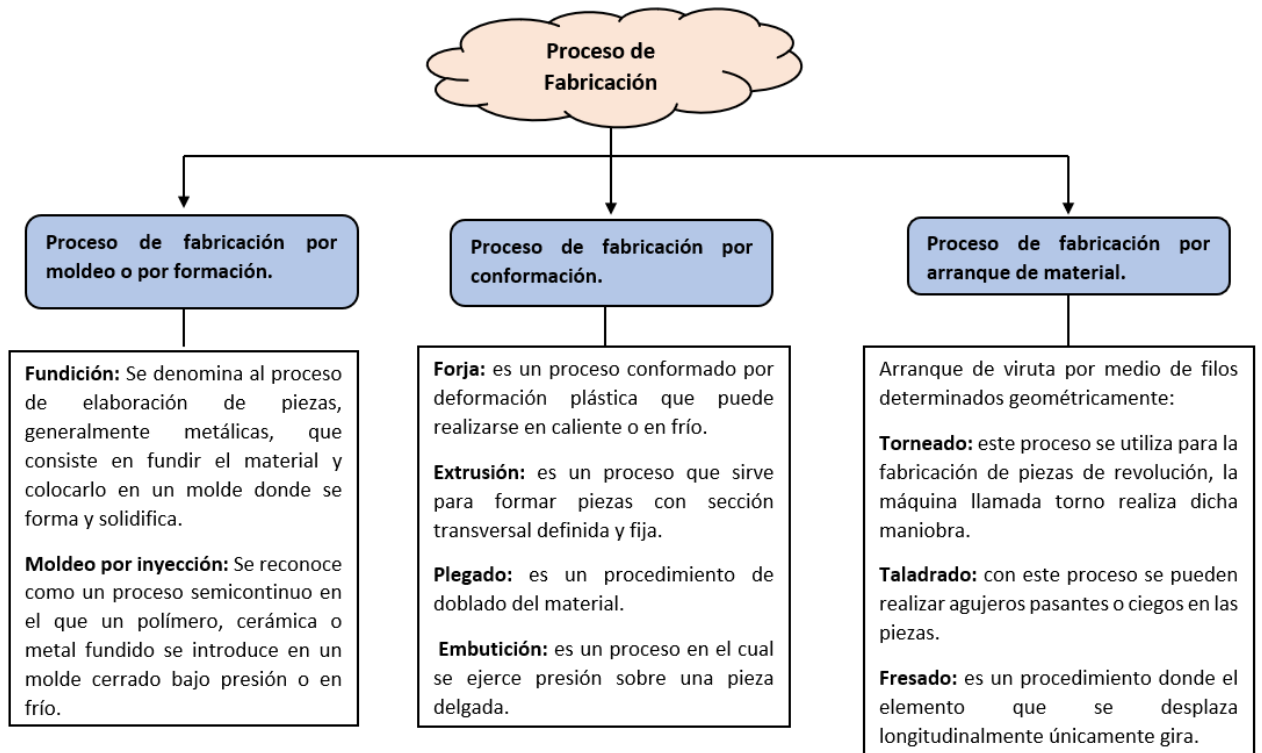
### **Proceso de manufactura adicional.**

El avance tecnológico significa que ahora hay un sexto proceso de fabricación. Desarrollada por primera vez en la década de 1980, la impresión 3D significa que los productos se pueden fabricar a partir de una variedad de compuestos y materiales, en lugar de utilizar métodos automatizados o trabajo manual. [11]

#### **2.2.7 Proceso de fabricación.**

El proceso de fabricación se llama una serie de operaciones de unidades para cambiar las materias primas. Estos procesos pueden variar según diferentes características: forma, densidad, durabilidad, tamaño o estética.

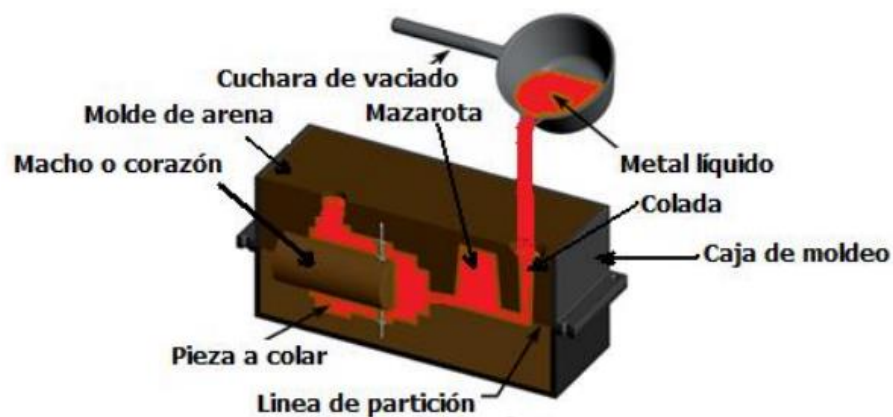
Los que usan tecnología mecánica y otros que usan tecnología química. En el primer caso, el proceso de fabricación se encuentra por fusión o moldeo.



*Figura 15. Tipos de proceso de Fundición.*

### Métodos de Fundición.

Durante el proceso de fundición, el metal fundido se derrite bajo la acción de la gravedad o alguna otra fuerza en el molde. donde se endurece y toma la forma de la cavidad . El término fundición también se refiere a la pieza que resulta de este proceso. Este es uno de los procesos más antiguos se formó, datando de hace 6.000 años. El principio de fundición es simple: el metal se funde, se vierte en un molde y se deja enfriar, como se muestra en la Figura 16. [12]

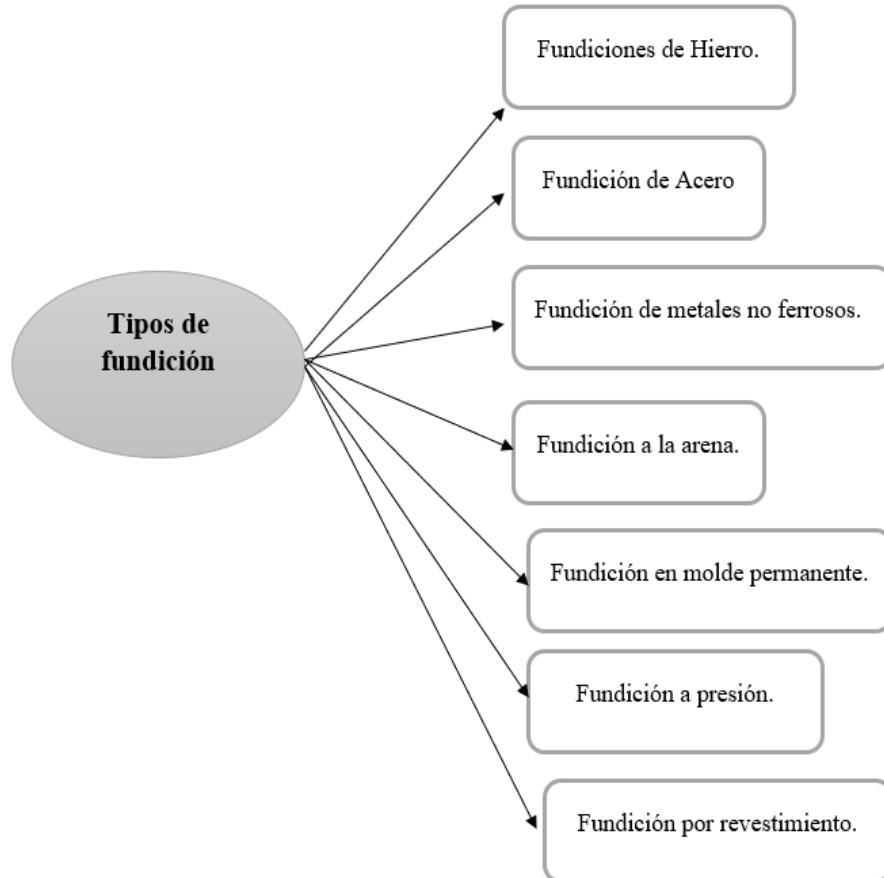


*Figura 16. Descripción esquemática del proceso de colada.*



## - Tipos y métodos de fundición.

En base al metal fundido, las fundiciones se clasifican como sigue:



*Figura 17. Tipos de fundición.*

### **Fundición de Acero**

Acero carbono. - Aleación de hierro con bajo contenido de carbono.

Aleación de acero. - El acero tiene algunas aleaciones especiales añadidas.

### **Fundición de metales no ferrosos.**

Cobre y latón. - Aleaciones con cobre como metal base más otros elementos de aleación.

Aluminio y aleación. - aleaciones con aluminio como metal base y otros elementos de aleación.

Magnesio y aleaciones. - Aleaciones con el metal base magnesio y otros elementos de aleación.

### **Fundición a presión.**

El metal fundido es vaciado bajo presión en un molde metálico.

## **Proceso de molde lleno**

Técnica de moldeo donde se utiliza un modelo de polietileno que se moldea en arena y sin extraerlo se vacía el metal fundido y se va dosificando en cuanto hace contacto el metal.

## **Ventajas**

- La fundición se puede utilizar para crear geometrías complejas.
- Algunos procesos de fundición pueden producir piezas de malla sin trabajo adicional para cumplir con los requisitos de geometría y dimensiones de la pieza.
- Las fundiciones se pueden utilizar para fabricar piezas muy grandes. Se produjeron piezas fundidas que pesaban más de 100 toneladas.
- La fundición se puede realizar en cualquier metal o aleación que se pueda calentar y licuar. En este caso, el proceso se limita a materiales con un punto de fusión inferior a 1750 °C, por lo que los metales refractarios no se tratan con estos métodos.
- La capacidad de aproximarse a la forma y el tamaño finales hace que la fundición sea una opción muy económica cuando el diseño da como resultado formas irregulares.

## **Desventajas**

- Estos incluyen la porosidad y las propiedades mecánicas inherentes a la solidificación y el enfriamiento.
- Las piezas fundidas varían en tamaño, desde piezas pequeñas que pesan solo unos gramos hasta piezas grandes que pesan más de 100 toneladas. [13]

## **Modelo.**

Los moldes son las principales herramientas utilizadas por las fundiciones para hacer piezas fundidas. Incluso si desea hacer una sola pieza, necesita una plantilla, que suele ser útil cuando se hace una gran cantidad de piezas. La obtención de un modelo adecuado se convierte así en el primer paso en el desarrollo de las piezas fundidas.

Un modelo puede definirse como una copia de una pieza a adquirir. El proyectista debe considerar la reducción de dimensiones por retracción durante el enfriamiento de la pieza, la rugosidad de las superficies por la calidad de la arena y las conchas de los machos.

## **Materiales para la construcción de Modelos.**

El número de piezas a realizar con el modelo determina los criterios de selección del material, que puede ser madera, metal, poliestireno, plástico, resina epoxi, cera o mercurio congelado.

Sin duda, la vida útil y la precisión del modelo son factores que también influyen en la selección del material.

Moldear al menos 10 veces, con el mismo modelo conviene fabricar metal más llevadero (aluminio o aleaciones de aluminio). También puede ser de bronce o de hierro gris, porque a veces se desgastan demasiado cuando hay que calentarlos, como ocurre con el modelo de calota.

### **Madera:**

Hay dos tipos de madera:

- Dura: Arce, Encino y Ébano
- Blanda: Pino Blanco, Cedro, Caoba y Abeto

El uso de este tipo de madera se basa en el número de piezas de madera. hecho con el modelo. La madera dura tiene una excelente resistencia al desgaste, pero la desventaja es su fragilidad y dificultad para trabajar. Toda la madera utilizada para hacer el modelo debe estar perfectamente curada o cocida y almacenada para evitar la absorción de agua.

### **Metales**

Los metales más comunes utilizados en la fabricación de maquetas son: hierro fundido, bronce, aluminio y magnesio; A veces también se utilizan aleaciones de plomo-bismuto. Teniendo en cuenta un sistema de formado ecológico, según la máquina y el tipo de aleación, se puede fabricar la siguiente cantidad práctica de matrices a partir de diversas estructuras metálicas sin más de 0,010 pulgadas de deformación.

- Hierro fundido
- Bronce
- Aluminio

### **Plásticos**

Las resinas epoxi y las resinas de poliéster reforzadas con fibra de vidrio son las más comunes en la fabricación de modelos. Otros son plásticos acrílicos, polietileno, estireno, acetato. La resistencia a las sustancias químicas, la maleabilidad y las características de desgaste hacen de la fibra de vidrio y las resinas epoxi un material muy adecuado para la fabricación de maquetas.

### **Otros**

Existen materiales como cera, yeso, hormigón refractario, barro y las más modernas espumas plásticas. El uso de cada uno de estos materiales es bastante específico y depende del tipo, tamaño y número de piezas realizadas.

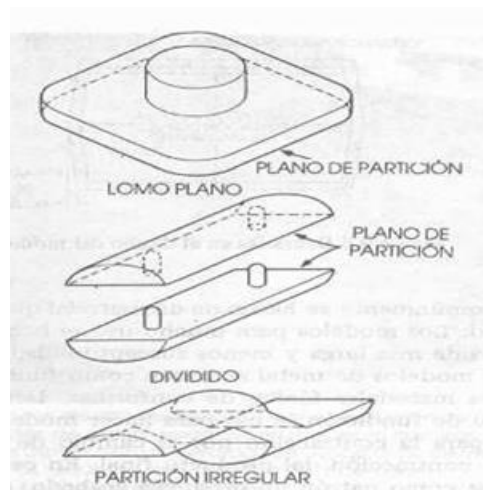
### **Tipos de Modelos**

Existen varios modelos, dependiendo del tipo, tamaño y peso de la pieza a fabricar, la cantidad de producción, la fundición y los requerimientos del equipo de producción:

- Modelos abiertos.
- Modelos independientes con sistema de colado incorporado.
- Maquetas de tablero.
- Modelos especiales
- Modelo con caja corazón.

### **Modelos Abiertos.**

Este tipo de diseño se puede considerar con un ensamblaje simple de las piezas a fabricar, incluidas las tolerancias y los diseños del casquillo. Al utilizar este tipo de modelo, la línea de molde debe realizarse manualmente. El sistema de vaciado y alimentación también se hace manualmente, y finalmente la separación del modelo del molde también se hace manualmente, en cuyo caso se debe soltar previamente el modelo para que se pueda separar del molde, en el caso de que las dimensiones tener cambiado en ese punto, como se muestra en la Figura 18.

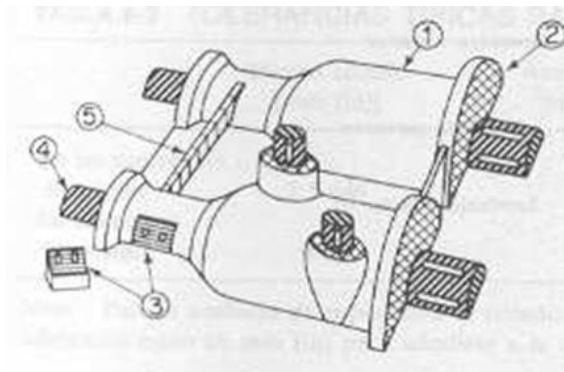


*Figura 18. Modelos Abiertos*

### **Modelos sueltos con sistema de colada incorporado.**

Son mejoras sobre modelos simples porque forman parte del sistema de vaciado del modelo, eliminando así la necesidad de trabajo manual en la elaboración de dicho sistema. Este tipo de

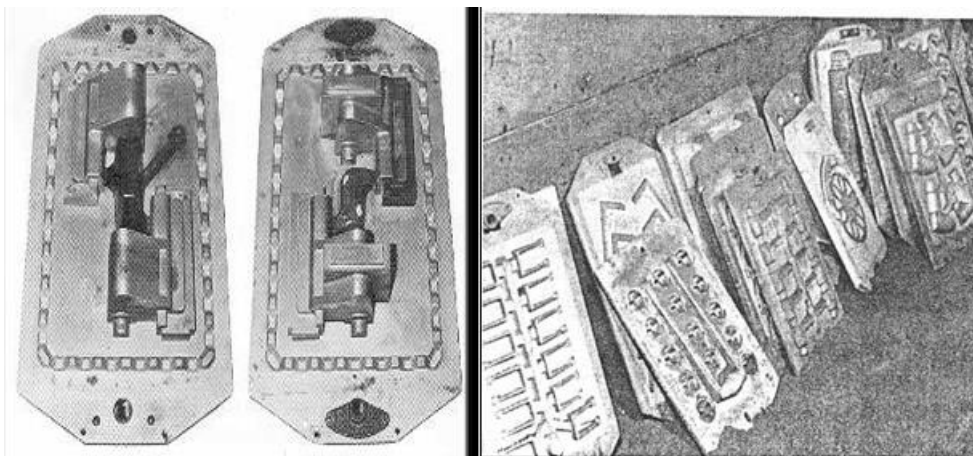
modelo consigue una producción más rápida de moldes para pequeñas cantidades, como se muestra en la Figura 19.



*Figura 19. Modelos sueltos con sistema de colada incorporado.*

### **Modelos placa Modelo**

La producción de piezas pequeñas de gran tamaño requiere el uso de este tipo de modelos. En ellos, las partes superior e inferior del modelo están montadas en lados opuestos de una placa de metal o madera que sigue la línea de partición. Las tejas estampadas también se fabrican de una sola pieza, en cuyo caso tanto la teja como los dibujos se vierten en moldes de arena o yeso, en este caso se denominan tejas sueltas. El sistema de fundición suele estar conectado a la misma placa, como se muestra en la Figura 20.



*Figura 20. Modelos placa Modelo*

### **Elaboración del Macho.**

La elaboración de machos requiere la preparación de moldes de diferentes formas y tamaños y la compactación de la arena química mediante un proceso de dosificación, para lo que disponemos de dos máquinas de cocción de machos para garantizar el óptimo funcionamiento del proceso.

Los machos, al igual que las piezas, deben tener una calidad óptima porque se colocan en moldes de arena para definir con precisión la forma interna y externa de la pieza. La producción en serie de machos es un paso importante en el proceso de fundición de piezas de aluminio, por lo que seguimos estrictos métodos de control además de los criterios de calidad, flexibilidad y protección ambiental aplicados en los procesos de fundición.

### **Elaboración del Macho.**

La elaboración de machos requiere la preparación de moldes de diferentes formas y tamaños y la compactación de la arena química mediante un proceso de dosificación, para lo que disponemos de dos máquinas de cocción de machos para garantizar el óptimo funcionamiento del proceso.

Los machos, al igual que las piezas, deben tener una calidad óptima porque se colocan en moldes de arena para definir con precisión la forma interna y externa de la pieza. La producción en serie de machos es un paso importante en el proceso de fundición de piezas de aluminio, por lo que seguimos estrictos métodos de control además de los criterios de calidad, flexibilidad y protección ambiental aplicados en los procesos de fundición. [14]

### **2.2.8 Molde.**

#### **-Cajas de moldeo.**

Son cajas de caras abiertas en las cuales la arena se compacta redondeando el modelo. Contiene y soporta la arena durante el moldeo y permite la apertura del molde para la extracción del molde.

Se alinean con pasadores y guías, cuando se requieren más de una línea de partición se usan los “cohetes” que no son más que otra caja externa, normalmente son de madera, si la pieza es grande se deja la caja puesta, pero esta deberá ser de metal.

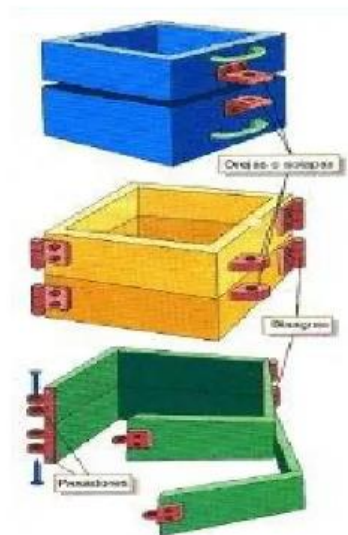
Cuando se trata de una fabricación en serie se emplean cajas de dimensiones y formas especiales, conforme con las piezas vaciadas. Por lo general hay que tratar de ajustar, en lo posible las cajas a la forma del modelo, con el objeto de reducir espacios para la arena con el consiguiente ahorro de mano de obra y de tiempo en el apisonado y en el desecado. Lo más sencillo es el moldeo en cajas de dos partes; sin embargo, en muchas ocasiones hay que recurrir a la acumulación de bastidores en mayor número, especialmente tratándose de modelos de

formas complicadas, se llama caja inferior y caja superior, si es caja de dos partes. Si se necesitan varias cajas se las designa así: caja inferior, caja intermedia, o cajas intermedias y caja superior. Para su ensamble correcto se utilizan espigas dispuestas en la caja superior, previendo las orejas correspondientes en la caja inferior.

### **Cajas de acuerdo con sus dimensiones.**

Cajas de pequeñas dimensiones: estas se manejan con las manos con ayuda de manijas.

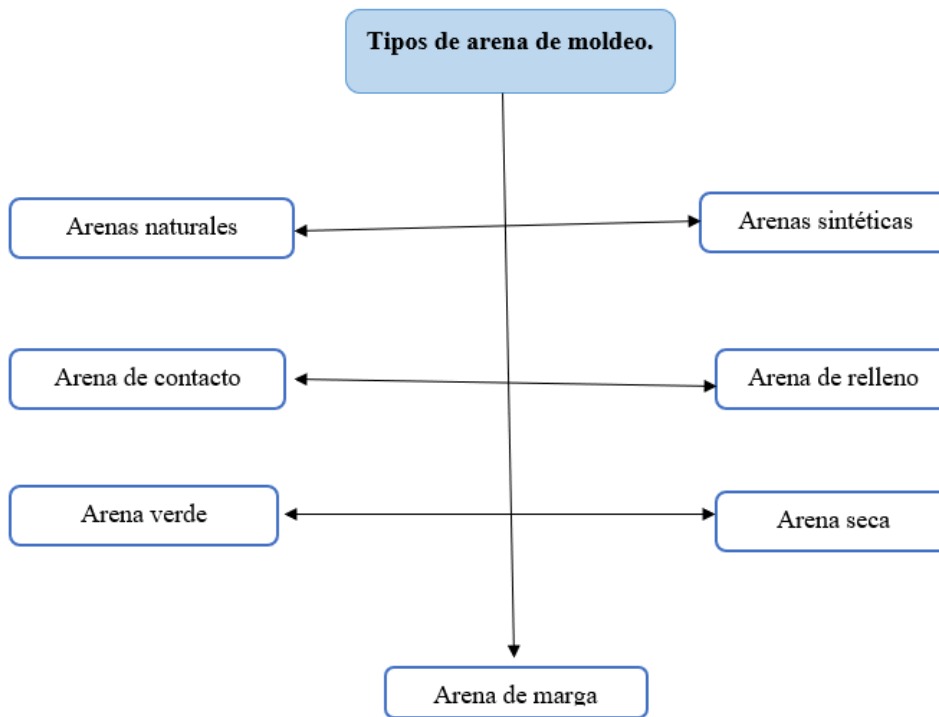
Cajas de mayores dimensiones: estas llevan muñones o empañaduras por los cuales es posible tomarlas con ayuda de un balancín y dos cuerdas o cadenas colgantes, de resistencia proporcionada, como se muestra en la Figura 21. [15]



*Figura 21. Caja de moldeo.*

### **-Tipos de arena de moldeo**

El método de fundición en arena es especialmente adecuado para la obtención de formas complicadas. En muchos casos este procedimiento es la única solución técnica a la que se puede recurrir para moldear piezas con machos de formas complejas.



*Figura 22. Tipos de arena de molde*

**Arena de relleno.**

Es empleada para rellenar las cajas de moldeo y por razones de utilidad se utiliza arena de granos más gruesos sin tamizar.

**Arena verde.**

Es una mezcla recién preparada de arena de sílice con 18 a 30 por ciento de arcilla, que tiene un contenido de humedad de 6 a 8%. La arcilla y el agua proporcionan la unión para la arena verde. Es suave, ligera y porosa. La arena verde es húmeda. Los moldes preparados con esta arena no requieren respaldo y, por lo tanto, se conocen como moldes de arena verde. Esta arena es de fácil acceso y posee un bajo costo. Se emplea comúnmente para la producción de piezas fundidas ferrosas y no ferrosas.

**Arena seca.**

Posee más fuerza, rigidez y estabilidad térmica. Es principalmente adecuada para piezas de fundición más grandes.

**-Método de elaboración de plantilla de fundición.**

En una buena parte de los casos la oquedad interior del molde se produce como consecuencia de la extracción de su interior de una plantilla. Esta plantilla es un modelo de la pieza que quiere



fundirse y que ha sido elaborada especialmente para ese propósito.

El proceso para la fabricación del molde por este método, de forma esquemática, simplificada y para piezas no huecas. [16]

### **Método de elaboración de plantilla de molde.**

Hay dos tipos básicos de plantillas:

#### **1.- Plantillas extraíbles.**

Son aquellas que al extraerla del molde mantiene su integridad por lo que pueden ser reutilizables. El caso mostrado en el ejemplo simplificado de elaboración del molde de arriba usa una de estas plantillas.

#### **2.- Plantillas desechables.**

Estas plantillas, confeccionadas de un material de bajo punto de fusión como la parafina, se extraen del molde por calentamiento, es decir, el molde se calienta y la parafina se funde y sale al exterior con lo que queda el espacio correspondiente a su forma formando la oquedad. Evidentemente la plantilla solo puede utilizarse una vez. Cuando se usa una plantilla desechable, el molde puede ser de una sola caja y el bebedero está elaborado en la propia plantilla y sale al exterior a través de un orificio en el cuerpo de la caja. Este orificio sirve a su vez para la salida del material fundido de la plantilla.

### **Características de la plantilla.**

La confección de una plantilla no es cosa de improvisadores, en ello hay que tener en cuenta diversos factores que hacen la diferencia entre una plantilla de mala calidad y una buena. Veamos:

Lo primero que debe tenerse en cuenta es que la plantilla debe poder extraerse del molde si romperlo, por ello:

- 1.- Todas las superficies deben tener buen acabado para evitar que se arrastre el material del molde, por ejemplo, la arena, al sacarlo.
- 2.- La forma de la plantilla debe ser tal que la parte más ancha de su sección corresponda a la zona de división de las cajas de moldeo, de esta forma puede ser extraída sin mucha dificultad. Si este precepto no se cumple, y la dimensión mayor está soterrada en la arena, necesariamente se romperá el molde al extraer la plantilla. Cuando las piezas son muy complejas hay que acudir a plantillas de múltiples piezas, algunas de las cuales (llamadas corazones), solo sirven como cuñas de separación entre las partes y deben ser sacadas primero para que la plantilla disminuya

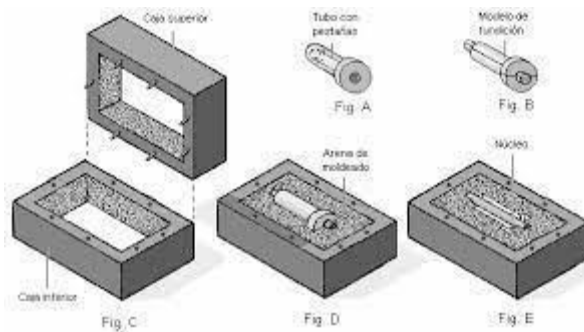
sus dimensiones y pueda ser extraída.

3.- Las plantillas deben estar cortadas simétricamente para que cada una de las mitades se quede en el material de la respectiva caja cuando estas se separen para extraer la plantilla. Tenga en cuenta que ambas cajas están aseguradas con espigas guía, de manera que el movimiento relativo entre ellas es solo de separación y debido a la adherencia natural de la plantilla con el material del molde es mejor que la plantilla se separe en dos antes de que arrastre material afectando el molde.

4.- Si la pieza a fabricar es una pieza hueca y por ello se colocarán machos en el molde, la plantilla debe propiciar las zonas donde se hará la posterior colocación de los soportes del macho. [17]

### **Diseño de piezas.**

La forma y las dimensiones de la pieza a fabricar dependen, como es evidente, de muchos factores en función de su uso posterior, lo que no interesa en esta página. Este modelo, el más común, proviene de un experto en forma de uno o más dibujos lo suficientemente detallados como para permitir formar la cavidad, como se muestra en la Figura 23.



**Figura 23.** *Plantilla de fundición.*

### **Aleación.**

El bronce fue la primera gran aleación metálica adquirida por el hombre y da nombre a la Edad del Bronce. Durante milenios, ha sido la principal aleación utilizada en la fabricación de armas y herramientas, y los orfebres de todas las épocas la han utilizado para fabricar joyas, medallas y esculturas. Las monedas acuñadas con aleaciones de bronce jugaron un papel importante en el comercio.

Como se mencionó anteriormente, el cobre forma parte de un número muy grande de aleaciones que generalmente tienen mejores propiedades mecánicas, aunque tienen una

conductividad eléctrica más baja. Los principales son los conocidos como bronce y latón. Por otro lado, el cobre es un metal duradero porque puede reciclarse casi indefinidamente sin perder sus propiedades mecánicas.

### **2.2.9 -Materiales de fundición.**

Las piezas fundidas son componentes esenciales en la industria de la fundición, donde las piezas de metal o plástico se crean fundiendo materiales como aleaciones de hierro, acero, cobre o latón, y luego se tratan con arena y arcilla y luego se colocan en el molde hasta que se endurecen y solidifican. Estas fundiciones generalmente se extraen con arena natural que contiene granos de cuarzo, lo que la hace refractaria. La arcilla es otro elemento común e imprescindible, y junto con la arena creamos el producto perfecto.

#### **Tipos de metales**

Los metales son materiales que se obtienen a partir de minerales que forman parte de las rocas. Por ejemplo, el metal hierro se extrae de minerales de hierro como la magnetita o la siderita.

Los Metales se pueden dividir en dos grandes grupos:

**Metales ferrosos:** Son aquellos metales que contienen hierro como componente principal.

Entre estos están:

- El hierro puro
- El acero
- La fundición

**Metales no ferrosos:** Son aquellos metales que no contienen hierro o contienen muy poca cantidad de hierro. Hay muchos:

- El cobre
- El aluminio, el bronce, el cinc, el plomo, etc.

Hay un tipo de metales no ferrosos que destacan por su valor económico, llamados metales nobles, los cuales son: oro, plata y platino.

#### **Proceso de llenado del molde.**

El relleno del molde suele ser de acero calentándolo ligeramente por encima de la temperatura del líquido. A medida que aumenta la temperatura de calentamiento, mejora la fluidez del acero y mejora el llenado del molde. [18]

### **Proceso de Fundición.**

La ventaja del horno de fusión y mantenimiento con quemador diesel es su menor costo por unidad de escape de calor. El diesel es más barato de transportar y almacenar porque es más económico que usar gas natural o GLP como combustible. El diésel es menos viscoso que el crudo pesado. Puede lograr una combustión completa sin precalentamiento y obtener el mismo efecto de combustión que la combustión de gas.

La temperatura de fusión tiene una gran influencia en la calidad de la fusión del acero. Si la temperatura de fusión es demasiado alta, aumentará la contracción del acero fundido, aumentará el contenido de gas y se fortalecerá el efecto térmico del acero fundido en el molde, lo que hará que las piezas fundidas de acero se dañen fácilmente (como huecos). retracción, poros, deformaciones, grietas y arena atrapada. Si la temperatura de fusión es demasiado baja, la fluidez del acero fundido es pobre y es fácil que se produzcan defectos como aislamiento en frío, falta de fusión y escoria en las fundiciones de acero. [19]

### **Medidas de seguridad en fundición**

Los empleados deben aplicar estrictas medidas de protección personal. Los guantes, cascos, lentes polarizados y ropa resistente al fuego son obligatorios. Los empleados deben recibir instrucciones sobre el uso y mantenimiento del equipo de protección personal.

Al verter metal en un molde, puede liberarse una cantidad visible de vapor o puede escaparse metal fundido de los moldes; Por ello, es necesario utilizar equipos de protección individual adecuados y mantener la distancia de seguridad.

### ***Moldes y su fabricación.***

Las arenas de fundición son sílice (Si O<sub>2</sub>) o sílice mezclada con otros minerales. La arena debe tener buenas propiedades refractarias, es decir, capacidad de soportar temperaturas altas sin que se funda o sufra algún otro tipo de degradación.

### **Moldeo al vacío**

En lugar de un aglutinante químico, se utiliza un molde de arena que se mantiene unido por presión de vacío. Por lo tanto, el término vacío en el contexto de este proceso se refiere a la fabricación del molde, no a la fundición en sí.

### ***La práctica de la Fundición***

En todos los procesos de fundición, el metal debe calentarse hasta un estado líquido para ser fundido o prensado en un molde. El calentamiento y la fusión tienen lugar en el horno. Esta sección analiza los diferentes tipos de hornos utilizados en las fundiciones y los métodos de transferencia de metal fundido del horno al molde.

#### **Hornos**

Los tipos de hornos más comunes que se emplean en las fundidoras son: 1) cubilotes, 2) hornos de combustible directo, 3) crisoles, 4) hornos de arco eléctrico y 5) hornos de inducción. La elección del tipo de horno más adecuado depende de los siguientes factores: la aleación del metal que se va a colar; sus puntos de fusión y vertido; requisitos de capacidad del horno; costos de inversión, operación y mantenimiento; y consideraciones de contaminación ambiental.

#### ***Vertido, limpieza y tratamiento térmico.***

A veces, el metal fundido se transporta desde el horno hasta el molde utilizando crisoles. Más a menudo, la transferencia se realiza utilizando diferentes tazones. Estos cuencos reciben el metal del horno y permiten verterlo cómodamente en los moldes. [20]

### ***Calidad de Fundición***

Hay muchas formas en que las cosas pueden salir mal en las operaciones de fundición que pueden causar defectos en la calidad del producto. Esta sección enumera los errores más comunes que ocurren durante el alivio del dolor y proporciona procedimientos de inspección para detectarlos.

**Porosidad** - Esto se debe a los gases que no pueden escapar fácilmente cuando se lanza el metal. Si la porosidad se distribuye uniformemente por toda la pieza, es señal de que el gas ya se ha disuelto en el metal antes de fundirse.

**Rechupe.** - Es un hueco que queda en el cuerpo como consecuencia de la contracción líquida y solidificación de los metales.

**Soplado.** - Un agujero en la masa fundida causado por gas atrapado durante la solidificación. Estos agujeros se extienden hasta la superficie. El soplado también puede ser causado por arena demasiado húmeda.

**Grietas** - Las grietas en caliente o fracturas en caliente se producen cuando existe una rigidez en el molde que provoca un esfuerzo de tracción en la pieza.

**Llenando incompleto.** Este es el resultado de la solidificación del metal antes de llenar el molde. Esto también se debe a un sistema nutricional deficiente. [21]

## **Defectos en el interior de la pieza.**

### **Las porosidades.**

Los agujeros pequeños, las burbujas y los agujeros de soplado tienen el mismo aspecto. En realidad, son pequeñas burbujas o burbujas esféricas o aplanadas (burbujas) con una superficie lisa, causadas por gases disueltos en el metal liberado durante la solidificación, o por gases o vapores generados en contacto con el molde. con el metal y que debido a la baja permeabilidad del molde intenta encontrar un camino a través del metal líquido donde quedan atrapados por solidificación.

### **Los rechupes**

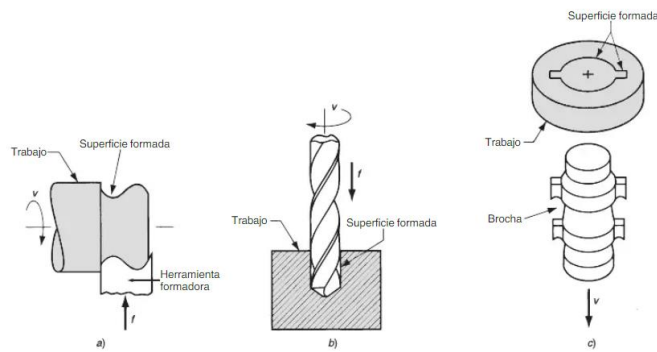
Son cavidades cuyas paredes están cortadas debido a la presencia de dendritas formadas durante la solidificación. A veces las dendritas ocupan completamente la cavidad y se obtiene porosidad dendrítica. Son cavidades cuyas paredes están cortadas debido a la presencia de dendritas formadas durante la solidificación. A veces las dendritas ocupan completamente la cavidad y se obtiene porosidad dendrítica. [22]

## **2.2.10 Mecanizado**

Los procesos de eliminación de material son una familia de operaciones de conformado en las que se elimina el exceso de material de la pieza de trabajo original para dejar la forma final deseada. La parte más importante de la familia es el mecanizado tradicional, donde el material se corta mecánicamente en la forma deseada con un cuchillo afilado. Los tres principales procesos de mecanizado son el torneado, el taladrado y el fresado. [23]

### **Operaciones de maquinado y máquinas herramienta**

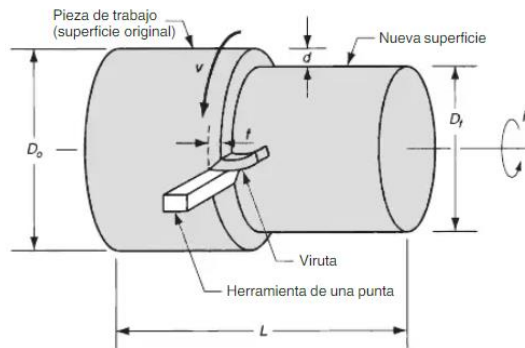
El mecanizado es el más versátil y preciso de todos los procesos de fabricación, ya que puede producir una variedad de piezas y características geométricas (por ejemplo, roscas de tornillos, dientes de malla, superficies lisas). La fundición también puede producir una variedad de formas, pero carece de la exactitud y precisión del mecanizado, como se muestra en la Figura 24. [24]



**Figura 24.** Formas en maquinado: a) torneado de formas, b) taladrado y c) brochado

## Torneado

El torneado es un proceso de mecanizado en el que una herramienta de un solo extremo elimina material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica giratoria; la herramienta avanza de forma lineal y paralela al eje de rotación, como se muestra en la Figura 25.



**Figura 25.** Operación del torneado

## Fresado

El rectificado es un proceso en el que la pieza de trabajo se alimenta frente a una herramienta cilíndrica giratoria, de múltiples filos o de filo (en algunos casos raros, se usa una herramienta de un solo filo llamada rectificadora de un solo perfil). [25]

### 2.2.11 Calidad superficial.

#### Elementos de la calibración

1. La aplicación de cargas de prueba al instrumento para pesar bajo condiciones especificadas.

El cliente puede especificar una determinada parte del peso, que está limitada por las cargas mínimas y máximas o cargas nominales individuales, para lo cual solicita el servicio de calibración.

## *2. La determinación del error o variación de la indicación.*

El error de lectura y la prueba de repetición miden la diferencia en los resultados de pesaje de la misma carga cuando se coloca en la celda de carga varias veces y prácticamente de manera idéntica.

## *3. La estimación de la incertidumbre de la medición a ser atribuida a los resultados.*

Su correspondiente incertidumbre del ordenante en los puntos de calibración seleccionados y permite la evaluación del rendimiento de la balanza durante todo el intervalo de medición o el intervalo de tiempo seleccionado por el cliente. [26]

### ***Instrumentos de medición y calibradores convencionales***

Su tarea es garantizar que los productos fabricados cumplan con las especificaciones establecidas y sean cualitativamente correctos. También maneja documentación de alta calidad y registro de eventos del proceso de producción, por lo que este profesional debe ser capaz de manejar tanto instrumentos y máquinas industriales (por ejemplo, micrómetros, calibres, calibradores, máquinas 3D, etc.) como una computadora. [27]

### ***Reloj comparador.***

Como su nombre indica, un reloj de referencia se utiliza para comparar las medidas y variaciones de dos objetos, uno de los cuales se toma como referencia. Mide específicamente movimientos milimétricos, por lo que es muy utilizado para detectar niveles y patrones de desgaste. Esto lo convierte en un instrumento utilizado en diversos lugares de trabajo, especialmente en las áreas de calidad mecánica y automotriz y en laboratorios, como se muestra en la Figura 26.

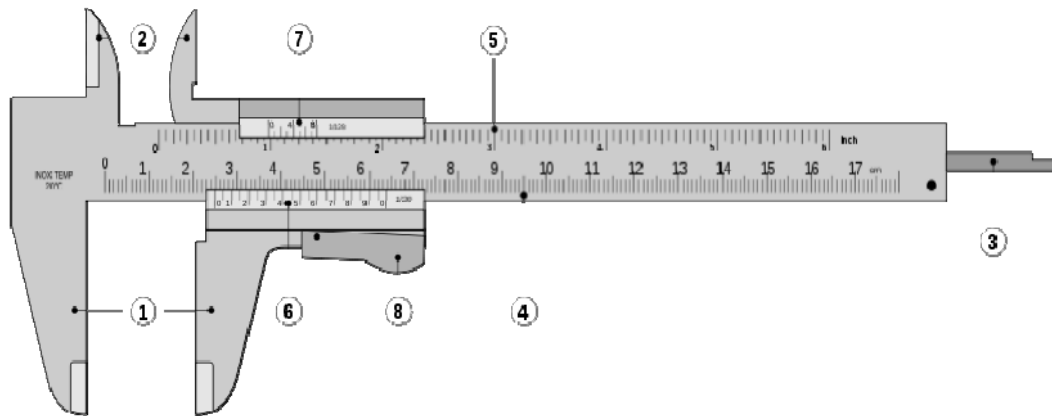


***Figura 26. Reloj comparador.***



### **Calibre o pie de Rey**

El *calibre de montura* es un instrumento de aleación de *acero que es el más común*. Consiste en una "regla" con un cuadrado en un extremo, sobre el cual se diseña el otro para medir medidas con una escala. Le permite estimar longitudes de 1/10, 1/20 y 1/50 milímetros utilizando un vernier. A través *de la parte superior e inferior*, le permite medir las *dimensiones y profundidades internas*. Tiene dos escalas: la inferior en milímetros y la superior en pulgadas, como se muestra en la Figura 27. [28]



**Figura 27. Calibre o pie de Rey**

### **2.2.12 Uso del software Autodesk Inventor 2023**

Autodesk Inventor es un software CAD basado en computadora desarrollado por Autodesk para modelado, simulación, visualización y documentación mecánica en 3D. Inventor integra datos 2D y 3D en un entorno y crea una representación virtual del producto final, lo que permite a los usuarios verificar la forma, el ajuste y la función del producto antes de construirlo.

Otra aplicación de esta herramienta es la simulación de flujo, que le permite agregar diferentes componentes para evaluar el diseño en torno a la forma, el tamaño y las relaciones geométricas que definen la cinemática en su conjunto. [29]

### **-Impresión en 3D en las impresoras Artillery Genius y Anet ET5.**

Estas dos impresoras se utilizaron para realizar las piezas del impulsor de la bomba de agua que se simuló en el software inventor, son aptas para imprimir en toda clase de materiales entre PLA, ABS, PETG, flexibles como TPU, TPE, TPC, SOFT PLA y con efecto metalizado, madera, mármol, incluso, nylon, fibra de carbono y mezclas especiales que pueden cambiar de color o brillar en la oscuridad.

El material que se imprimió las piezas fue en PLA color negro ya que es un material rígido, económico y no es tan difícil de conseguirlo. Al mismo tiempo, al momento de la fundición de la pieza no va a tener complicaciones para disolver, como se muestra en la Figura 28.



*Figura 28. Impresoras 3D Artillery Genius y Anet ET5.*

A continuación, se presentan las características de las impresoras 3D ocupadas para la impresión de las piezas del impulsor.

**Tabla N° 1.** Características de las impresoras 3D.

<b>Artillery Genius</b>	<b>Anet ET5</b>
<p>Su espacio de construcción permite crear piezas con una base de 22 x 22 cm y hasta 25 cm de altura.</p> <p>Sus dimensiones exteriores, 43 x 39 cm de base x 74 cm de altura, incluyendo el carrete de filamento, simplifica su manipulación, resuelven su transporte y le permiten</p>	<p>-Largo de la impresora 3D 540 mm ,ancho de la impresora 3D 520 mm ,altura de la impresora 3D 640 mm ,peso de la impresora 3D 9.7 kg.</p> <p>El área de impresión es de largo de la zona de impresión 300 mm, el ancho de la zona de</p>

adaptarse fácilmente a cualquier lugar de trabajo, ya sea en casa, la oficina o el taller.	impresión 300 mm y la altura de la zona de impresión 400 mm.
--	--

### 3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA:

El presente proyecto consiste en la manufactura de un impulsor de una bomba de agua centrífuga, la meta de la manufactura del impulsor, es reducir evitar comprar otra bomba ya que cuesta más de lo que se gastaría en la manufactura.

#### 3.1 METODOLOGÍA:

La información que se obtiene para el impulsor se obtenida por trabajos precedentes, herramientas computacionales y libros necesarios e indispensables, para la realización del diseño de la plantilla y el proceso de manufactura del impulsor se utilizó los siguientes equipos y materiales.

**Tabla N° 2.** Equipos y materiales utilizados.

<b>Equipos y materiales.</b>	
<b>Hardware</b>	<b>Software</b>
Computador portátil Amoladora Cierra Regla Calibrador Estufa Espuma Flex Impresora 3D Impresoras 3D Artillery Genius y Anet ET5 Bronce al Radial Horno de oil diesel Lima de acero de carbono (para acabados)	Autodesk Inventor 2023

superficiales)	
----------------	--

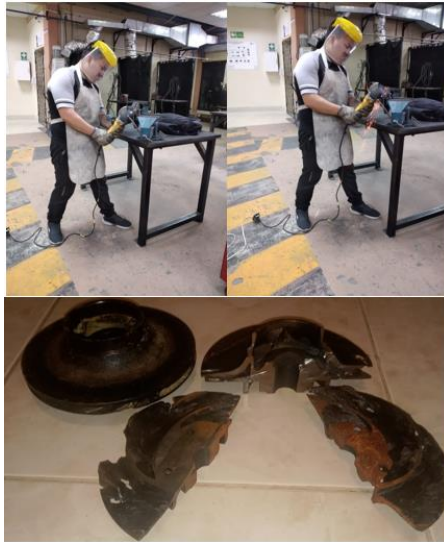
### 3.1.1 Proceso de Diseño.

#### Ingeniería inversa.

Antes de iniciar un proyecto de ingeniería inversa, es importante que el fabricante determine sus necesidades exactas. ¿El fabricante quiere reproducir el componente tal cual (como se fabricó) pero con defectos, desgaste, etc.? Analice por qué una pieza no funciona, descubra por qué un ensamblaje salió mal o duplique una herramienta existente. Un ingeniero inverso o un diseñador industrial puede crear un modelo 3D tal cual, o generar un modelo 3D, realizar cambios e integrarlos en componentes si es necesario. Por otro lado, el fabricante puede querer comprender la intención del diseño; es decir, en este caso, la ingeniería inversa no reproducirá el defecto o desgaste de la pieza. En cambio, se reconstruye perfectamente el modelo 3D de la pieza y se corrigen todos los parámetros del objeto. Luego, los fabricantes deben decidir qué tecnología de medición 3D utilizar en función de la aplicación y el entorno de recopilación de datos.

#### Paso 1

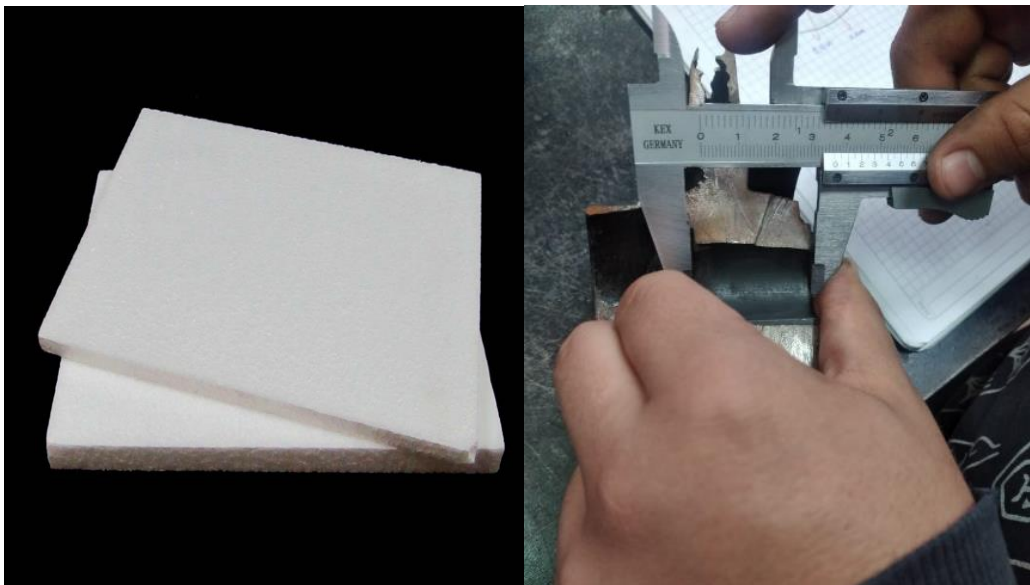
En el proyecto para poder tomar las medidas y poder hacer los moldes que necesitamos para recrear la pieza se realizaron 3 cortes en el impulsor más dañado, estos cortes se hicieron partiendo a la pieza por la mitad y para poder tomar las medidas del interior a una de las mitades se le separó en dos, para poder tomar las medidas de los álabes, se prosiguió a cortar la pieza utilizando la amoladora para así poder tener mayor accesibilidad y comodidad para tomar las medidas de las piezas utilizando el calibrador, como se muestra en la Figura 29.



*Figura 29. Ingeniería inversa.*

## **Paso 2**

Para tomar las medidas de las curvas se usó técnicas como la de calentar las piezas en la estufa y con materiales de plástico o de fácil moldeo se pegaron a las piezas tomando forma de las curvas y de esa manera poder dibujarlas y hacer los diferentes planos y moldes en el inventor, como se muestra en la Figura 30.



*Figura 30. Toma de medidas del impulsor*

### **3.1.2 Proceso de manufactura**

Los tipos de procesos de manufactura utilizados son:

## Discretos

Debido a que la manufactura escogida es un proceso de fundición se toma en cuenta los procesos discretos ya que hace referencia algunos de los más difíciles de facilitar, ya que el proceso real puede variar desde unas pocas configuraciones como las que se hizo en el diámetro del impulsor.

## Continuos

El proceso es continuo debido a que se trabaja con materiales que pueden ser líquidos, gases y polvos relacionados con la minería, además de que por tratarse de materia prima se debe tener más cuidado al momento de trabajar.


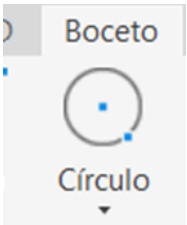
## Proceso de manufactura adicional

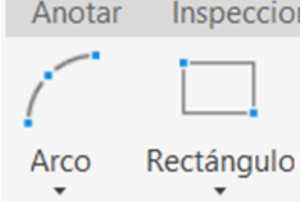
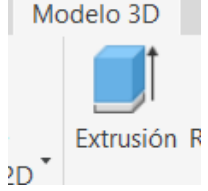
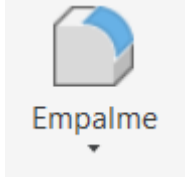
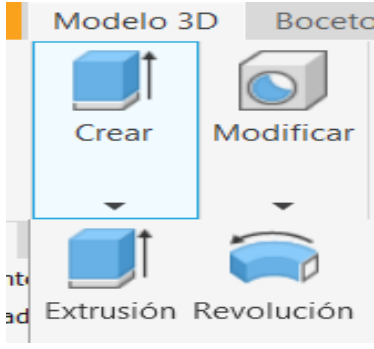
Se refiere al uso de la tecnología al cambiar la mano de obra del ser humano por una más exacta como lo es cambiar el tallado de moldes de madera a las impresoras en 3D aprovechándola más que para su uso común que es imprimir muñecos o adornos esto se hace usando diferentes materiales como los termoplásticos, plásticos termoendurecibles entre otros.

### 3.1.3 Barra de herramientas de inventor utilizadas

Para la realización de la pieza se usaron las siguientes herramientas de inventor.

**Tabla N° 3.** Barra de herramientas utilizadas.

	La línea nos permite realizar segmentos de diferentes dimensiones como perpendiculares entre otros.
	Círculo que nos permite realizar círculos con diferentes diámetros o radios ubicados en la barra de herramientas.

	<p>El arco se ocupó para las partes específicas del impulsor como en la parte del macho y el rectángulo también.</p>
	<p>Boceto siguiendo de la herramienta extrusión que se encuentra en la barra de tareas Modelo 3D.</p>
	<p>También se usó la herramienta de Empalme que sirve para poder dar ángulos entre dos superficies planas que se encuentren continuas y está ubicada en la barra de herramientas Modelo 3D.</p>
	<p><b>Elaboración del macho inferior</b></p> <p>Para la elaboración del mismo se utilizó las mismas herramientas antes mencionadas aumentando una más para poder hacer los álabes del impulsor al tener diferentes alturas fue necesario hacer un dibujo en el plano xy para así usar la herramienta Revolución que se encuentra en la barra de herramientas Modelo 3D, esta herramienta permite hacer una extrusión de una figura que puede dar una vuelta de 360 grados.</p>

### 3.1.4 Proceso de elaboración del molde del Impulsor

Se realizaron los siguientes pasos para comenzar la simulación del impulsor para poder imprimirlo en 3D.

### **Piezas realizadas en inventor para la fundición del impulsor**

Las piezas se dividieron en dos: uno para la fabricación del macho y el otro para la parte externa de la pieza.

Se divide en dos piezas la parte superior y la parte inferior, el diseño de las piezas que debe ser detallado, sobre todo en la parte interna de la pieza pues es esencial para los álabes esto se conoce como la elaboración del macho.

### **Para la elaboración del macho se deben seguir algunas especificaciones:**

- 1.- Se debe realizar de manera exacta los álabes impulsores pues es la parte principal que se desea replicar.
- 2.- Para la tapa del impulsor es necesario que la parte interna que se conecta con los álabes sea igual al impulsor original pues hay que formar las curvas del impulsor y la parte externa de la tapa no es necesario que tenga la misma forma del impulsor debido a que no se toma en cuenta a la hora de la fabricación del molde de arena.
- 3.- En el molde del impulsor donde se encuentran los álabes es necesario dejar un espacio debido que ahí se debe embonar la parte del molde, que es de la estructura de impulsor.

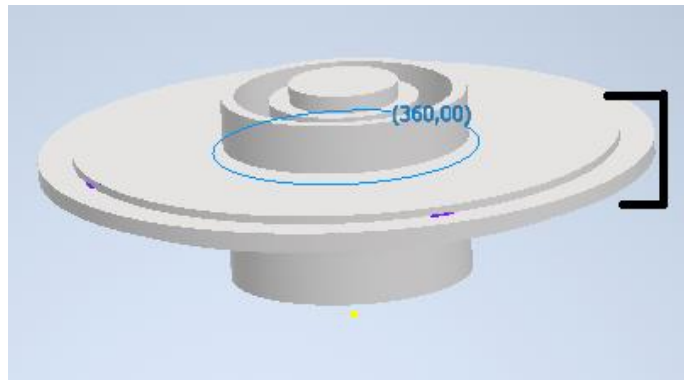
### **Elaboración de las piezas de la estructura del impulsor**

Para su elaboración se deben seguir algunas especificaciones. Se divide en dos partes la parte superior e inferior:

- 1.- El diseño de la parte superior es necesario que la estructura sea idéntica a la del impulsor exceptuando en la parte donde van detalles específicos del impulsor que se realizan con maquinado porque en la fundición no quedan igual a como se especifican las medidas del impulsor y con el maquinado si se pueden controlar dichas medidas, además de eso se debe sobredimensionar para tener la sobremedida necesaria para el maquinado observar tabla *No 6*.
- 2.- En la parte inferior de la estructura al no ser detalles muy complejos si se dibujan con las medidas del impulsor y para poder presentar un buen acabado se hace un sobredimensionamiento para poder dar los detalles finales con el mecanizado observar tabla *No 6*.



3.- Es necesario que entre el centro de las dos piezas de la estructura del impulsor se coloque una pieza con el grosor de los álabes para poder unir con la parte del macho inferior como se muestra en la Figura 31.



*Figura 31. Estructura del impulsor.*

### **Impresión de los moldes**

La impresora Artillery Genius se ocupó para imprimir el molde de la estructura del impulsor y la impresora Anet ET5 se ocupó para imprimir las piezas grandes del impulsor como el macho y al ser una pieza demasiado grande se tuvo que dividir en la mitad la pieza para imprimir porque el anchó de la zona de la impresión es de 300mm y la base el impulsor también es de 300mm y no se podía imprimir la pieza completa, después se unió las piezas con un pegamento y formar el impulsor completo.

#### **3.1.5 Proceso de fundición**

Esta mezcla de preparación de arena se presiona alrededor del patrón (el patrón de la pieza deseada) bajo una presión y temperatura específicas para garantizar que se mantenga su forma durante el proceso de fundición. La arena mezclada se compacta alrededor de la plantilla, tomando la forma del molde deseado.

A veces, el diseño de fundición incluye algunos canales internos. Para ello se utilizan machos de arena, que consisten en una mezcla de tipos de arena similares. Los núcleos se colocan estratégicamente para formar los canales necesarios en el dolor. Luego se cierran los dos lados del molde y se vierte el metal en la cavidad y se deja solidificar.

Después de la solidificación, la arena se sacude hasta que se separa de la masa fundida. El proceso de acabado se puede realizar mediante rectificado, mecanizado

### 3.1.5.1 Análisis del diseño de la pieza para ver si puede ser obtenida por fundición

Para la ejecución de la tecnología de fundición de la pieza que se desea proyectar, lo primero que debemos hacer es analizar que, si la pieza se puede obtener por fundición debido a su espesor de pared ya que, al verter el metal líquido, este debe ser capaz de fluir a través de las cavidades del molde y copiar correctamente la cavidad del molde, para ello se determina la dimensión equivalente (N) según (Goyos L. y Martínez H., 1991).

### 3.1.5.2 Material del Impulsor

El material seleccionado para la fundición del impulsor fue tomado en cuenta por sus características como:

**Tabla N° 4.** Material del Impulsor

<b>Bronce al aluminio</b>	<b>Acero Fundido</b>	<b>Aluminio</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Proporcionan una dureza y resistencia a la corrosión superior.</li><li>-El componente de cobre de la aleación evita la invasión de algas, líquenes, ostras y mejillones y, por lo tanto, puede ser superior al acero inoxidable.</li><li>-La duración del material es de 5 a 6 años estando en contacto especialmente en el agua, agua de mar entre otros.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-La resistencia de este material solo es eficiente a la corrosión de líquidos neutros y alcalinos</li><li>- El acero dúctil tiene una baja capacidad de llenado del molde y necesita ser maquinado para darle una buena estructura.</li><li>-La duración de este material sería de 3 a 4 años depende de cómo se utilice.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-No es tan resistente para la corrección ya que es más útil para otras funciones como protección y conservación.</li><li>-Este material al estar en contacto con el agua el desgaste de la pieza es más rápido.</li></ul>

3.1.5.3 El mejor material para el impulsor es el bronce al aluminio.

### 3.1.5.4 Cálculo de los espesores mínimos.

$$N = \frac{2L + b + h}{3} \text{ (m)}$$

*Ecuación 1.*

**Donde:**

N= dimensión equivalente (m)

L= longitud (m)  
b= ancho (m)  
h= altura (m)

### 3.1.5.5 Determinación de la contracción E (%)

Se conoce como contracción de la aleación al cambio de volumen que experimenta esta durante su solidificación y enfriamiento. Existen dos tipos de contracciones: las libres y las frenadas, estas van a estar fundamentalmente por su geometría y complejidad de la pieza. La misma se puede determinar de la siguiente forma según (Goyos L. y Martínez H., 1991).

$$E = \frac{Lm - Lp}{Lp} \cdot 100(\%)$$

*Ecuación 2.*

**Donde:**

E= Contracción de fundición  
Lm= Dimensión de la plantilla  
Lp= Dimensión de la pieza fundida

### 3.1.5.6 Determinación de la inclinación de la plantilla

**Inclinación:** Es una variación dimensional dada a la superficie de modelos, moldes y fundiciones para cumplir con los requisitos de fundición y construcción.

**Inclinación de fundición:** Para llevar a cabo la tecnología de fundición de las piezas a diseñar, lo primero que hacemos es analizar si la jugada aguanta Bronce alumínico debido al grosor de sus paredes, porque al verter metal líquido puede existir deformaciones en el molde. La cavidad del molde para la que se determina el tamaño equivalente (N) según la fórmula. (Goyos L. y H. Martínez H., 1991).

### 3.1.5.7 Sistema de alimentación

$$Ac = \frac{G}{\mu T0 \cdot 31\sqrt{Hm}}$$

*Ecuación 3.*

**Donde:**

G= masa del metal que circula kg

$\mu$ = coeficiente de gasto general

Hm= altura media de carga(cm)

$$Hm = Ht - \frac{hs}{hp} \text{ (cm)}$$

*Ecuación 4.*

**Donde:**

Ht= altura del sistema de alimentación (cm)

hp= altura del alimentador al borde superior de la pieza (cm)

hs=altura de la pieza (cm)

**Cálculo del peso del metal líquido**

$$G = (Vm + Vp) \cdot 7.85 \text{ kg}$$

*Ecuación 5.*

**Cálculo del espesor predominante**

$$\delta = \frac{D}{2} \text{ tipo de barra}$$

*Ecuación 6.*

**Donde:**

D= diámetro

**Cálculo del tiempo de vertido**

$$t = S1\sqrt[3]{\delta \cdot G} \text{ (s)}$$

*Ecuación 7.*

**Donde:**

G= peso del objeto

S1= Coeficiente de corrección

**Determinación de las cajas de moldeo**

Las dimensiones de las cajas se determinan según (Goyos L. y Martinez H., 1991) en dependencia de las distancias de la pieza al de los bordes de la caja, a = 50 mm, b = 194 mm,

$B = 100$  mm,  $c = 34$  mm,  $K1 = 60$  mm. Las dimensiones de la caja inferior es de 424 x 370 x 424 (mm), y las dimensiones de la caja superior es de 424 x 194 x 424 (mm). Después se normalizan las dimensiones por lo que se tomará la caja inferior de 350 x 350 x 350 (mm) y la caja superior de 350 x 200 x 350 (mm). Se colocará una pieza debido a que las dimensiones de la caja normalizada no exigen un mayor gasto innecesario de arena para el moldeo.

### **3.1.6 Determinar los elementos básicos del llenado del molde**

La fundición se produce como resultado del sobrecalentamiento de la aleación antes mencionada.

Temperatura del líquido que promueve la fluidez y mejora la capacidad de llenado del molde. También se deben tener en cuenta las altas temperaturas de colado que promueven una mayor oxidación de metales y una mayor absorción de gases.

### **Tiempo de enfriamiento de la pieza**

Según (Goyos L. y Martínez H., 1991) la temperatura de desmoldeo de las piezas de bronce tiene gran importancia para la obtención de piezas con calidad. Si en el desmoldeo se realiza demasiado rápido, crean defectos en la pieza, El enfriamiento desigual entre paredes gruesas puede crear grandes tensiones. La temperatura de extracción depende del tipo de aleación, tamaño y complejidad de la pieza. Se guardan piezas medianas y grandes para evitar defectos de fundición irreparables. Antes del diseño las piezas de acero aleado eran peligrosas debido a su baja conductividad eléctrica.

### **1.- Selección de arena**

Selección de arena de acuerdo el material que se va a fundir del impulsor se consideró utilizar la arena de sílice está compuesta por dióxido de Silicio ( $\text{Si O}_2$ ).

### **Propiedades químicas**

La sílice está compuesta químicamente por átomos de oxígeno y dióxido de silicio, que se combinan para formar un tetraedro con la fórmula  $\text{SiO}_2$ , la arena de acuerdo el material que se va a fundir del impulsor se consideró utilizar la arena de sílice está compuesta por dióxido de Silicio ( $\text{Si O}_2$ ) en más de un 98 % y de pequeñas cantidades de otros minerales, generalmente

en forma de óxidos y permite el proceso de fundición más habitual para piezas de hierro, acero, bronce, latón y otras, este proceso tiene muchas ventajas, incluida la resistencia a altas temperaturas, el uso de muchos metales diferentes y es menos costoso, estimulación de la producción de pozos de producción en la industria petrolera, producción de ferroaleaciones, producción de moldes y casquillos para diversas fundiciones, producción de ladrillos refractarios, relleno plástico, caucho, decoración, pastas duraderas para eliminación de paredes y resinas resistentes al desgaste.

### **Propiedades granulométricas**

La arena de sílice se caracteriza por un tamaño de arena teórico, es decir, 0,0625-2 milímetros. Suele ser material muy bien ordenado, es decir, todos los granos de arena suelen ser del mismo tamaño. En cuanto a la forma de los granos, estos suelen ser redondos debido a su transporte hasta el origen de los granos, como se muestra en la Figura 32.

Se utiliza según su granulometría para la fabricación de piezas de fundición, pisos antideslizantes, vidrios, lechos filtrantes para plantas de tratamiento de agua, campos deportivos (golf, voleibol de playa, campos de fútbol sintéticos), arenado, paisajismo. entre otros.



*Figura 32. Arena de sílice en la caja.*

### **3.1.7 Procedimiento de Moldeo**

Para comprender el proceso de fundición, debe saber cómo se fabrica el molde y qué factores son importantes para producir una buena fundición. Los principales factores son:

#### **1. El moldeo**

Usando los moldes impresos en 3D, se realiza lo que se conoce como caja de moldeo, que consta de dos partes, la parte superior se llama tapa y la parte inferior se llama base. Las partes

que componen la caja se mantienen en una posición definida, entre sí con pernos en dos lados opuestos de la base, que encajan en los agujeros en las esquinas de los lados de la tapa. El primer paso para hacer un molde es colocar la pieza en la arena para dejar su forma geométrica y luego se coloca la tapa sobre la placa con los pernos hacia abajo, como se muestra en la Figura 33.



*Figura 33. Moldes realizados.*

## **2.- Moldeo en verde**

El molde es una cavidad que tiene la forma geométrica de la pieza que se va fundir. La arena de fundición es sílice ( $\text{SiO}_2$ ) o sílice mezclada con otros minerales. Esta arena debe tener buenas propiedades refractarias, expresadas en la capacidad de soportar altas temperaturas sin fundirse ni descomponerse. Otras características importantes son: tamaño de grano, distribución de tamaño de grano en la mezcla y forma de grano.

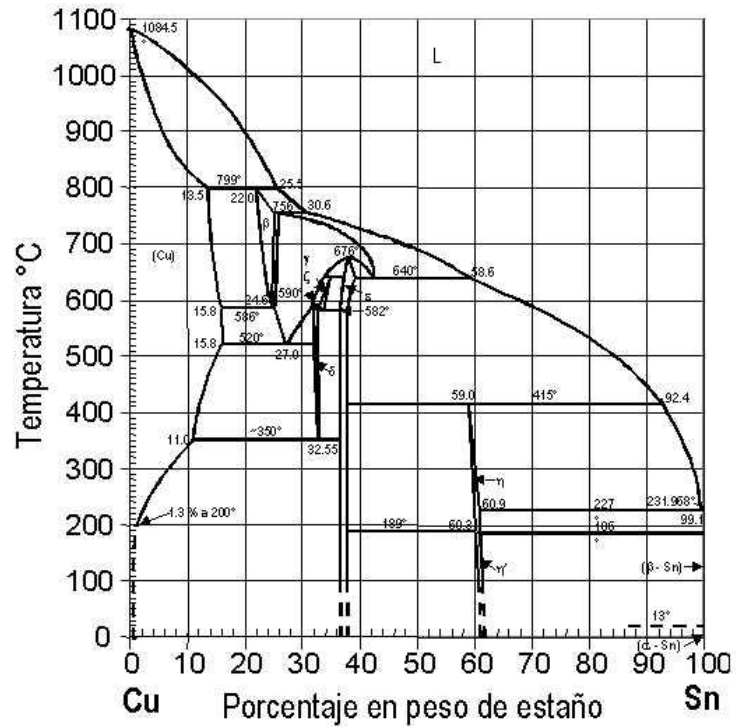
## **3. El material de fundición**

El material de fundición para el impulsor es el bronce al aluminio radial forman parte de una familia de aleaciones de cobre que contienen aluminio como principal elemento de aleación y caracteriza por tener una excelente resistencia, similar a la de los aceros de baja aleación, y una excelente resistencia a la corrosión, especialmente en agua de mar y entornos similares. También es resistente a la corrosión, lo que lo hace más duradero que otros materiales. De igual forma, es un excelente conductor de la electricidad y acumula menos calor que otros metales, por lo que es elegido para fabricar objetos, herramientas y elementos industriales.

## **Temperatura del metal líquido.**

Derretir un metal significa cambiarlo de un estado sólido a un estado líquido. Esto se logra exponiendo el metal a una temperatura alta, que depende del tipo de metal.

Este es el punto exacto donde el metal comienza a fundirse, en otras palabras, pasar de un estado sólido a un estado líquido, por ejemplo, al punto de fusión para el aluminio es de 700 °C, como se muestra en la Figura 34.



*Figura 34. Diagrama de Bronce -alumínico*

#### 4. Fundición

El horno de diésel se utilizó para la fundición de material bronce al aluminio radial en un grado de 900 a 1000 °C y por el ser un horno fijo es necesario colocar el material fundido en un recipiente transportador que aguante la temperatura del material de fácil manipulación para verter en los moldes de arena, como se muestra en la Figura 35.



*Figura 35. Horno de fundición*



### **Proceso de enfriamiento**

El proceso de endurecimiento del metal suele denominarse tratamiento térmico. Técnicamente, este enfriamiento controlado de los metales no cambia la forma original, pero cambia las propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, el término tratamiento térmico se refiere únicamente al proceso de calentamiento y enfriamiento, cuyo propósito es cambiar las propiedades del metal.

El enfriamiento más fuerte se realiza con agua, agua salada y esteatita. Aunque estos extintores pueden eliminar el calor de las piezas más rápido que otros refrigerantes, más rápido no siempre es mejor.

El endurecimiento por corrosión disipa el calor tan rápido que las piezas de metal pueden agrietarse y deformarse debido al cambio extremo de temperatura entre la superficie y el núcleo de la pieza. Además, los trabajadores deben tomar precauciones especiales cuando utilicen sustancias corrosivas, ya que son nocivas si se inhalan o entran en contacto con la piel y los ojos.

El enfriamiento a diferentes velocidades da diferentes transformaciones metalográficas y características especiales. Una tasa de enfriamiento más alta a veces da una estructura perfecta y restaura los granos. Gracias a esto, el metal adquiere mejores propiedades mecánicas.

### **Remoción de la pieza fundida del molde y exceso de material de apoyo.**

Consiste en sacar la pieza solidificada del molde cuando se ha enfriado lo suficiente. En el caso de los moldes desechables, se debe romper el molde arena para retirar la pieza. El procedimiento puede ser manual o mediante máquinas vibratorias o sacudidoras. Al colar un molde, el molde se abre para retirar la pieza.

### **Limpieza de piezas fundidas.**

Se utilizó los métodos más comúnmente para eliminar los residuos del lijado y mejorar el acabado de la pieza:

Cepillos de Acero.

Tambores o cubetas abrasivas con fundición, que raspan las partes desprendidas, limpiándolas.

Limpieza con agua a presión y mezcla de agua y arena, como se muestra en la Figura 36.



*Figura 36. Remoción de la pieza fundida.*

### **3.1.8 Proceso de mecanizado del impulsor.**

El proceso mecanizado que se utiliza para remover material del impulso para darle forma y hacerla útil es el maquinado torneado, que produce un arranque de viruta en el material inicial de cualquier pieza semielaborada, es decir, que se elimina parte del material, con el fin de darle una forma concreta final.

#### **Tecnología de maquinado**

Un proceso de fabricación es una secuencia de operaciones necesarias para producir o reparar piezas o equipos. El proceso de producción puede incluir varias de las siguientes etapas): preparación de piezas de trabajo, procesamiento posterior (maquinado, tratamiento térmico, etc.), control de calidad. Algunas de estas actividades son procesos técnicos, otras no lo son.

El proceso tecnológico forma parte del proceso productivo, que incluye las medidas para cambiar el estado de la pieza fabricada y su posterior inspección. Los procesos de ingeniería incluyen fundición, moldeo, mecanizado, tratamiento térmico, soldadura, ensamblaje, control de calidad de piezas y más. El mecanizado se puede realizar en una gama mucho más amplia de metales. En general, se puede procesar cualquier material sólido. En el caso de plásticos o mezclas, el procesamiento se puede hacer, pero con más sensibilidad y cuidado.

#### **Operación tecnológica de maquinado.**

En la operación tecnológica realizada para el impulsor es el torneado, el fresado, la operación de banco limado, rebabado. Si una pieza se desgasta en un torno y se termina en otro, está sometida a dos operaciones de torneado en dos puestos de trabajo distintos.

Una etapa tecnológica es una parte de una actividad técnica caracterizada por no cambiar el cuchillo o la superficie creada durante el procesamiento.

Un paso auxiliar es parte de un procedimiento técnico que consiste en operaciones de usuario y máquinas herramienta que no provocan cambios en la forma o dimensiones de la pieza de trabajo, pero que son necesarias para la ejecución del trabajo. paso tecnológico. Por ejemplo, montar y asegurar la pieza de trabajo al banco de trabajo y retirar la pieza son pasos auxiliares, como se muestra en la Figura 37.



*Figura 37. Impulsor fundido desmoldado.*

El primero es el movimiento relativo entre la cuchilla y la pieza, pero en el proceso la herramienta corta. Por lo tanto, si el sobredimensionado es grande, se requieren varios pasos de procesamiento para completar un paso técnico.

Finalmente, una ubicación es una ubicación fija donde la pieza de trabajo está en un lugar. Así, el juego de engranajes en el cabezal de distribución tiene el mismo número de posiciones de procesamiento que los dientes.

### **Tiempo de operación de trabajo de la pieza.**

El tiempo estándar es un factor determinante para determinar el costo de producción de una pieza, además de ser un factor de evaluación para tomar ciertas decisiones.

El tiempo de trabajo del operador no siempre es completamente útil, porque a veces se pierde algo de tiempo en productos defectuosos. Sin embargo, el tiempo calculable o predecible, el trabajo útil y el tiempo de descanso y las necesidades son importantes aquí. Para otros, debe tomar medidas para reducirlos y eliminarlos.

**Tiempo Base (tp):** Es el tiempo durante el cual la herramienta corta y es totalmente computable con datos de corte, avance, velocidad, número de movimientos. En ocasiones este tiempo

incluye una operación manual de máquina herramienta (como limado, pase de toque) o está relacionado con una operación de ajuste.

**Tiempo auxiliar (ta):** son los tiempos de pasos y pasadas auxiliares, así como el tiempo necesario para la medición y control, dar la profundidad de corte, poner la máquina en el programa de corte, etc.

**Tiempo operativo (to):** es la suma de  $t_p + t_a$ .

El tiempo básico se calcula en base a una expresión general. La expresión hablada es:

$$pt = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} (\text{min})$$

*Ecuación 8.*

Donde:

L= es la longitud del recorrido de la herramienta desde que se conecta el avance hasta que se desconecta.

i= es el número de pasadas de trabajo (min).

n= las rpm.

f= el avance en (mm/rev)



*Figura 38. Impulsor en proceso de mecanizado*

### **Procedimiento de ajuste y tolerancia.**

La colocación es la parte de la operación tecnológica que corresponde a la fijación de la pieza en bruto. Sí, en la operación de torneado de un eje entre centros hay una segunda colocación cuando se libera la pieza para invertirla y volver a colocarla entre centros.

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha normalizado un sistema de tolerancias que estudia los dimensionamientos hasta 500 mm ya que hay normas especiales para dimensiones superiores.

Esta es la posición de la tolerancia relativa a la línea cero (ver diagrama de posición). Para las posiciones de los ejes del impulsor se representan por las letras minúsculas del abecedario (a,b,c,d,e,f,.....) del mismo modo en los agujeros se representan con las letras mayúsculas del abecedario (A,B,C,D,E,F,.....).

La calidad de cada pieza está determinada por los valores de los parámetros geométricos obtenidos durante su fabricación y se caracteriza por la precisión de las dimensiones, así como por las desviaciones de la forma geométrica y la ubicación mutua de sus superficies.

### **Tolerancia de forma del impulsor.**

Todos los procesos de fabricación mecánica requieren el uso de planos y representaciones gráficas de piezas y componentes fabricados. En estos casos, la mayoría de los detalles que se muestran en los planos no están completamente definidos por los dibujos y las dimensiones, porque siempre hay una diferencia entre las dimensiones teóricas o exactas de los planos y las dimensiones reales de los detalles.

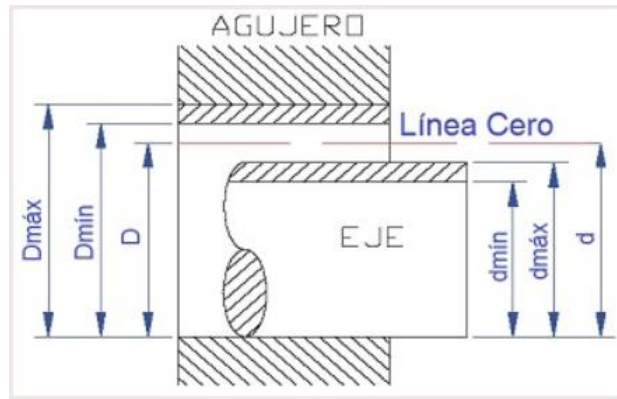
Tolerancia de las dimensiones del eje,  $t = d_{\max} - d_{\min}$ , donde ( $d_{\max}$ ), ( $d_{\min}$ ) son las dimensiones máximas y mínimas permitidas en el diámetro del eje.

Tolerancia de la dimensión del agujero,  $T = D_{\max} - D_{\min}$ , donde ( $D_{\max}$ ), ( $D_{\min}$ ) son las dimensiones máximas y mínimas permitidas en el diámetro del orificio.

El intervalo tolerancia del sería la amplitud del impulsor el "amplio" o "estrecho". Si la marca está en milímetros, por ejemplo 45 +/- 1 mm, la dimensión máxima es de 46 mm, la más pequeña es de 44 mm y el intervalo de tolerancia de TI es de 2 mm.

Las cotas máxima y mínima nos referimos a las medidas máxima y mínima permisibles en una pieza determinada que es el impulsor.

Para el caso de diámetros permisibles del agujero,  $D_{\max} = D + T_{\text{sup}}$  ;  $D_{\min} = D - T_{\text{inf}}$ , siendo (D) la cota o medida nominal del diámetro del agujero, como se muestra en la Figura 39.



**Figura 39.** Sistema de tolerancia

**Pasos de mecanizado.**

1. Se coloca el impulsor en la base y se fija al mandril del torno (entre el eje principal y el plato).
2. Se enciende el torno y se hace girar el mandríl.
3. Se mueven los carros donde está la cuchilla hasta el impulsor base.
4. Con el carro auxiliar se mueve la cuchilla para realizar sobre la pieza base la forma deseada, como se muestra en la Figura 40.



**Figura 40.** Mecanizado de torneado.

**Ecuación de refrentado**

Decimos que esta es una de esas actividades que se hace antes que las otras que vienen después. Básicamente, consiste en procesar la parte frontal de las piezas. Utilizando las siguientes ecuaciones:

Tomando en cuenta que L en el refrentado se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = e_1 + R + e_2(mm)$$

*Ecuación 9.*

Donde:

R = Radio exterior de la pieza (en mm).

$e_1$  = Margen de aproximación (en mm).

$e_2$  = Margen de salida (en mm)

$$T_r = \frac{L}{a_v \cdot N} \text{ (min)}$$

*Ecuación 10.*

Donde:

L = Trayectoria de la herramienta a velocidad de refrentado (en mm).

N = Velocidad de giro de la pieza (en rpm).

$a_v$  = Avance de la herramienta por vuelta (en mm).

### **Ecuación de cilindrado y mandrinado.**

Esta operación trata de mecanizar la superficie exterior de la pieza y reducir el diámetro de la pieza con la que se trabaja. El cortador se mueve perpendicular al eje de rotación.

El mandrinado es el cilindrado interior de una pieza.

Tomando en cuenta que L en el cilindrado y mandrinado se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = l + e_1 \text{ (mm)} \rightarrow \text{Que cumple } e_1 = (p \cdot \tan G)$$

$$L = l + (p \cdot \tan G) \text{ (mm)}$$

*Ecuación 11.*

Donde:

l = Longitud de pieza a torneear por pasada (en mm).

$e_1$  = Margen de aproximación (en mm).

$p$  = Profundidad de pasada (en mm).

$G$  = Ángulo de la arista principal de la cuchilla.

$$T_c = \frac{L}{a_v \cdot N} (\text{min})$$

*Ecuación 12.*

Donde:

$L$  = Trayectoria de la herramienta a velocidad de cilindrado (en mm).

$N$  = Velocidad de giro de la pieza (en rpm).

$a_v$  = Avance de la herramienta por vuelta (en mm).

### **Tiempo de montaje de la pieza**

El tiempo de montaje de la pieza se lo realiza tomando en cuenta el tiempo que se demora poner la pieza en el plato universal que consta de disponer de 3 garras y es autocentrante que el más habitual en las operaciones, también observar que la pieza esté bien ubicada es decir no está chueca, para poder ajustar las agarraderas del torneado para poder mecanizarla.

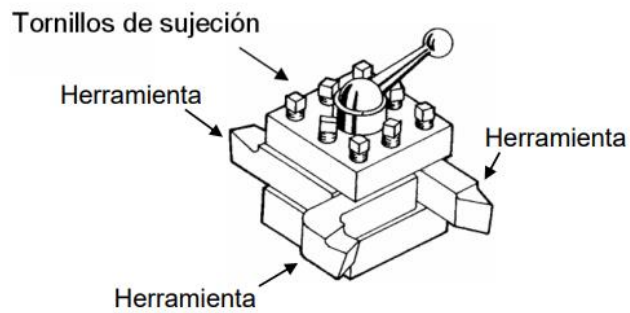
Los dispositivos de sujeción incluyen una abrazadera universal de tres o cuatro mordazas.

### **Tiempo de montaje del cuchillo**

El tiempo de montaje de la herramienta de corte como cuchillo se lo debe tomar en cuenta de cómo poner el cuchillo en la torreta múltiple giratoria ya que la posición no puede coincidir con la posición de la pieza montada en el plato universal y debemos buscar la mejor opción para colocar el cuchillo para realizar el mecanizado, para eliminar partes sobrantes del material.

Entre los primeros están los cuchillos hechos de acero aleado con cobalto, llamados súper aceros. Su composición es de 4-18° Co, lo que les confiere una relativa dureza para el procesamiento de materiales ferrosos y una importante tolerancia a la temperatura. Su debilidad es que, si pierden su filo, deben volver a afilarse, perdiendo su perfil original y dando como resultado una sensación perdida de hombre y máquina, como se muestra en la Figura 41.





**Figura 41.** Montaje de herramienta de corte.

**Paso adicional para la chaveta del impulsor.**

Se compró una cuchilla de 1/4 para soldar a una varilla de acero para tener una cuchilla con las mediciones 3 x 5, para hacer la chaveta del impulsor fabricado con la misma medida de la chaveta del impulsor original, como se muestra en la Figura 42.



**Figura 42.** Mecanizado de chaveta

**3.1.9 Proceso de control de Calidad.**

Es donde se verifica todas las medidas que tiene el producto original con el producto manufacturado en este caso se utilizó el calibrador.

**Verificación de tolerancia longitudinales.**

El instrumento que se utilizó para verificar la calidad del impulsor fabricado con el impulsor original fue el calibrador. Tomando la medida de cada diámetro y ángulos de los dos impulsores, como se muestra en la Figura 43.



**Figura 43.** Instrumento calibre o pie de Rey

Porque el calibrador no permite medir piezas tanto internas como externas en una escala de hasta un milímetro, que se divide en diez partes (0,1 mm).

#### **Verificación de tolerancia geométricas.**

Para verificar las tolerancias geométricas de se puede recurrir a un procedimiento de verificación manual con instrumentos básicos como relojes comparadores reglas, mesas de mármol.

#### **Determinación del porcentaje de error longitudinal y geométrico.**

Se realiza el dimensionamiento del impulsor ya fundido en el software inventor en donde se denota diferencias respecto al diseño y la pieza terminada como los defectos antes mencionados además de ciertas falencias en las medidas deseadas sobretodo en el alto del impulsor con un fallo demostrado en la siguiente fórmula.

$$\%error = \frac{Valor\ experimental - valor\ real}{Valor\ real} \times 100\%$$

### **3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Es necesario realizar una recopilación de datos para el entendimiento total del proceso de manufactura y poder concluir las consideraciones a cumplir durante el proceso seleccionado.

#### **Análisis de las partes del impulsor y desgaste del impulso en la bomba.**

El impulsor es el corazón de una bomba ya que es la única parte movable de la bomba, transmite la potencia de su rotación al líquido que se está bombeando.

El impulsor está compuesto de las siguientes partes que son la Lingua, voluta, alavés, disco, gualdera, eje y ojo.



**Figura 44.** *Desgastes del impulsor.*

El desgaste del impulsor se puede dar por el mal mantenimiento que le da una persona a la bomba al no usar las herramientas adecuadas para el mantenimiento o también el desgaste del impulsor se relaciona con la concentración de partículas que representa por la pérdida de material posee un comportamiento lineal y descendente, como se muestra en la Figura 45.



**Figura 45.** *Impulsor dañado.*

### 3.2.1 Análisis de diseño de plantilla y de caja de macho.

Para sacar la Sobredimensión de las dimensiones se le multiplica por el 0.02 para sumar a las dimensiones de las piezas.

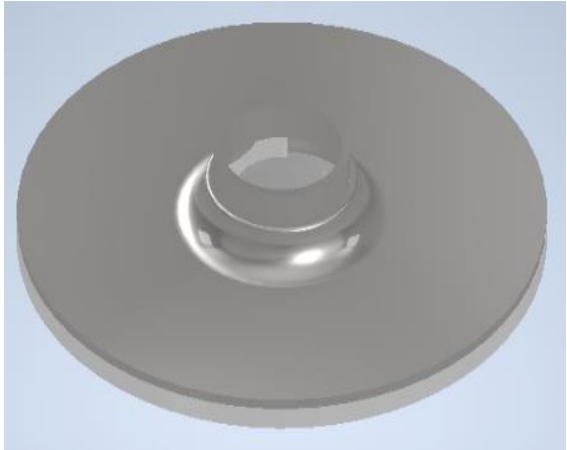

**Tabla N° 5.** Tabla de sobredimensión de la plantilla y de caja de macho.

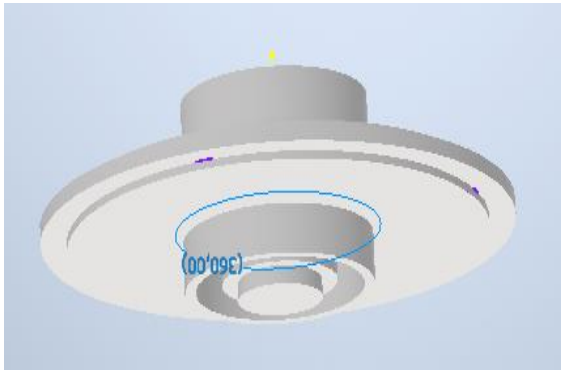
	<b>Dimensiones</b>	<b>Sobredimensiones</b>
Diámetro de la pieza de tapa superior	4.1 cm	4.182 cm
Espesor de tapa superior	0.5 cm	0.51 cm
Altura de la tapa superior	4.5 cm	4.59 cm

8 hélices	0.5 cm	0.51 cm
Diámetro de la tapa de abajo.	20 cm	20.4 cm
Altura de la tapa de abajo.	2.2 cm	2.244 cm
Diámetro de la pieza del macho.	30 cm	30.6 cm
Altura total del macho	5.2 cm	5.304 cm

Se observa la simulación del impulsor en el software inventor y el impulsor ya impreso en la impresora 3D con el material PLA de color negro.

**Tabla N° 6.** *Impulsor de simulación e impreso en 3D.*

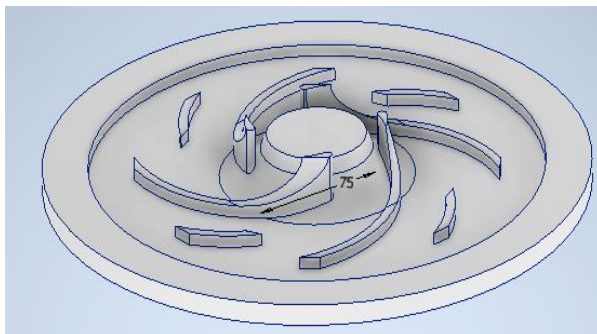
<b>Piezas diseñadas</b>	<b>Piezas impresas en 3D.</b>
 <p data-bbox="236 1541 865 1621">Esta es la pieza macho diseñada en el software inventor.</p>	 <p data-bbox="884 1550 1516 1630">Este es el resultado de la pieza macho impresa en 3D.</p>



Estructura del impulsor para la fundición diseñada en el software inventor.



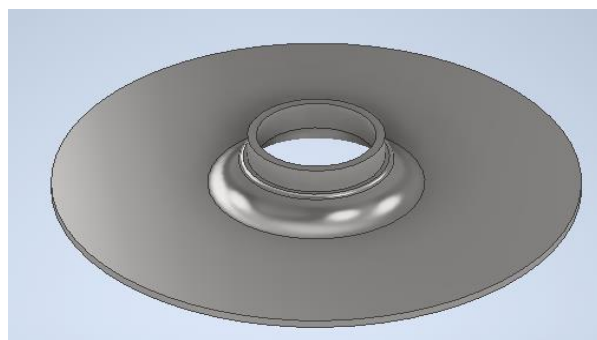
Tapa inferior para la fundición impresa en 3D.



Pieza inferior del macho y alabes.



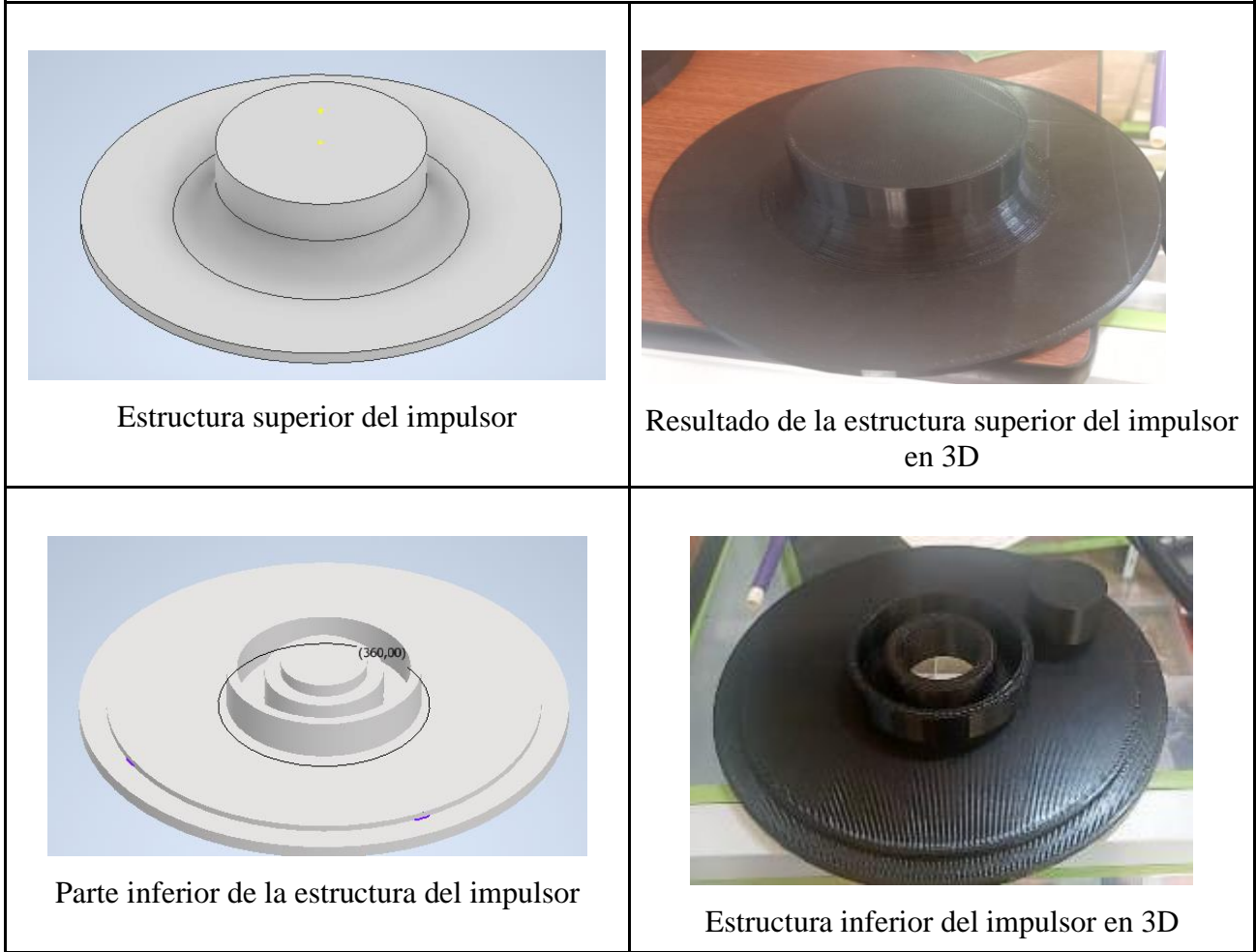
Macho inferior impresa en 3D



Tapa del impulsor en 3D



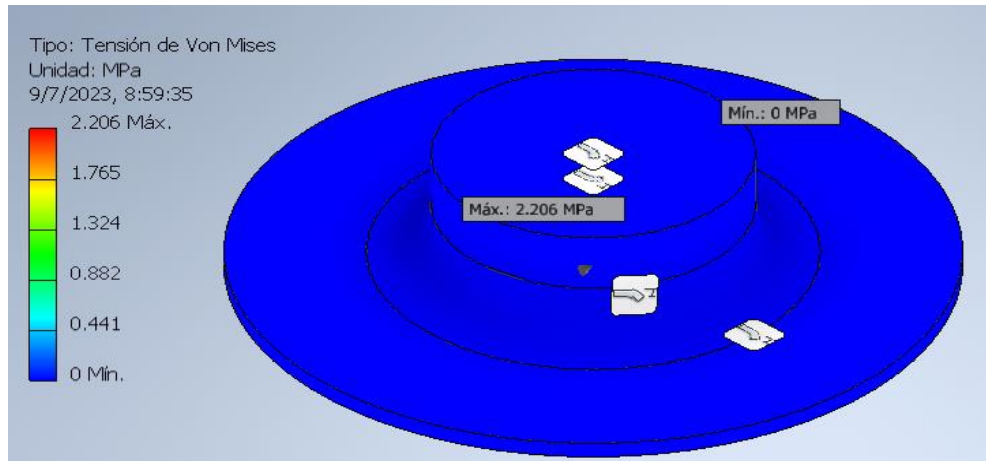
Tapa impresa del impulsor en 3D



**Análisis de Esfuerzo (Resistencia por presión o impacto) en los moldes del impulsor**

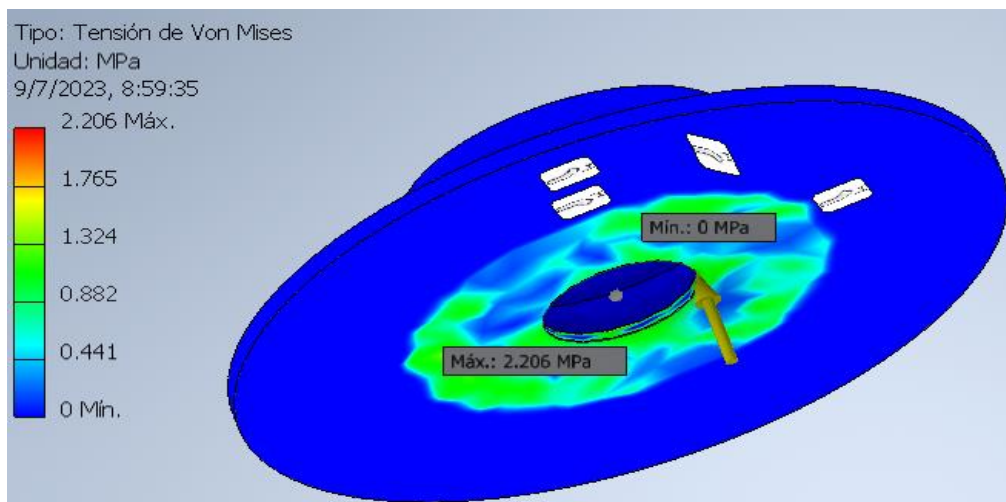
Los hombres y mujeres de entre 20 y 29 años de edad son el grupo que mayor fuerza media posee en sus manos. En las personas entre 20 y 29 años, el apretón medio es de 46 kilogramos de fuerza en hombres y 29 kilogramos en mujeres. [30]

**Molde de la estructura del Impulsor Superior**



Se realiza una simulación para identificar los cambios que experimentará la pieza que se usa para el moldeo del impulsor, aplicando un análisis conocido como la Tensión de Von Mises. Para hacer la simulación se cumplió con algunas condiciones como conocer cuál es la fuerza aproximada aplicada por el hombre el cual es de 451,106 N.

### Tensión de Von Mises



Los valores representados son valores de esfuerzo máximo de 2,206 MPa y mínimo de 0 MPa de Von Mises.

### Primera Tensión Principal

Valores máximos de esfuerzo:

Max: 2,298 MPa

Min: -1,263 MPa

### Tercera Tensión Principal

Valor Mínimo de esfuerzo o el esfuerzo máximo, pero en compresión.

Max: 0,835 MPa

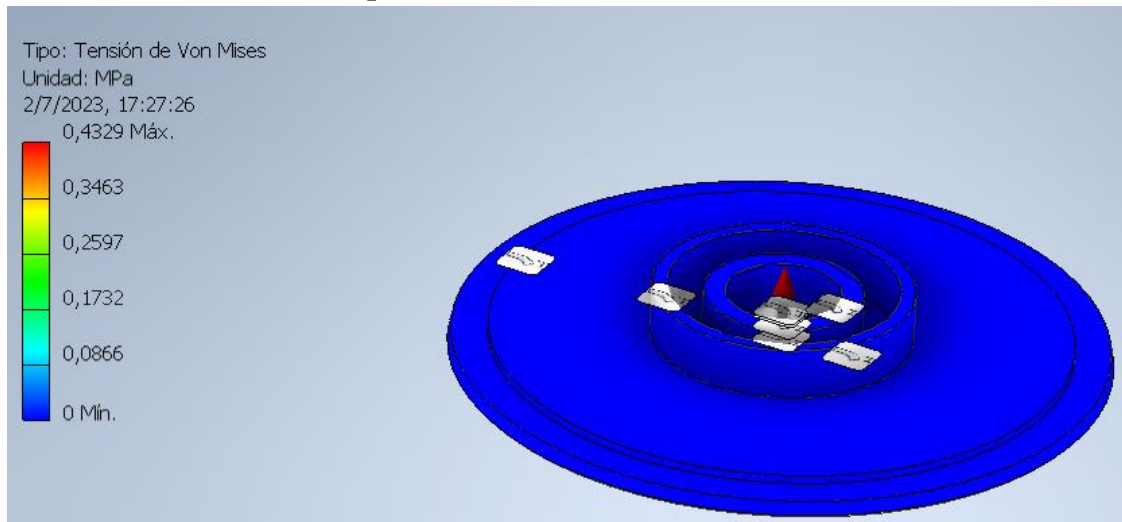
Min: -3,307 MPa

### Desplazamientos

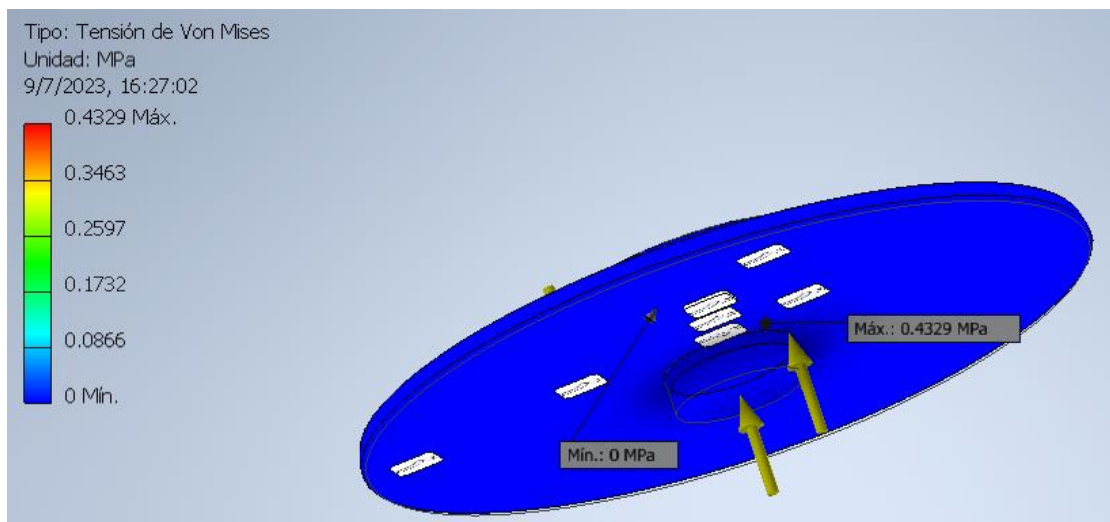
Es el valor máximo de desplazamiento que puede sufrir la pieza.

Max: 0,2676 mm

### Molde de la estructura del Impulsor Inferior



### Tensión de Von Mises



Los valores representados son valores de esfuerzo máximo y mínimo de Von Mises.

Max: 0,4329 MPa

Min: 0 MPa

### Primera Tensión Principal

Valores máximos de esfuerzo:

Max: 0,2123 MPa

Min: -0,0728 MPa

### Tercera Tensión Principal



Valor Mínimo de esfuerzo o el esfuerzo máximo, pero en compresión.

Max: 0,0218 MPa

Min: -0,4777 MPa

### **Desplazamientos**

Es el valor máximo de desplazamiento que puede sufrir la pieza.

Max: 0.001627mm

El análisis de fuerza del Molde de la estructura del Impulsor Superior e Inferior se encuentra en el **Anexo 11**.

### **3.2.2 Material de fundición**

Bronce al aluminio

- Proporcionan una dureza y resistencia a la corrosión superior.
- El componente de cobre de la aleación evita la invasión de algas, líquenes, ostras y mejillones y, por lo tanto, puede ser superior al acero inoxidable.
- La duración del material es de 5 a 6 años estando en contacto especialmente en el agua de mar entre otros.

### **3.2.3 Análisis de la tecnología de fundición.**

#### **Cálculo de los espesores mínimos.**

Resolución de la ecuación 1.

$$N = \frac{2 \cdot 0.3 + 0.3 + 0.067}{3} = 0.32m$$

N= dimensión equivalente (m)

L= 0.3 (m)

b= 0.3 (m)

h= 0.067 (m)

#### **Determinación de la concentración E (%)**

Resolución de la ecuación 2.

$$E = \frac{0.0201 - 0.019}{0.019} \cdot 100 = 5.78\%$$

**Donde:**

E= Contracción de fundición

Lm= 0.0201

Lp= 0.019

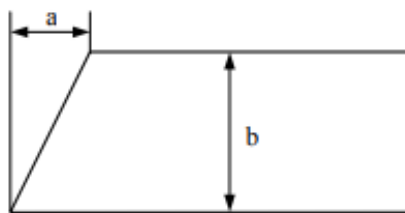
*Contracción libre*

**Tabla N° 7.** *Contracción del material*

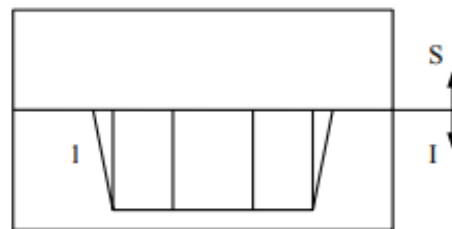
Tipo de aleación	E (%)
Bronce alumínico	5,78

**Inclinación de Salida de la pieza del molde**

Superficie	b(mm)	Ángulos (grados)	a(mm)
1	200	45	4



Tipo de inclinación



Ubicación de la pieza

**Proyección de los machos.**

El tamaño del impulsor 33.5 x 300 mm. El macho se colocará de forma vertical, en forma cilíndrica.

**La Mazarota**

Debe ser 20% mayor que el de la pieza para que alimente satisfactoriamente a la pieza.

### Sistema de alimentación

Resolución de la ecuación 3.

$$A_c = \frac{2,72}{0.3 * 0.2 * 0.31\sqrt{194.02}} = 10,49\text{cm}^2$$

**Donde:**

$$G = 2.72 \text{ kg}$$

$$\mu = 0.3$$

$$H_m = 194.02 \text{ mm}$$

Resoluciones de la ecuación 4 de la altura del sistema de alimentación.

$$H_t = 19.402 + \frac{6.7}{15.3} = 19.83$$

**Donde:**

H<sub>t</sub>= altura del sistema de alimentación (cm)

$$h_p = 15.3 \text{ cm}$$

$$h_s = 6.7 \text{ cm}$$

### Cálculo del peso del metal líquido.

Resolución de la ecuación 5.

$$G = (21 + 2.72) * 7.85 = 186.2$$

V<sub>m</sub>= velocidad media de solidificación

V<sub>p</sub>=volumen de la pieza

### Cálculo del espesor predominante

$$\delta = \frac{D}{2} \text{ tipo de barra}$$

$$\delta = 27 \text{ mm}$$

### Cálculo del tiempo de vertido

Resoluciones de la ecuación 7.

$$t = 4\sqrt[3]{27 * 2.72} = 16_s$$

#### Donde:

S1= Coeficiente de corrección

G= peso del objeto

#### Cajas de moldeo

La caja del molde es de metal donde esta insertada la arena y observamos como queda en la Figura 46.



*Figura 46. Moldeo para fundir el impulsor*

Por normativa de (Goyos L. y Martinez H., 1991) sus dimensiones son:

- Bordes de la caja, a = 50 mm, b = 194 mm, B = 100 mm, c = 34 mm
- Caja inferior es de 424 x 370 x 424 (mm), y las dimensiones de la caja superior es de 424 x 194 x 424 (mm)
- Después se normalizan las dimensiones por lo que se tomará la caja inferior de 350 x 350 x 350 (mm) y la caja superior de 350 x 200 x 350 (mm)

#### 3.2.4 Proceso de enfriamiento.

En muchos pasos del proceso se aplica calor a la pieza de trabajo. Esto puede afectar las dimensiones y la estructura del material. Es necesario un período de enfriamiento para eliminar la posibilidad de sobrecalentamiento.

### **Tiempo de enfriamiento**

Por lo tanto, se determinó que el tiempo de enfriamiento de esta pieza era de aproximadamente 12 horas.

### **3.2.5 Proceso de remoción del material**

Un proceso de maquinado es aquel en el cual logramos la formación de una pieza para una función específica a través de operaciones de remoción de virutas o abrasión.

El proceso general de producción de piezas fundidas finaliza con el acabado final de las piezas, que consiste en procesar las piezas fundidas para obtener las dimensiones y tolerancias deseadas por el cliente.

Las operaciones de mecanizado más importantes en las fundiciones son el mecanizado y torneado, rectificado, taladrado y entre otros.

### ***Desmoldeo.***

El desmoldeo de las piezas fundidas se fabrican separando la arena de moldeo de la fundición dentro del molde, que se fabrica vibrando en una pantalla vibratoria.

De esta manera, se separan de una parte:

- La pieza fundida, que seguirá el resto de los procesos de fabricación.
- Por otro lado, las arenas que conformaban los moldes y que se destinarán a recuperación, como se muestra en la Figura 47.



***Figura 47. Remoción del material***

### 3.2.6 Mecanizado del impulsor fundida.

El proceso general de producción de piezas fundidas finaliza con el acabado final de las piezas, que consiste en procesar las piezas fundidas para obtener las dimensiones y tolerancias deseadas por el cliente.

Las operaciones de mecanizado más importantes en las fundiciones son el mecanizado y torneado, rectificado, taladrado y entre otros.

#### Mecanizado por arranque de viruta.

En el mecanizado hay que destacar los procesos: se inicia con un proceso intermedio donde se retira el material con gran precisión y finaliza con un proceso final donde se retira el material de una forma más controlada, lo que aumenta el mecanizado con gran precisión.

#### Mecanizado por torneado.

Es el mecanizado más común, son las más utilizadas en la industria, la pieza se fija en el plato del torno, el cual hace un movimiento de corte girando alrededor de su eje, la hoja hace un movimiento de avance, removiendo los lugares adecuados de material.

La pieza se fija en el plato del torno, el cual hace un movimiento de corte girando alrededor de su eje, la hoja hace un movimiento de avance, removiendo los lugares adecuados de material.

<b>Cálculo de tiempo de mecanizado</b>			
	<b>Datos</b>	<b>Número de Ecuación</b>	<b>Resultado</b>
Tiempo de refrentado	$R = 52$ (mm). $e_1 = 0,5$ (mm). $e_2 = 0,5$ (mm) $N = 600$ (rpm). $a_v = 0,1$ (mm/rev).	Ecuación 10	$T_r = 0,54$ (min)
Tiempo de cilindrado y mandrinado.	$L = 28$ (en mm). $N = 600$ (rpm). $a_v = 0,1$ (mm/rev).	Ecuación 12	$T_c = 0,46$ (min)

### **Tiempo de montaje de la pieza**

El tiempo de montaje es de 5 a 10 minutos la pieza se sujeta en uno solo de sus extremos, quedando el otro suspendido sobre la bancada para poder mecanizar.

Los dispositivos de sujeción incluyen una abrazadera universal de tres o cuatro mordazas.

### **Tiempo de montaje del cuchillo**

El tiempo de montaje de la herramienta de corte como cuchillo es entre los 10 minutos, para eliminar partes sobrantes del material.

### **Paso adicional para la chaveta del impulsor.**

Se compró una cuchilla de 1/4 para soldar a una varilla de acero para tener una cuchilla con las mediciones 3 x 5, para hacer la chaveta del impulsor fabricado con la misma medida de la chaveta del impulsor original, como se muestra en la Figura 48.



*Figura 48. Mecanizado de chaveta*

### **3.2.7 Defectos de la fundición del impulsor.**

Los defectos en el impulsor son grietas irregulares en los bordes causadas por esfuerzos de tracción durante la solidificación del material fundido colocado en el molde. Además, también puede ser causado por una discontinuidad en la fusión del metal debido a la contracción retardada que ocurre inmediatamente después de que los metales se solidifican, como se muestra en la Figura 49.



*Figura 49. Grietas del impulsor fundido.*

Otro defecto que hay en el impulsor es la rugosidad ya que hay algunas irregularidades que posee una superficie que es por algunos defectos como por la deformación del metal, textura de grano o marcas superficiales de aprietes superficiales de amarre y golpes, como se muestra en la Figura 50.



*Figura 50. Rugosidad del impulsor fundido.*

### **3.2.8 Proceso de control de Calidad.**

#### **Verificación de tolerancia longitudinales y geométrica.**

La verificación con reglas y calibrador dándonos como resultado unos 2 a 3 mm más que las dimensiones del impulsor original.





**Figura 51.** Verificación de tolerancia longitudinales y geométrica.

***Determinación del porcentaje de error longitudinales y geométrica.***

Se realiza el dimensionamiento del impulsor ya fundido en el software inventor en donde se denota diferencias respecto al diseño y la pieza terminada como los defectos antes mencionados además de ciertas falencias en las medidas deseadas sobre todo en el alto del impulsor con un fallo demostrado en la siguiente fórmula.

$$\%error = \frac{67mm - 65mm}{67mm} \times 100\% = 0.02\%$$

**Resultado final del producto fundido.**

Se observa el impulsor realizado a través del proceso de la fundición y el impulsor original de la bomba, como se muestra en la Figura 52.



**Figura 52.** Impulsor fundido

- El material del impulsor original es de acero fundido y del impulsor fabricado de bronce al aluminio.
- Las propiedades de los dos materiales de los impulsores el más conveniente es el bronce ya que la duración del material es de 5 a 6 años estando en contacto especialmente en el agua, agua de mar entre otros.

- El impulsor fundido tiene más defectos que el impulsor original que son grietas, rechupes y rugosidad.

### 3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA:

En este punto se presentarán los costos que conlleva dicho proyecto, en cuanto a sus materiales y costos de ingeniería.

-Análisis de costo

Los costos en este caso están relacionados con el valor de inversión inicial de la máquina.

Para este análisis se plantean dos tipos de costos: directos e indirectos, los mismo que se detallan a continuación.

**Tabla N° 8.** Costos de construcción.

PRODUCTO DETALLE	TIEMPO DE TRABAJO (h)	COSTO DE HORA	COSTO TOTAL DE CONSTRUCCIÓN
<b>Costo de la elaboración del molde del Impulsor.</b>			
Diseño y mano de obra			\$300
Dibujo de la plantilla del impulsor (Inventor)	5	\$25	\$125
Impresión en 3D	53	\$2	\$106
<b>Servicio de fundición</b>			
Fundición del Impulsor	56		\$330
<b>Servicio de mecanizado</b>			
Mecanizado de los acabados de la pieza	16		\$50
<b>Costo total de la fundición del impulsor</b>			<b>\$911</b>

Estos gastos son adicionales que se utilizó para ir a la ciudad de Ambato para realizar la fundición del impulsor de la bomba.

**Tabla 3.4.2** Gastos varios.

<b>PRODUCTO DETALLE</b>	<b>COSTO \$</b>
Transporte	60
<b>Costo total</b>	<b>\$ 60</b>

El costo total de la manufactura del impulsor de la bomba centrífuga MARK GRUNDFOS más los gastos varios del transporte es 911 dólares más 60 dólares nos da un valor total de 971 dólares.

### **3.3.1 Impacto Tecnológico**

Recuperación de un impulsor cerrado para una bomba centrífuga MARK GRUNDFOS MODELO DVR 10 DE 7.5 Kw.

Gracias a los avances tecnológicos, se utilizó de impresión 3D para diseño de plantilla de fundición del impulsor, basándose en el archivo digital de la plantilla del impulsor creado en el software inventor para luego cargarlo en la impresora usando la computadora para imprimir ya que más exacto para el diseño y obtención de los moldes.

Así obtener la pieza del impulsor impreso en material PLA para la fundición, la aplicación de la tecnología como lo fue la impresión en 3D reemplazando la parte artesanal de un carpintero donde se realizaba modelo en madera donde se desperdicia el material y toma bastante tiempo obtener las medidas respectivas del molde, utilizando máquinas y herramienta adecuadas para el acabado final, también evitando el esfuerzo físico y la pérdida de tiempo.

## **4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- El proceso adecuado para la manufactura es la fundición debido a la falta de acceso al interior por ser un impulsor cerrado, aplicando ingeniería inversa se decide cortar el impulsor más dañado para así analizar la pieza recopilando todas sus características.

- Resulta más exacto para el diseño y obtención de los moldes la aplicación de la tecnología como lo fue la impresión en 3D reemplazando la parte artesanal que era la dependencia de un carpintero.
- Una mejora para el impulsor fue cambiar el material que era Acero fundido a Bronce al aluminio que tiene mejores características químicas y físicas.
- La contracción que sufrió la pieza fundida fue de 5,78% respecto al molde y la pieza fundida por lo tanto se concluye que la dimensión de los machos queda de 33.5 y 300 mm.
- El tiempo de vertido del metal fundido es de 16s para que no exista rechupe y su tiempo de enfriamiento fue de 12 horas.
- En calidad del impulsor se tienen varios defectos en el proceso de fundición como lo que es grietas, rugosidad y un porcentaje de error en las medidas del 0,02%.
- La inversión realizada en el proyecto es de 971 dólares ayudando a recuperar una bomba de un valor aproximado de 7500 dólares.
- Al observar la comparación del rendimiento de las curvas características del catálogo y del impulsor manufacturado nos dimos cuenta que miente los datos del fabricante del catálogo.
- Al no tener información exacta del proceso de fundición de un impulsor cerrado se lo realizó de manera experimental, sin embargo, se pudo realizar ciertos cálculos para determinar que no existan fallas en su manufactura como la dimensión equivalente que nos permite saber si se puede realizar el impulsor por fundición dándonos un valor de  $N=0.32m$  que según (Goyos L. y Martínez H., 1991), si se puede hacer por fundición.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Realizar el proceso de ingeniería para la fabricación de un producto desde el diseño hasta los acabados finales que requiere en el producto.
- Es necesario identificar el funcionamiento de la bomba para evitar problemas en los diseños como el sentido de dirección del álabe.
- Calentar la arena, para evitar los defectos con grietas y rechupes en el producto fundido.
- Se debe hacer siempre un sobredimensionamiento en piezas fundidas debido a que en su etapa de enfriamiento el material suele encogerse, así al momento de realizar el maquinado de la pieza se podrá obtener las medidas deseadas.
- Realizar el balanceo dinámico del impulsor, para que durante el funcionamiento no exista desgaste en la pieza.

- Es necesario realizar el análisis de esfuerzo del molde para que en futuros verificar si el molde se resiste al proceso moldeado en la arena.
- Imprimir las piezas del impulsor para hacer pruebas para el funcionamiento de la bomba, gracias a las nuevas implementaciones en la Universidad Técnica de Cotopaxi en la matriz se puede hacer uso de la Impresora 3D para realizar las pruebas en futuros proyectos.
- Se debe hacer siempre un sobredimensionamiento en piezas fundidas debido a que en su etapa de enfriamiento el material suele encogerse, además al momento de realizar el maquinado de la pieza, para lograr obtener las medidas deseadas.
- El material de los moldes del impulsor es PLA, ya que es un material muy utilizado para este tipo de trabajos, más económicos y más fácil de conseguir, además de ser bastante resistente ya que soporta una fuerza de 451,10 N
- En el molde del macho se ha sobrepuesto pequeñas partes de arcilla para poder desprender la pieza de la arena sin romperse, también se debe realizar pequeños agujeros para que no haya vacío.
- Alimente el metal líquido uniformemente en la cavidad del molde de forma lenta y regulada, separar la escoria del metal y evitación de gas las piezas, garantizar la solidificación dirigida o simultánea, según se desee.

## 5 BIBLIOGRAFÍA


- [1] P. F. Díez, Bombas Centrífugas y Volumétricas, California, 2010.
- [2] P. R. D. Duvan, Sistema Hidraulico, Mexico, 2006.
- [3] J. P. Galarraga, Diseño y Construcion de un Sistema de Automatizacion Hidraulico, Quito, 2012.
- [4] B. V. A. German, Diseño y Simulacion de un impulsor centrifugo semi abierto para bomba torbellino, Ecuador, 2020.
- [5] F. Equipment, Tipos de impulsores, Canada, 2020.
- [6] M. B. Rodrigez, Ingeniería Inversa Aplicada: Metodología y Aplicaciones Industriales, Medellín, 2011.
- [7] O. E. Guerrero, Proceso de Manufactura, Unad, 2008.
- [8] I. P. Moreda, Ingeniería de Manufactura, California, 2020.
- [9] A. Montoya, Proceso de fabricacion, Bolivia, 2012.
- [10] A. G. H. Miguel, Diseño y Fabricacion de Modelos para Fundicion, Azcapotzalco, 2005.
- [11] R. Intelangeo, Fundición y Moldeo, Canada, 2012.
- [12] M. A. V. Padilla, Antologia Metodos y Procesos de Fundicion de Metales, Azcapotzalco, 1974.
- [13] D. L. H. Maertín, Fabricacion de Modelos para Fundicion, Mexico, 2003.
- [14] L. A. Berrio, Fundicion ,Modelos y Moldes, Quito, 2017.
- [15] I. Castro, Fundicion, 2009.
- [16] J. D. M. V, Defectos de Fundicion, Quito, 2018.
- [17] G. Q. Huaman, Defectos de Fundicion, 2020.
- [18] M. E. Amestooy, Principio de Mecanizado y Planificacion de Procesos, Cartagena, 2001.
- [19] J. C. Boix, Procedimiento de Calibracion, España, 2014.
- [20] I. R. Sánchez, Manual de Inventor, Cautitlán, 2009.
- [21] G. T. K. Irlanda, Clasificacion y Tipos de Bombas, Cramen, 2016.
- [22] J. C. Sánchez, Bombas y partes de una bomba, Venezuela, 2013.
- [23] M. N. M. Quezada, Algunas Consideraciones sobre la Integracion de la Ingenieria Inversa ,el Cad y Prototipos, México, 2013.
- [24] A. Ginjaume, Fabricación Mecánica, Mexico, 2003.
- [25] J. M. Alonso, Técnicas de Mecanizado, Paraninfo.
- [26] N. B. C. / . O. Y. M. / . L. F. G. / . J. A. P. / . J. R. Díaz, Guías prácticas para la calibración de instrumentos de medición., Instituto Tecnológico Metropolitano, 2016.

- [27] J. Castaño, El libro de los pesos y medidas, 2015.
- [28] D. B. Rodrigues, anual de Metrología – Clasificación de la Medición, Instrumentos, Regla, Calibre, Partes, Micrómetro, Comparador, Bloques Calibrados, Normas y Utilización, Colombia.
- [29] R. F. Miguel, Guia Practica de Autodesk Inventor, 2019.
- [30] A. Taylor, «Qué tan fuerte es tu apretón de manos y qué dice sobre tu estado de salud,» 15 11 2020.

ANEXOS



**ANEXO 1. INFORME ANTI PLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN**

<b>Facultad:</b>	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
<b>Carrera:</b>	Ingeniería Electromecánica
<b>Nombre del docente evaluador que emite el informe:</b>	Ing. PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis
<b>Documento evaluado:</b>	Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención del Título de ingeniero en Electromecánica.
<b>Autores del documento:</b>	González Peláez Brandon Alejandro Quilumba Gualpa Jessica Belen
<b>Programa de similitud utilizado:</b>	Compilation
<b>Porcentaje de similitud según el programa utilizado:</b>	8%
<b>Observaciones:</b> Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El documento cumple criterios de originalidad, sin observación.</li> </ul>	---X---
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El documento cumple criterios de originalidad, con observación</li> </ul>	-----
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El documento no cumple criterios de originalidad.</li> </ul>	-----
<b>Fecha de realización del informe:</b>	10/04/2023
<b>Captura de pantalla del documento analizado:</b>	
 <hr/> <b>Tutor</b> <b>Ing. PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis</b> <b>CC: 175836725-2</b>	



# TESIS Jessica Brandon

**8%** Similitudes

**0%** Texto entre comillas  
0% similitudes entre comillas

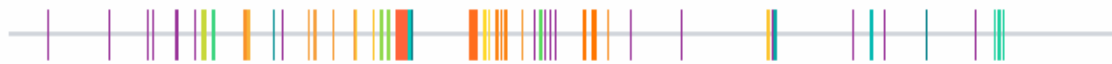
**< 1%** Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS Jessica Brandon.docx  
ID del documento: d677562d195e160866d5f2b57fc645c3c2823161  
Tamaño del documento original: 22,41 MB

Depositante: HECTOR LUIS LAURENCIO ALFONSO  
Fecha de depósito: 14/8/2023  
Tipo de carga: Interface  
fecha de fin de análisis: 14/8/2023

Número de palabras: 17.938  
Número de caracteres: 109.007

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://es.slideshare.net/yezeta/cajas-moldeounsaac">es.slideshare.net   Cajas moldeounsaac   PDF</a> <a href="https://es.slideshare.net/yezeta/cajas-moldeounsaac">https://es.slideshare.net/yezeta/cajas-moldeounsaac</a>	1%		Palabras idénticas: 1% (194 palabras)
2	<a href="http://www.edu.xunta.gal/centros/fescurtis/system/files/Metales.pdf">www.edu.xunta.gal</a> <a href="http://www.edu.xunta.gal/centros/fescurtis/system/files/Metales.pdf">http://www.edu.xunta.gal/centros/fescurtis/system/files/Metales.pdf</a> 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (119 palabras)
3	<a href="http://creativo3d.com.sv/artillery-genius-descripcion-y-caracteristicas/">creativo3d.com.sv   Guía Artillery Genius - Descripción y características - Creativo ...</a> <a href="http://creativo3d.com.sv/artillery-genius-descripcion-y-caracteristicas/">http://creativo3d.com.sv/artillery-genius-descripcion-y-caracteristicas/</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (102 palabras)
4	<a href="https://doc.pub/documentes/groover-cap10y11-fundicion-1430qkk0q24j">idoc.pub   Groover Cap10y11 Fundicion [1430qkk0q24j]</a> <a href="https://doc.pub/documentes/groover-cap10y11-fundicion-1430qkk0q24j">https://doc.pub/documentes/groover-cap10y11-fundicion-1430qkk0q24j</a> 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (82 palabras)
5	<a href="http://www.creaform3d.com/blog/es/que-es-ingenieria-inversa/">www.creaform3d.com   ¿Qué es ingeniería inversa?   Blog de Creaform</a> <a href="http://www.creaform3d.com/blog/es/que-es-ingenieria-inversa/">http://www.creaform3d.com/blog/es/que-es-ingenieria-inversa/</a> 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (73 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://www.slideshare.net/franklinespinozahuertas/procesos-de-manufactura-86129441">www.slideshare.net   Procesos de manufactura</a> <a href="https://www.slideshare.net/franklinespinozahuertas/procesos-de-manufactura-86129441">https://www.slideshare.net/franklinespinozahuertas/procesos-de-manufactura-86129441</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	<a href="http://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-son-procesos-manufactur/">postgrado.ucsp.edu.pe   Descubre qué son los procesos de manufactura</a> <a href="http://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-son-procesos-manufactur/">http://postgrado.ucsp.edu.pe/articulos/que-son-procesos-manufactur/</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
3	<a href="https://www.cenam.mx/myd/pdf/normasguias/EA_Espanol-2007_05_10.pdf">www.cenam.mx</a> <a href="https://www.cenam.mx/myd/pdf/normasguias/EA_Espanol-2007_05_10.pdf">https://www.cenam.mx/myd/pdf/normasguias/EA_Espanol-2007_05_10.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)
4	<a href="#">Documento de otro usuario #ff0218</a> El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
5	<a href="https://rugosidadjagg.blogspot.com/2017/08/35-tolerancias-en-las-mediciones-e.html#:~:text=2 TER...">rugosidadjagg.blogspot.com   3.5 Tolerancias en las mediciones e interpretación ...</a> <a href="https://rugosidadjagg.blogspot.com/2017/08/35-tolerancias-en-las-mediciones-e.html#:~:text=2 TER...">https://rugosidadjagg.blogspot.com/2017/08/35-tolerancias-en-las-mediciones-e.html#:~:text=2 TER...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)

**Fuente ignorada** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.sabelotodo.org/moldeo-de-piezas">www.sabelotodo.org   Moldeo de piezas</a> <a href="http://www.sabelotodo.org/moldeo-de-piezas">http://www.sabelotodo.org/moldeo-de-piezas</a>	3%		Palabras idénticas: 3% (516 palabras)



### Aplicação

As bombas centrífugas monoestágio apresentam rendimentos elevados e foram concebidas para serviço contínuo e pesado em:

- Indústria
- Irrigação
- Construção
- Abastecimento de água em geral

### Características Gerais

Disponíveis numa ampla linha de modelos, desenvolvidas para atender as mais diversas condições de serviço em inúmeras aplicações:

- Vazões até 80 m<sup>3</sup>/h
- Pressão de 100 m.c.a.
- Potência de 0,25 cv até 2,5 cv
- Rotação de 3500 rpm
- Temperatura máxima do líquido 80°C (com componentes plásticos 35°C)

### Vantagens

- Menor consumo de potência, maior economia de energia
- Construção compacta em montagem monobloco
- Ampla cobertura hidráulica, permitindo o largo campo de aplicação
- Bocais de sucção e recalque centrados
- Baixo custo de manutenção.

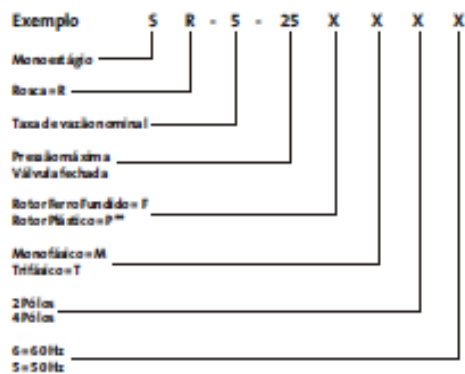
### Características Técnicas

Essas bombas permitem o acoplamento monobloco a motores elétricos, diesel e gasolina, ou podem ser montadas com mancais para acoplamento por luva elástica ou polias. A vedação no eixo é assegurada por selo mecânico (opcional por gaxeta).

Os rotores são equilibrados dinamicamente, o eixo é protegido por bucha de latão ou, em alguns modelos, é inteiriço.

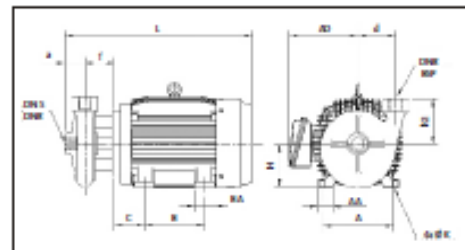
Os motores elétricos são da melhor procedência, fabricados especialmente para permitir o acoplamento monobloco, dimensionados com boa reserva de potência, podendo assim suportar sem prejuízo, as eventuais eficiências da rede.

### Codificação



\*\* Somente para DK/DW/DF

### Dimensões



### Dimensões

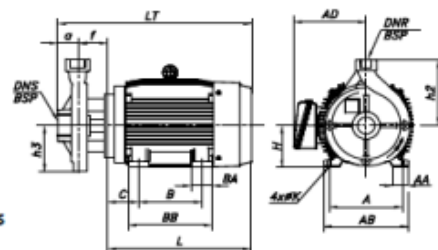
Modelo		Pot. cv	Conexões*		Dimensões												
Novo	Antigo		DNS	DNR	a	f	h2	d	A	AA	B	C	H	K	BA	AD	L
SR-25-03-FT	DWR-10	10			66	95	150	140	21,6	51	140	89	132	12	5,5	208	526
SR-26-72-FT	DVR-10K	1,25			66	95	150	140	21,6	51	140	89	132	12	5,5	208	526
SR-28-01-FT	DWR-11	15	2"	1.1/2"	66	95	150	140	21,6	51	140	89	132	12	5,5	208	526
SR-30-08-FT	DWR-12	20			66	95	150	140	25,4	64	210	108	160	15	6,0	240	640
SR-32-103-FT	DWR-13	25			66	95	150	140	25,4	64	210	108	160	15	6,0	240	640

\* ROSCA BSP



## Bombas Monoestágio

## Dimensões e Dados Elétricos



Dimensões e pesos - acoplada a motores monofásicos

Modelo	φ rotor [mm]	DNS	DNR	a	f	h2	h3	A	AA	AB	AD	B	BA	BB	C	H	K	L	LT	Peso [kg]
DVR10X	185	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	216	51	248	205	203	55	250	89	132	12	434,85	610,45	101,7
DVR11	198	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	216	51	248	205	203	55	250	89	132	12	434,85	610,45	113,8

Dimensões e pesos - acoplada a motores trifásicos

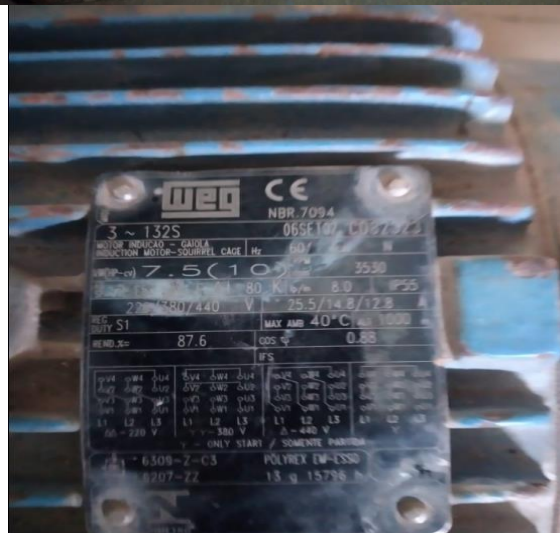
Modelo	φ rotor [mm]	DNS	DNR	a	f	h2	h3	A	AA	AB	AD	B	BA	BB	C	H	K	L	LT	Peso [kg]
DVR10X	185	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	216	51	248	212	178	55	225	89	132	12	410,85	586,45	92,3
DVR11	198	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	216	51	248	212	178	55	225	89	132	12	410,85	586,45	96,5
DVR12	228	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	254	64	308	255	210	65	254	108	160	14,5	488,65	664,25	131,4
DVR13	230	2.1/2"	2"	77	98,6	250	147	254	64	308	255	210	65	254	108	160	14,5	488,65	664,25	135,8

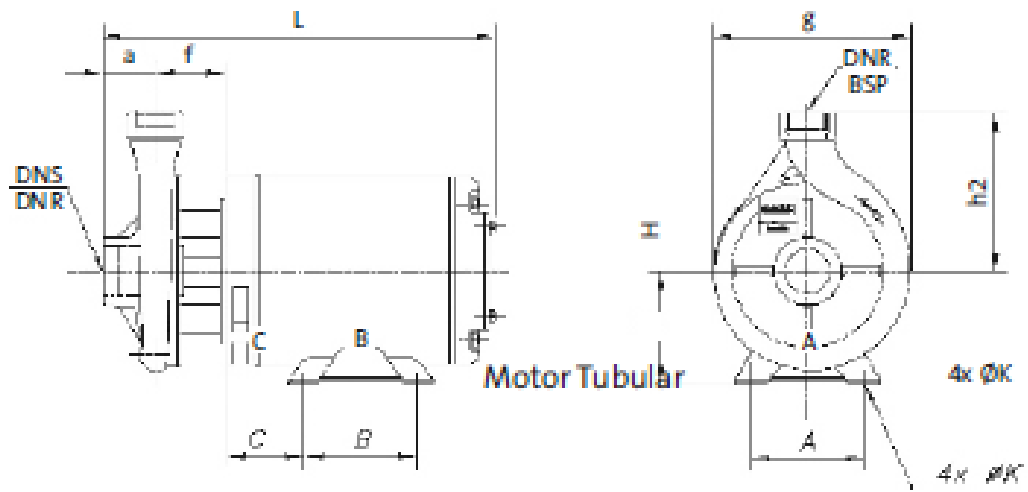
Dados elétricos de equipamentos monofásicos

Modelo	Potência		Corrente nominal (I <sub>n</sub> )		Corrente com rotor bloqueado (I <sub>p</sub> /I <sub>n</sub> )	Rendimento (η) em relação à potência nominal			Fator de potência Cos φ			Fator de serviço	Tempo máximo com rotor bloqueado a quente
			220V	440V		50%	75%	100%	50%	75%	100%		
	kW	cv	A		%						s		
DVR10X	9,2	12,5	51,0	25,5	7,5	85,50	87,50	87,50	0,91	0,94	0,94	1,15	6,0
DVR11	11	15	61,3	30,7	8,0	85,00	88,00	89,00	82,00	90,00	92,00	1,15	6,0

Dados elétricos de equipamentos trifásicos

Modelo	Potência		Corrente nominal (I <sub>n</sub> )			Corrente com rotor bloqueado (I <sub>p</sub> /I <sub>n</sub> )	Rendimento (η) em relação à potência nominal			Fator de potência Cos φ			Fator de serviço	Tempo máximo com rotor bloqueado a quente
			220V	380V	440V		50%	75%	100%	50%	75%	100%		
	kW	cv	A			%						s		
DVR10X	9,2	12,5	31,2	18,0	15,6	7,8	85,80	87,50	88,00	0,77	0,84	0,88	1,15	10,0
DVR11	11	15	36,9	21,3	18,5	8,5	85,00	87,50	87,80	0,77	0,85	0,89	1,15	5,0
DVR12	18,5	20	50,3	29,0	25,2	7,8	86,40	88,60	89,00	0,75	0,84	0,88	1,15	12,0
DVR13	22	25	61,6	35,5	30,8	8,0	88,00	89,50	89,50	0,78	0,85	0,88	1,15	12,0







*Anexo D.1: Plano de la parte superior de la pieza*

**Tiempo de enfriamiento de los diferentes cuerpos geométricos.**

Tabla. Tiempos de enfriamiento de diferente cuerpo

CUERPO	ESFERA	CILINDRO	CUBO	PRISMA RECT.
VOLUMEN (V)	1000000	1000000	1000000	1000000
ÁREA (A)	48300	55700	60000	70000
V/A	20.6	17.9	16.7	14.28
(V/A)	424.3	320.4	278.9	203.9
$K$	0.021	0.021	0.021	0.021
$T_s$	8.9	6.72	5.85	4.28

**Ángulos de extracción.**

Una vez que el molde está listo, se debe abrir en dos o más partes para sacar el modelo, lo que requiere que todas sus caras normales estén inclinadas a una línea de separación que permita sacarlo sin arrastrar el modelo junto con la arena. Para determinar el ángulo de extracción de los modelos, se recomiendan los valores que se dan en la tabla.

Tabla No. Ángulos de salida y pendientes

ALTURA DEL MODELO	ÁNGULOS DE SALIDA Y PENDIENTES
De 1 a 10 mm	3°
De 11 a 20 mm	2°
De 21 a 35 mm	1°
De 36 a 65 mm	0° 45'
De 66 a 150 mm	0° 30'
De 151 a 250 mm	1.5 mm
De 251 a 400 mm	2.5 mm
De 401 a 600 mm	3.5 mm
De 601 a 800 mm	4.5 mm
De 801 a 1000 mm	5.5 mm

**Sobre espesores de maquinado.**

Al diseñar las dimensiones del modelo, también se deben considerar las superficies a procesar para obtener material adicional para el procesamiento. Existen diferentes criterios y estándares al respecto, a continuación, se muestra un ejemplo. Norma francesa NFA 32011 para hierro gris.

Sobre espesor clase L. Para dimensiones que son importantes para nosotros en relación al uso previsto de la pieza. (La tolerancia de diseño específica no afecta las dimensiones).

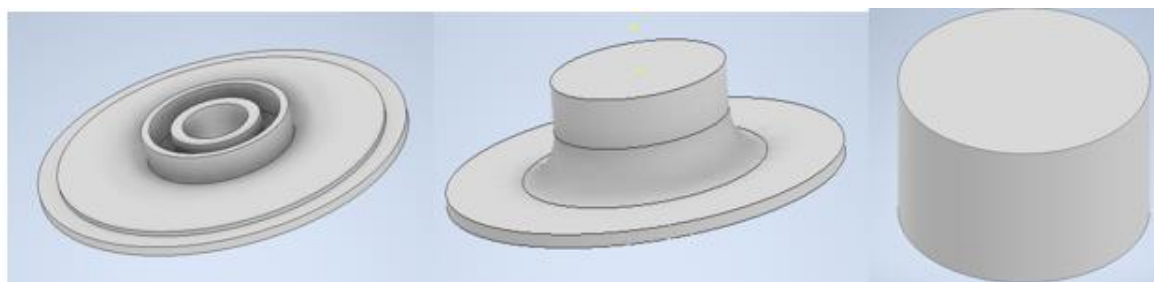
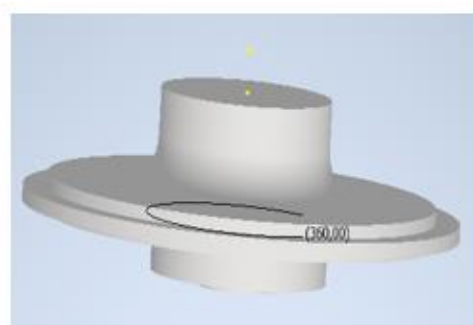
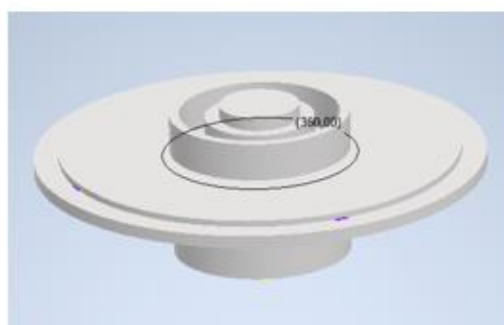
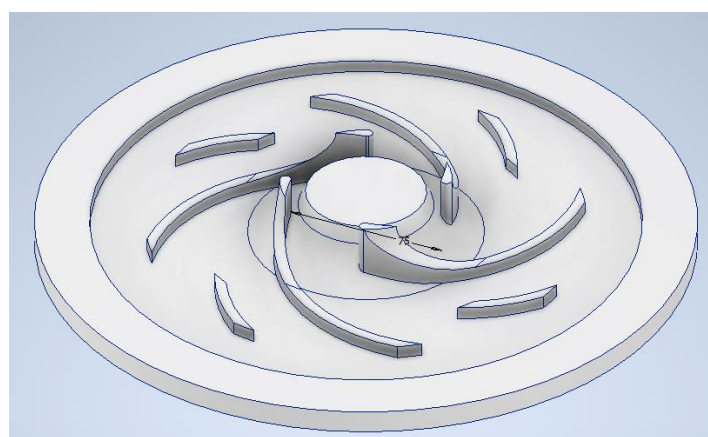
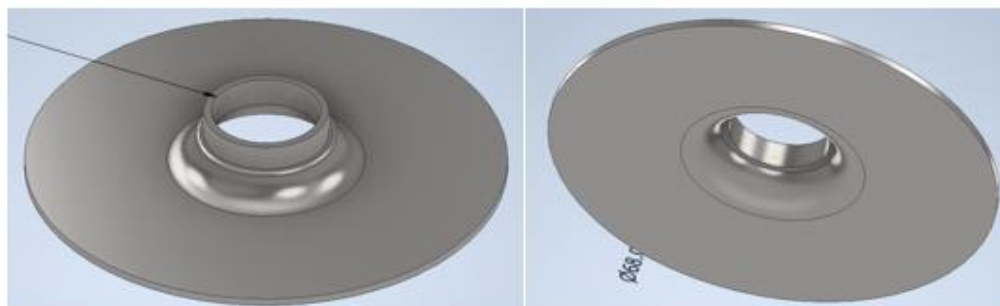
**Tabla No. 5** Tabla de sobre espesor de maquinado

Tabla 4 sobre espesor de maquinado clase L					
Cotas nominales de referencia		La mayor dimensión de la pieza de:			
		1 a 250	250 a 630	630 a 1600	1600 en adelante
De:	a inclusive	Sobre espesor de maquinado			
	16	4	4.5	5	7
16	25	4	4.5	5	7
25	40	4.5	4.5	5.5	7
40	63	4.5	5	5.5	7.5
63	100	5	5	5	8
100	160	5.5	5.5	6.5	8
160	250	6	6	7	8.5
250	400		7	7.5	9.5
400	630		7.5	8.5	10.5
630	1000			9.5	11.5
1000	1600			11.5	13.5
1600	2500				15.5
2500	4000				19



Tabla 5 sobre espesor de maquinado clase A							
Cotas nominales de referencia		La mayor dimensión de la pieza de:					
		0 a 100	100 a 160	160 a 250	250 a 630	630 a 1600	1600 a En adelante
Ce:	a inclusive	Sobre espesor de maquinado					
	16	2.5	2.5	2.5	4	4.5	5.5
16	25	3	3	3	4	4.5	5.5
25	40	3	3	3	4	4.5	6
40	63	3	3	3	4.5	5	6
63	100	3.5	3.5	3.5	4.5	5	5
100	160		3.5	3.5	5	5	6.6
160	250			4	5	5.5	7
250	400				5.5	6	7
400	630				6	6.5	8
630	1000					7.5	8.5
1000	1600					9	10
1600	2500						11.5
2500	4000						13.5

Tabla 6 Sobre espesor de maquinado clase B						
Cotas nominales de referencia		La mayor dimensión de la pieza de:				
		1 a 250	250 a 630	630 a 1600	1600 a en adelante	630
De:	a inclusive	Sobre espesor de maquinado				
	16	2.5	2.5	2.5	3.5	4
16	25	2.5	2.5	2.5	3.5	4
25	40	2.5	2.5	2.5	4	4.5
40	63	3	3	3	4	4.5
63	100	3	3	3	4	4.5
100	160		3	3	4.5	5
160	250			3.5	4.5	5
250	400				5	5.5
400	630				5.5	6
630	1000					6.5



**Anexo F.1:** Tapa del macho, parte inferior del macho y la estructura del impulsor.

**Anexo G.** Pieza del impulsor de la bomba MARK GRUNDFOS modelo DVR 10 impresa en una impresora 3D en material PLA.

**1 de 1**



**Anexo H. Proceso de fundición del impulsor de la bomba MARK  
GRUNDFOS modelo DVR 10**



**Anexo I.** Proceso de maquinado del impulsor de la bomba MARK GRUNDFOS modelo DVR 10.



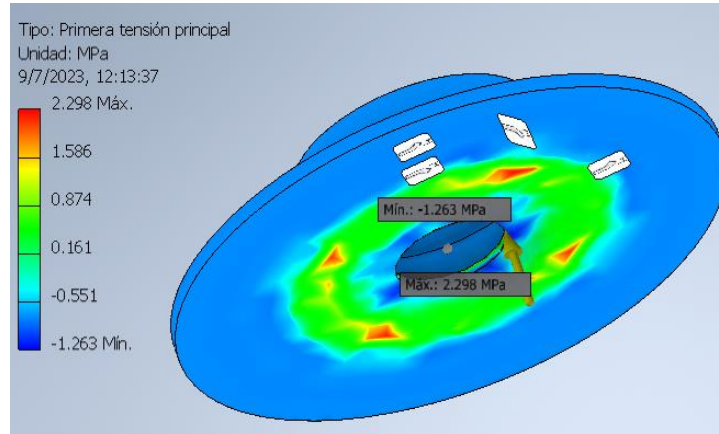
Anexo J. Montaje del impulsor en la bomba MARK GRUNDFOS modelo DVR 10.



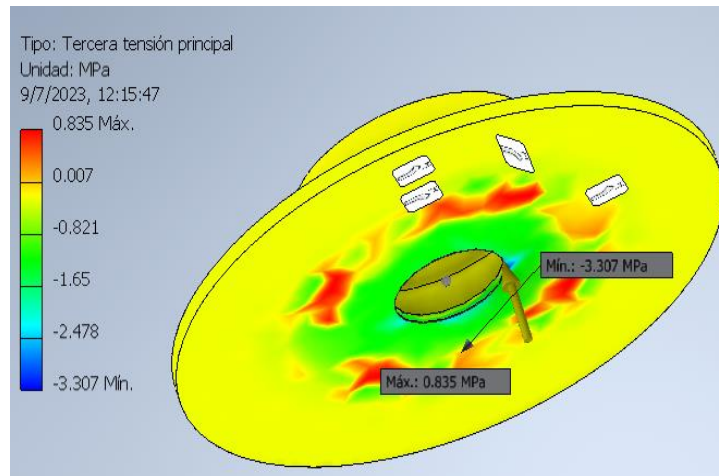
**Anexo K. Análisis de Molde de la estructura del Impulsor Superior e Inferior**

**Molde de la estructura del Impulsor Superior**

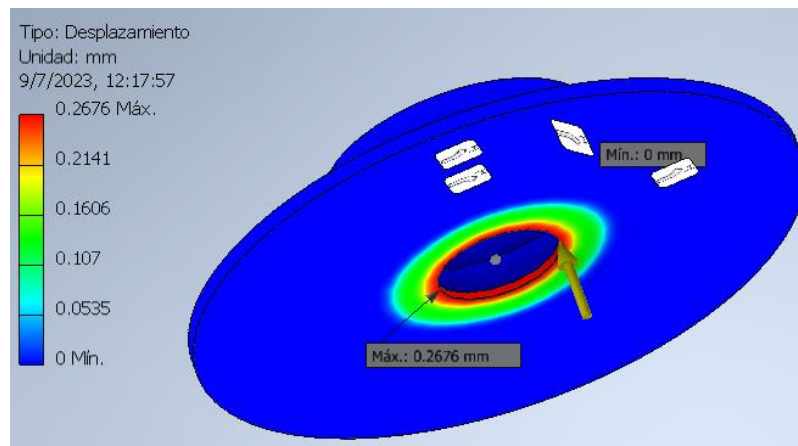
**Primera Tensión Principal**



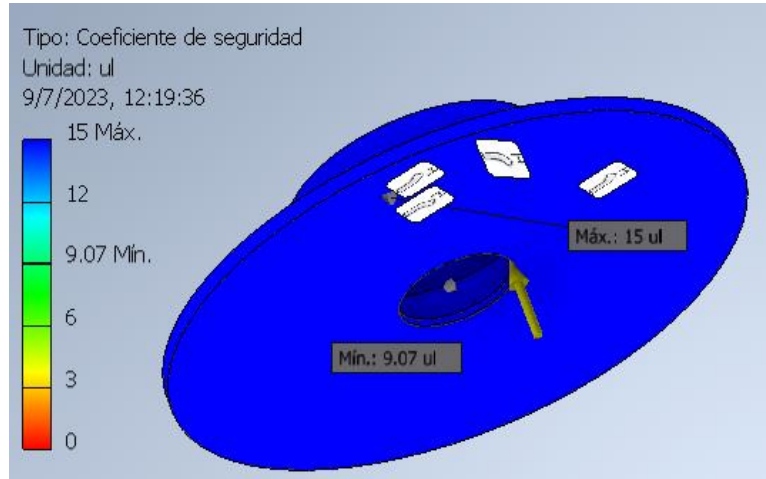
**Tercera Tensión Principal**



**Desplazamientos**

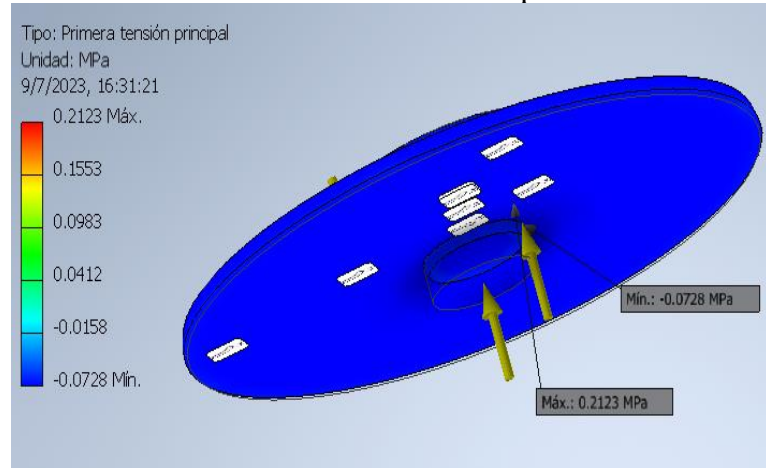


### Coeficiente de seguridad

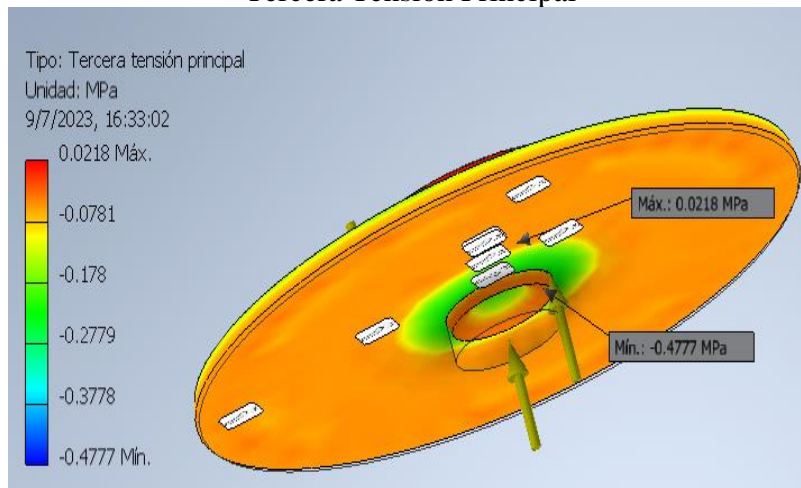


### Molde de la estructura del Impulsor Inferior

#### Primera Tensión Principal

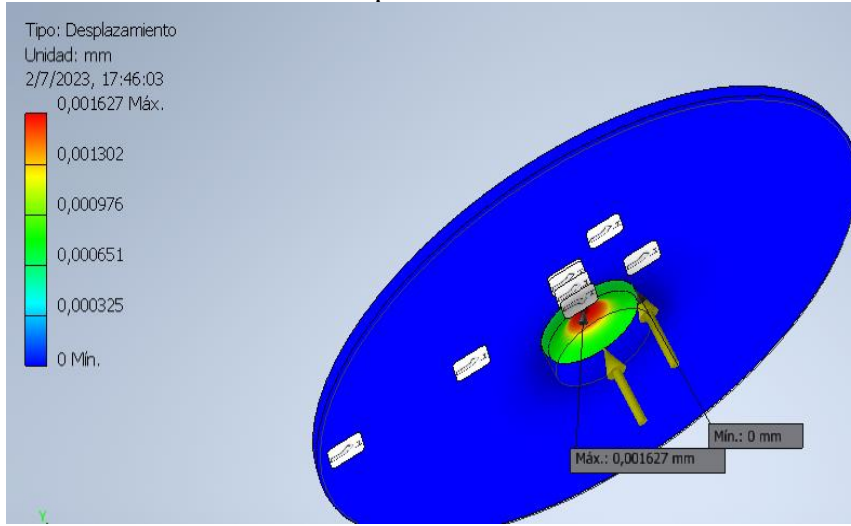


#### Tercera Tensión Principal

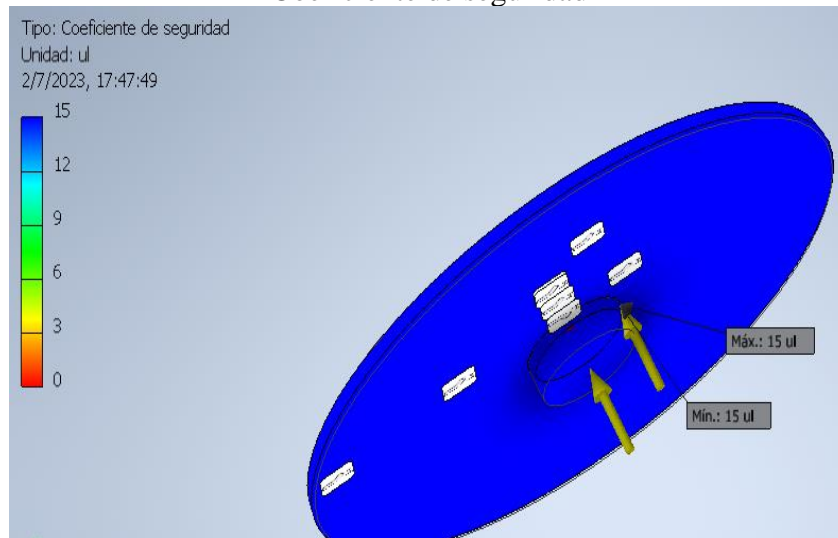




### Desplazamientos



### Coefficiente de seguridad



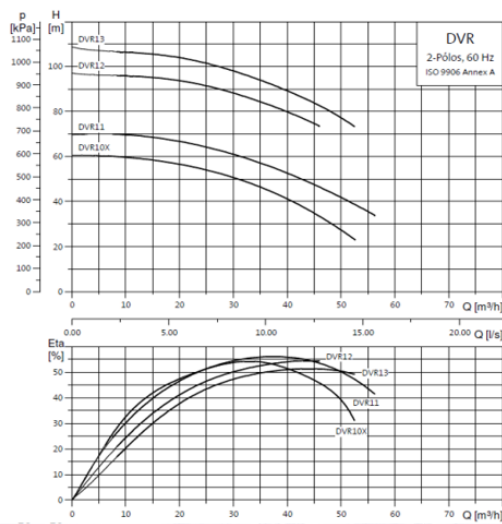
## Construcción

### Especificación de materiales y componentes estándar

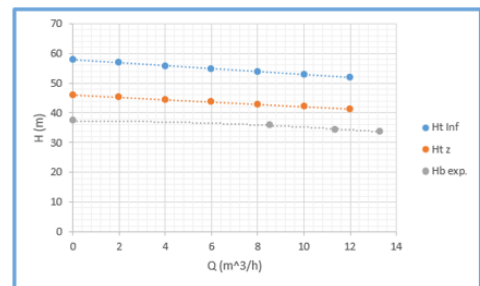
Pos. n°.	Componente	Material	Estándar ASTM
6a	Cuerpo de bomba, superior	Hierro dúctil	ASTM A536, 65-45-12
6b	Cuerpo de bomba, inferior	Hierro dúctil	ASTM A536, 65-45-12
11	Chaveta, impulsor	Acero	C1018, acero estirado en frío
11a	Chaveta, acoplamiento	Acero	C1018, acero estirado en frío
17	Tornillo de purga de aire	Acero	
20	Tapón de drenaje R 1/2	Acero	
20a	Tapón, salida de drenaje	Acero	
20b	Tapón, entrada	Acero	
20c	Tapón, salida	Acero	
20d	Tapón, enjuague del cierre del eje	Acero	
20e	Tapón, cámara de aspiración	Acero	
24	Pasador de bloqueo, anillo de desgaste	Acero	ANSI/ASME B18.8
26b	Pasador de rodillo	Acero	ANSI/ASME B18.8
26c	Tornillo	Acero	
45	Anillo de desgaste	Bronce	ASTM B148, C95200
45b	Anillo de desgaste con ranura para anillo de retención	Bronce	ASTM B148, C95200
49	Impulsor	Bronce al silicio	ASTM B584, C87600
51	Eje	Acero inoxidable	AISI 420
53	Cojinete de bolas, extremo propulsado	Acero	
54	Cojinete de bolas, extremo no propulsado	Acero	
54c	Arandela	Acero	
54d	Anillo de retención	Acero para muelles al carbono	SAE 1060-1090
58	Tapa de cierre	Hierro gris	
58a	Tornillo	Acero	
65	Anillo de retención	Acero inoxidable, serie 303	
66	Junta tórica	NBR	
67a	Tuerca impulsor/camisa eje, rosca a derechas	Bronce	II932, C89835
67b	Tuerca impulsor/camisa eje, rosca a izquierdas	Bronce	II932, C89835
72a	Junta	Fibra vegetal (HYD-401)	
76	Placa de características	Aluminio	
79	Deflector	Neopreno	
105	Cierre		
109	Junta tórica	NBR	
109a	Junta tórica	NBR	
110	Junta tórica	NBR	
113	Alojamiento cojinete	Hierro dúctil	ASTM A536, 65-45-12
113c	Tapa de cojinete, extremo propulsado	Fundición	ASTM A48, CL30
113d	Tapa de cojinete, extremo no propulsado	Fundición	ASTM A48, CL30
113e	Junta	Fibra vegetal (HYD-401)	
113f	Junta de labios, cojinete del extremo no propulsado	NBR	
113g	Junta de labios, cojinete de fondo	NBR	
114	Tornillo	Acero	
114a	Tornillo	Acero	
114b	Tornillo	Acero	
116	Camisa del eje	Bronce	II932, C89835
116a	Camisa del eje, extremo propulsado	Bronce	I836 C89833
116b	Camisa del eje, extremo no propulsado	Bronce	I836 C89833
116c	Camisa del eje, interior	Bronce	I836 C89833
116d	Camisa del eje, exterior	Bronce	I836 C89833
116e	Tornillo ajuste	Acero	
124	Cuerpo del cierre	Hierro dúctil	ASTM A536, 65-45-12
195	Boquilla de engrase	Acero recubierto de cinc	

**Anexo M. Rendimiento del impulsor de la bomba del impulsor manufacturado y del antiguo.**

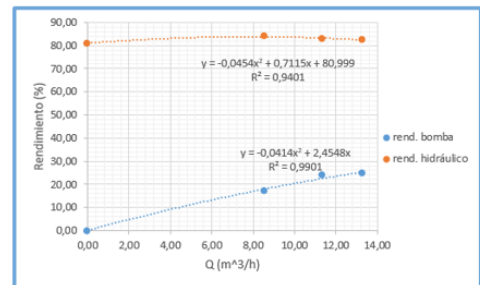
**Curvas de Performance Bombas Monoestágio**



**Características de la bomba**



**Rendimiento Hidráulico y rendimiento de bombeo**



Gracias a las pruebas realizadas de bomba se logró observar que las curvas obtenidas en el catálogo son incorrectas.

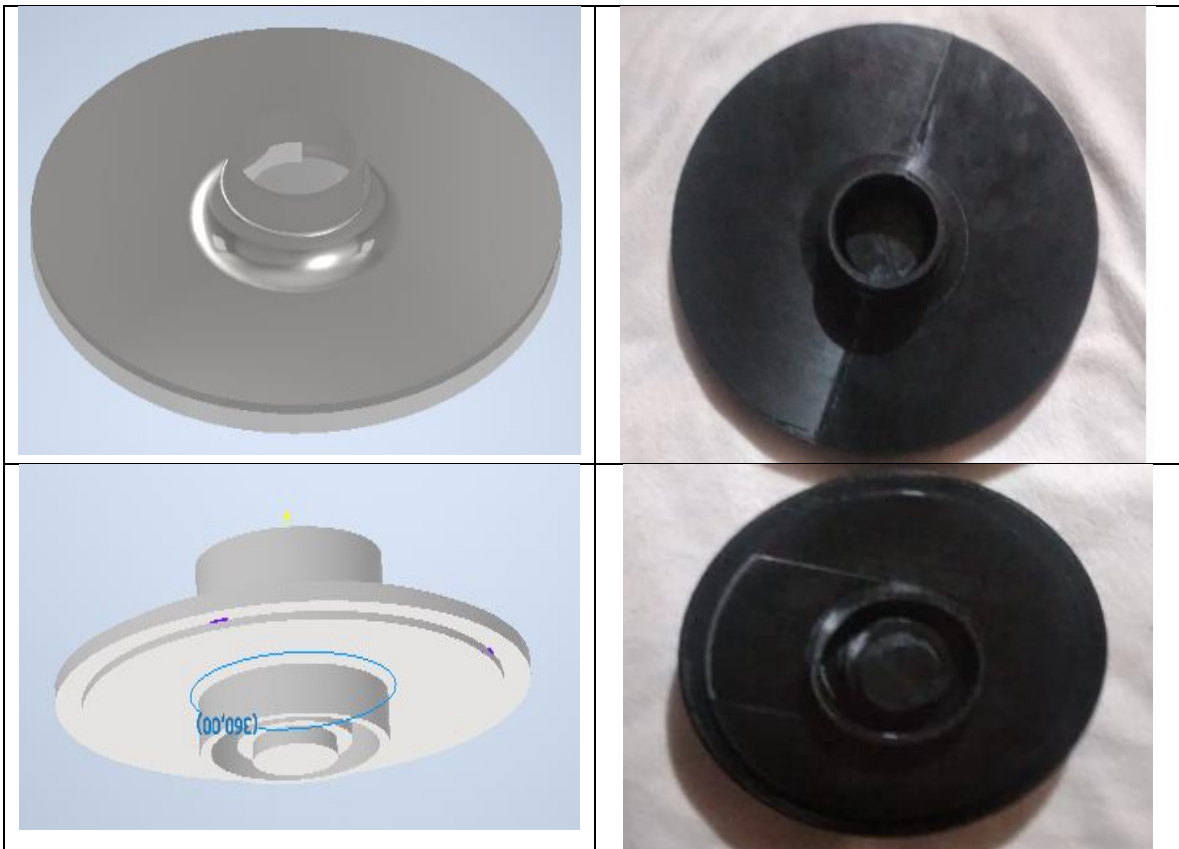
La altura máxima de bombeo era de 10 metros con el impulsor original y era conectado en serie para llegar a esa altura.

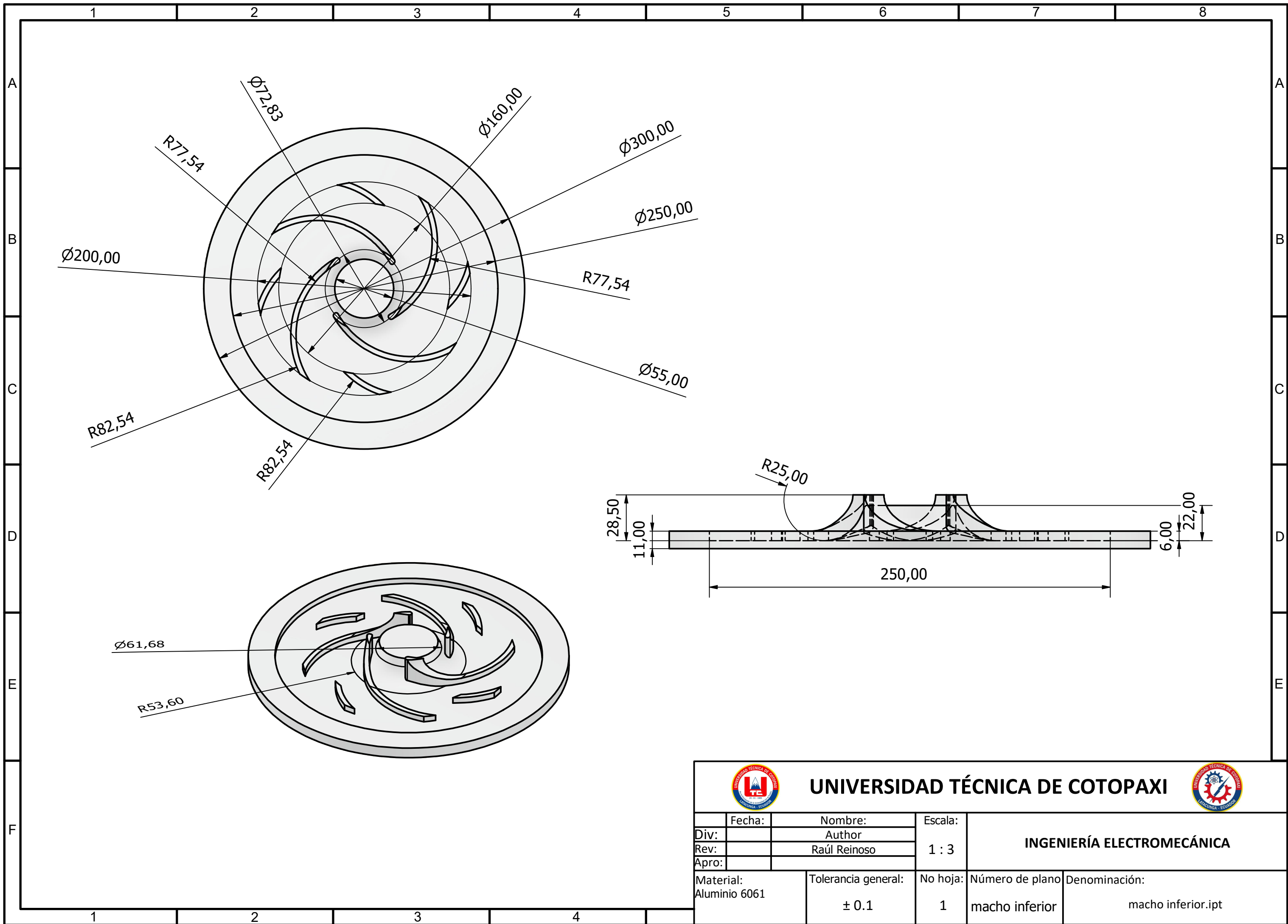
La altura máxima de bombeo es de 27 metros con el impulsor manufacturado con el material de bronce aluminio y solo abastece con una bomba.

# **Anexo N**

## **PLANOS DEL IMPULSOR**

# PLANOS DE LOS MOLDES PARA LA FABRICACION DEL IMPULSOR

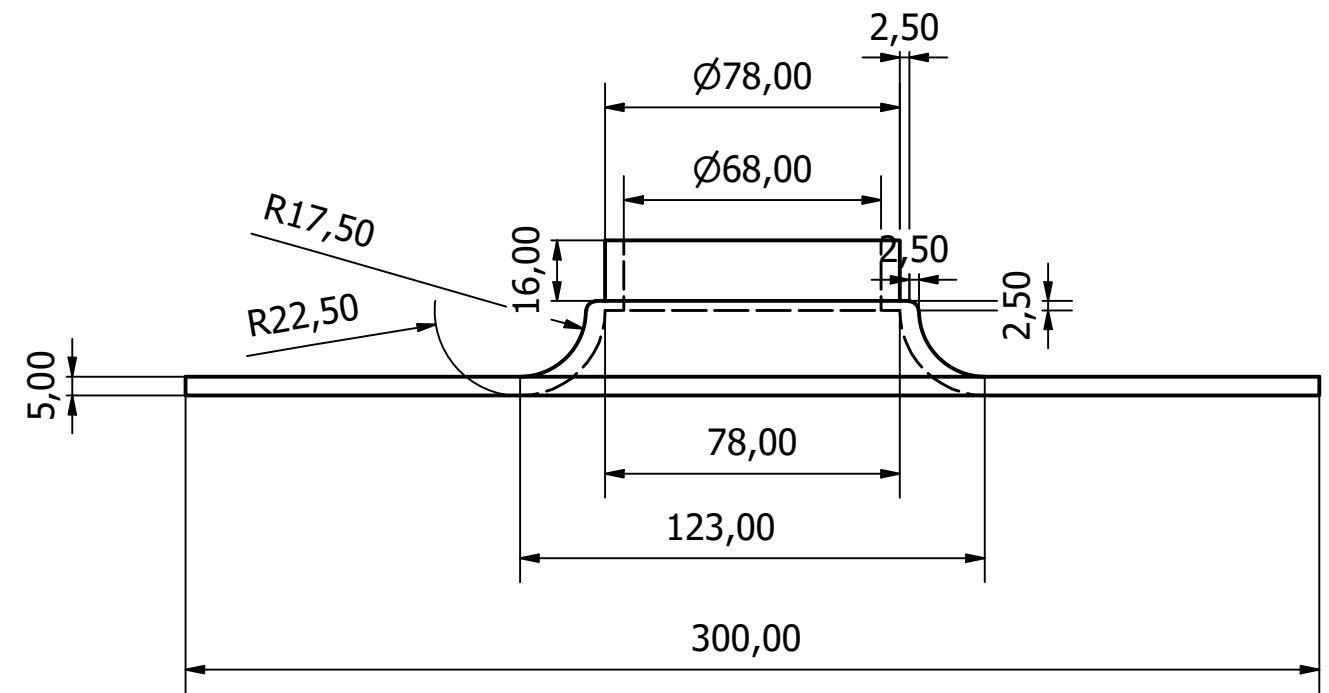
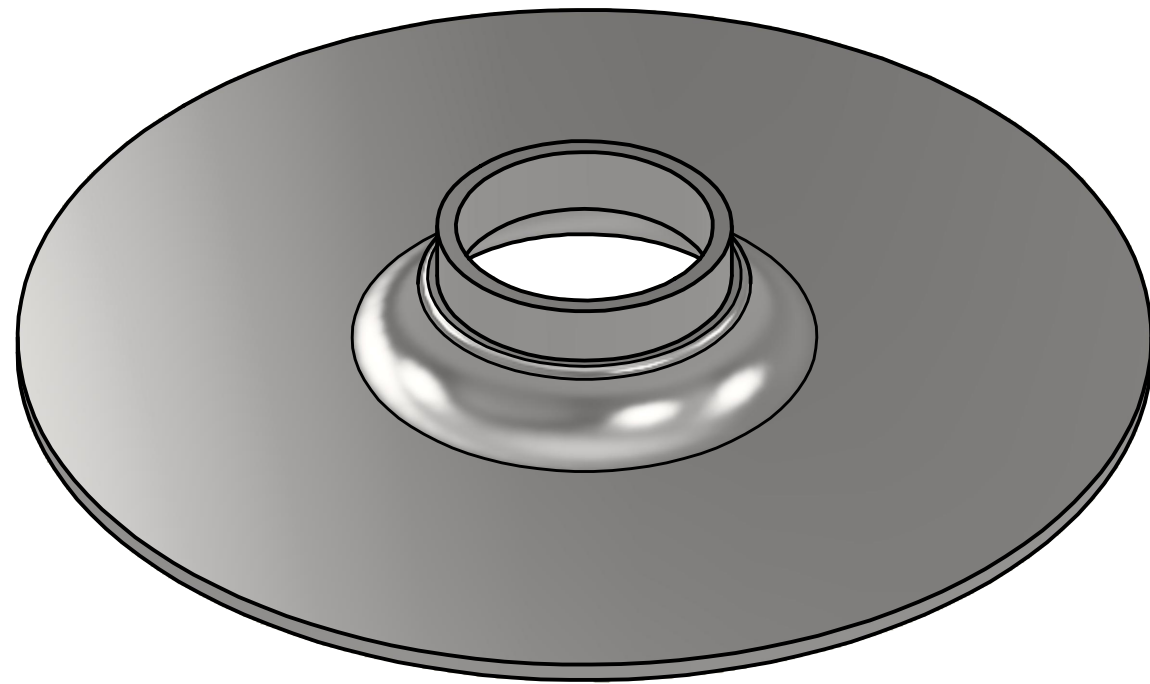




**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**



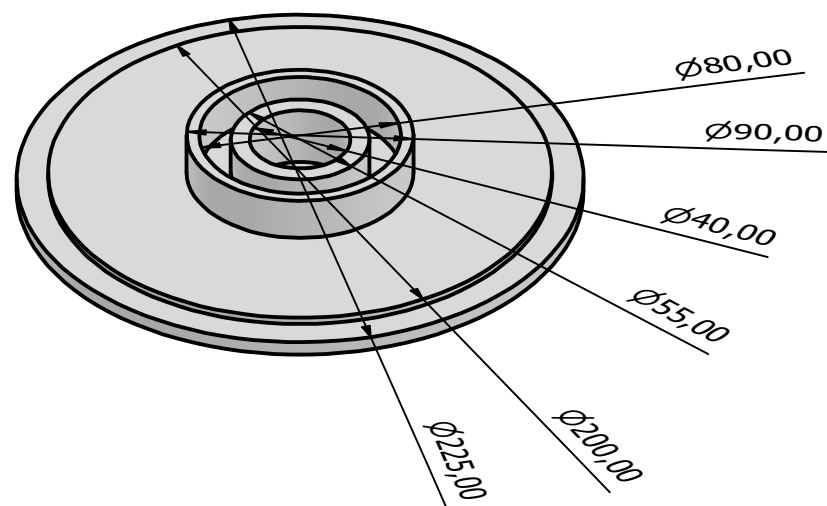
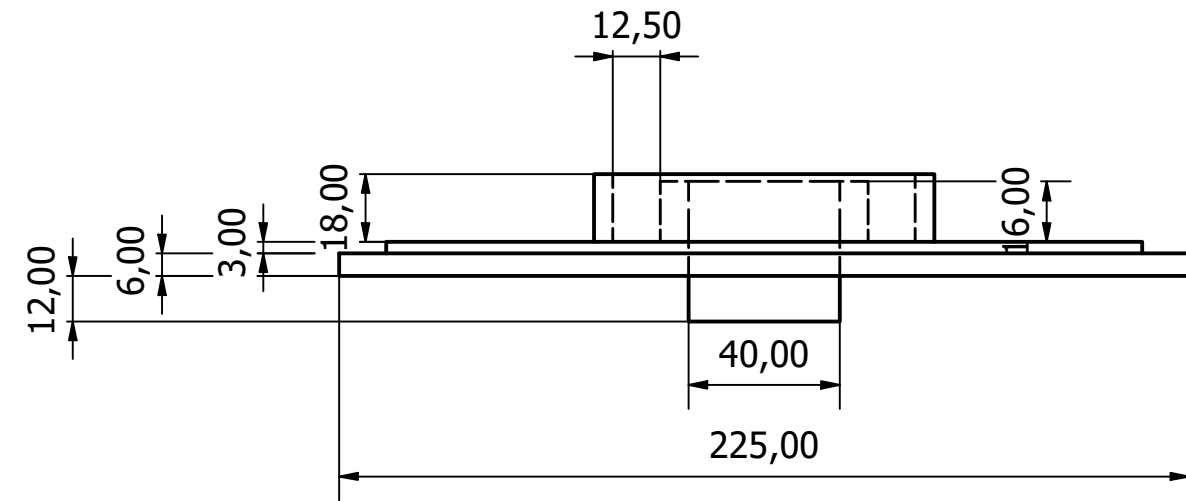
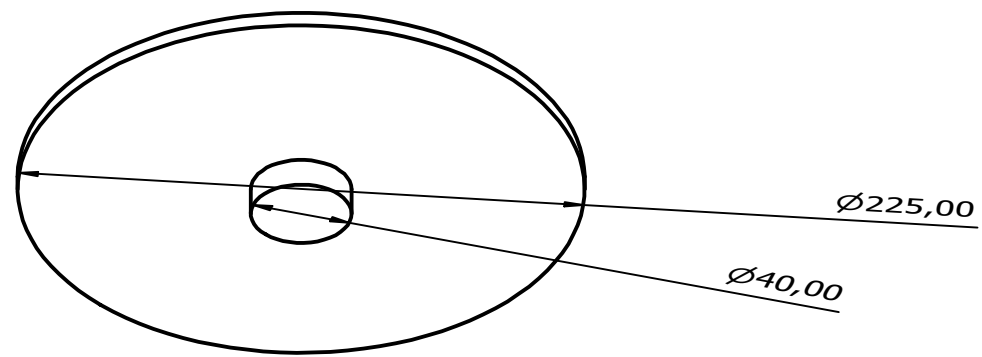
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div:	Author	1 : 3		
Rev:	Raúl Reinoso			
Apro:				
Material: Aluminio 6061	Tolerancia general: $\pm 0.1$	No hoja: 1	Número de plano: macho inferior	Denominación: macho inferior.ipt





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

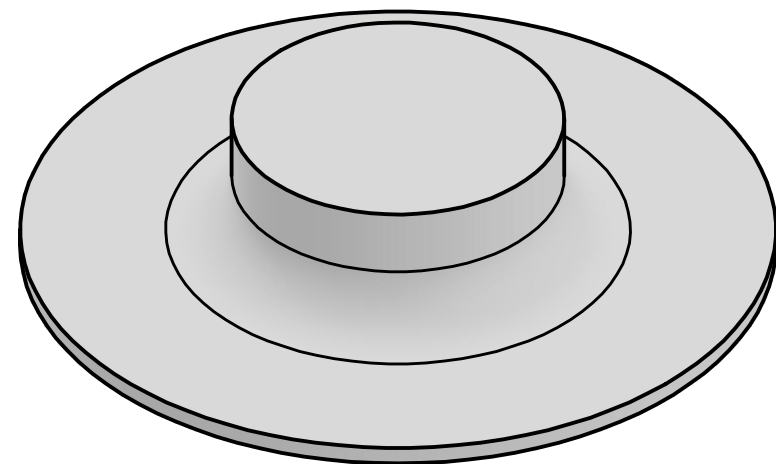
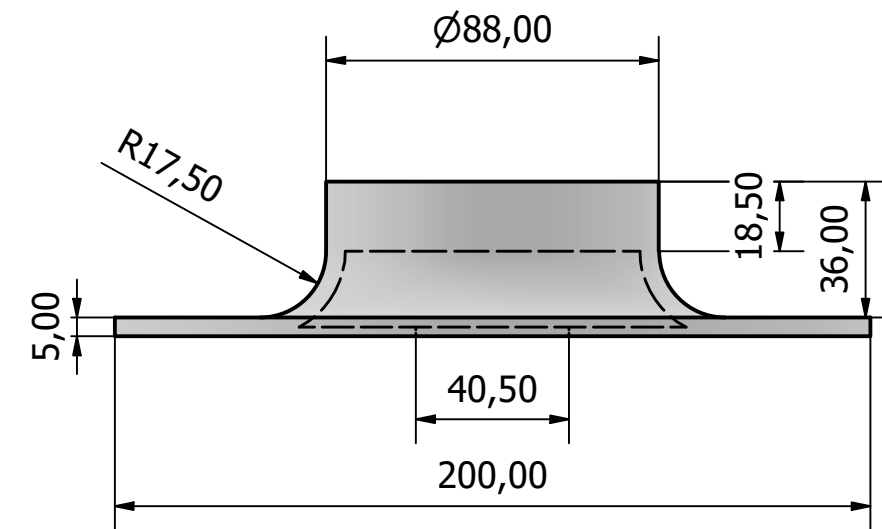
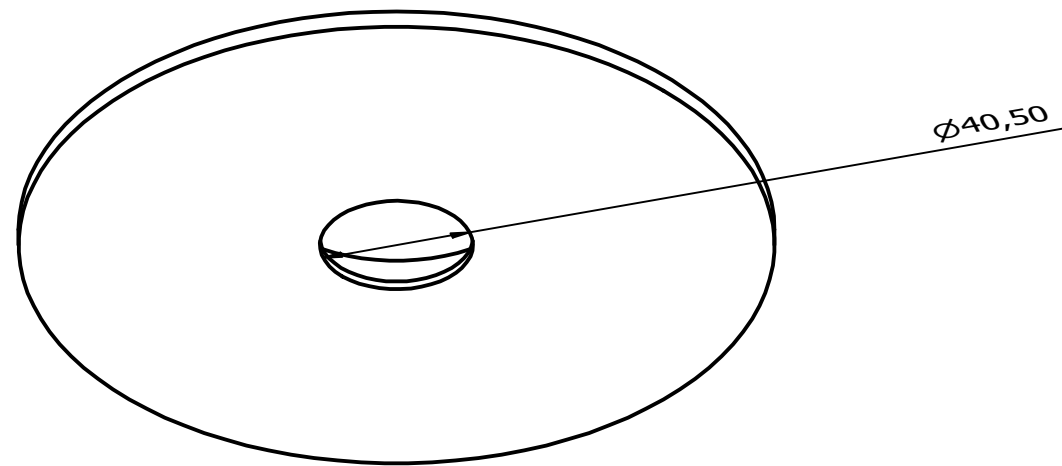




Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div:	Author	1 / 2		
Rev:	Raúl Reinoso			
Apro:				
Material: Acero inoxidable	Tolerancia general: ± 0.1	No hoja: 1	Número de plano macho pieza superior tapa	Denominación: macho pieza superior tapa.ipt



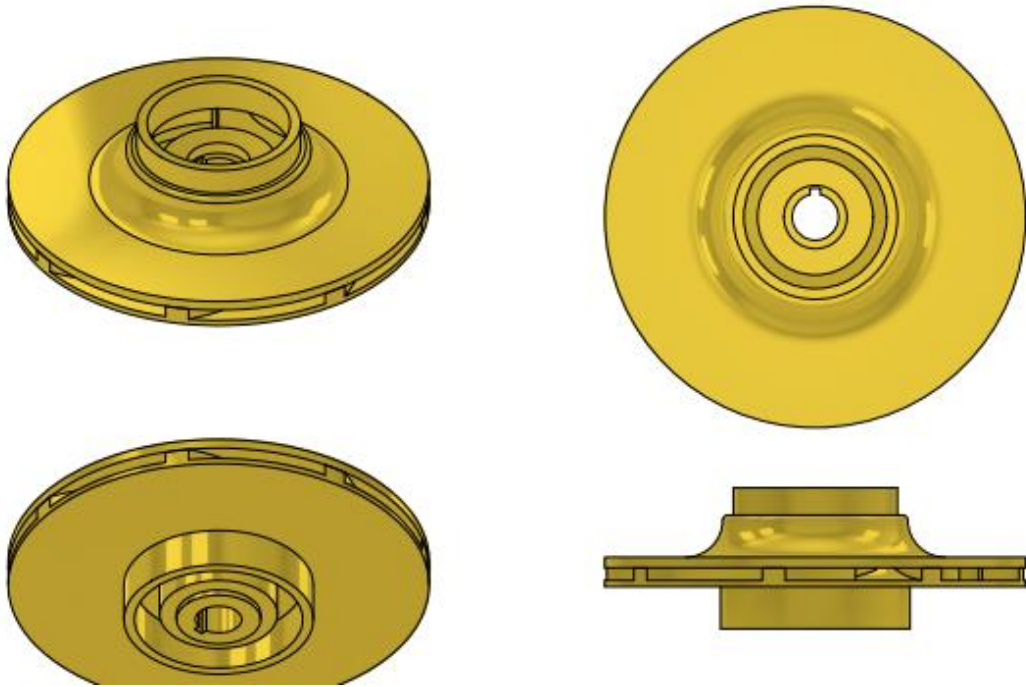
		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>				
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>			
Div:	Author	1 : 3				
Rev:	Raúl Reinoso					
Apro:						
Material: Genérico	Tolerancia general: $\pm 0.1$	No hoja: 1	Número de plano: Pieza interior2	Denominación: Pieza interior2.ipt		

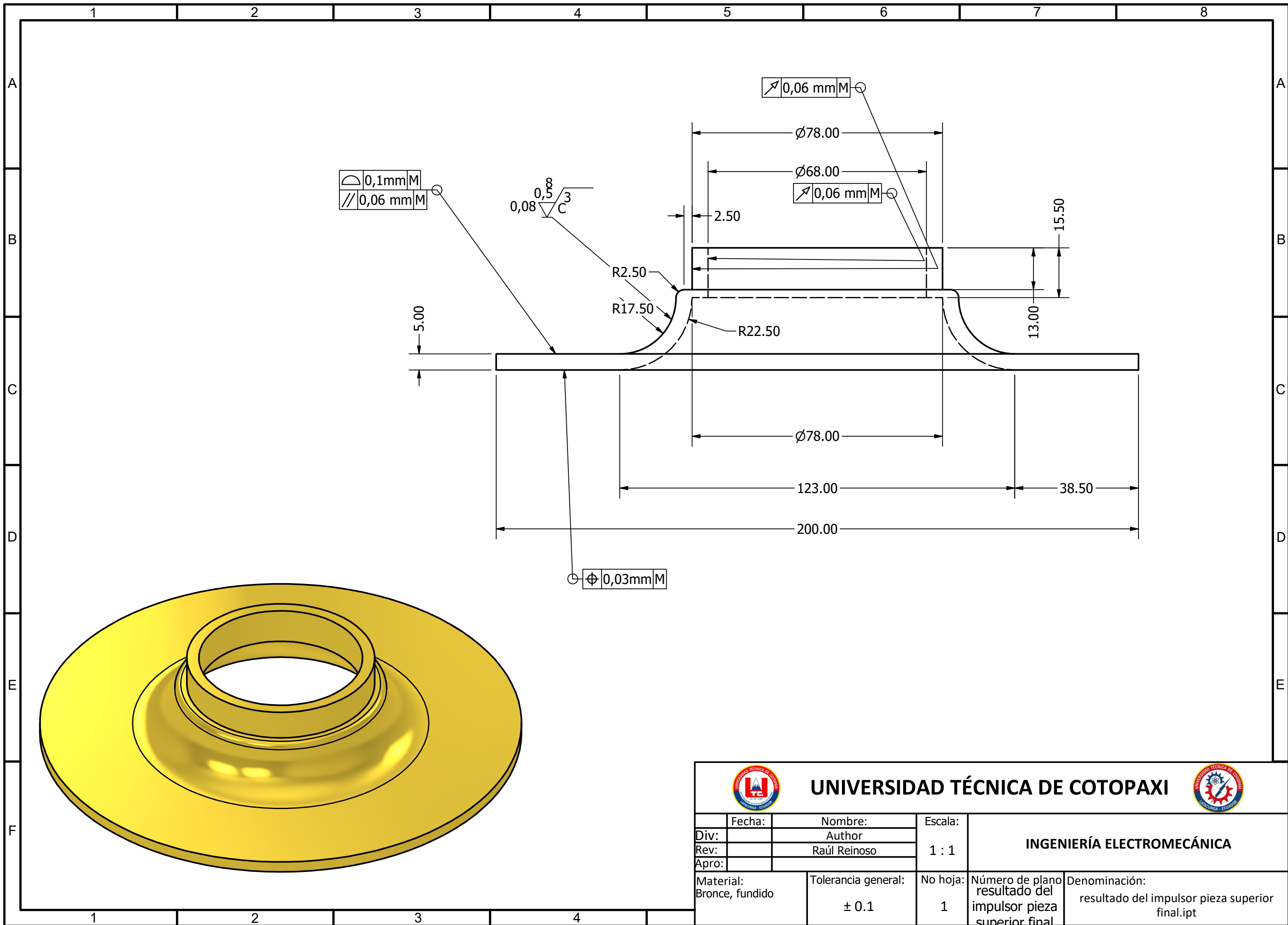






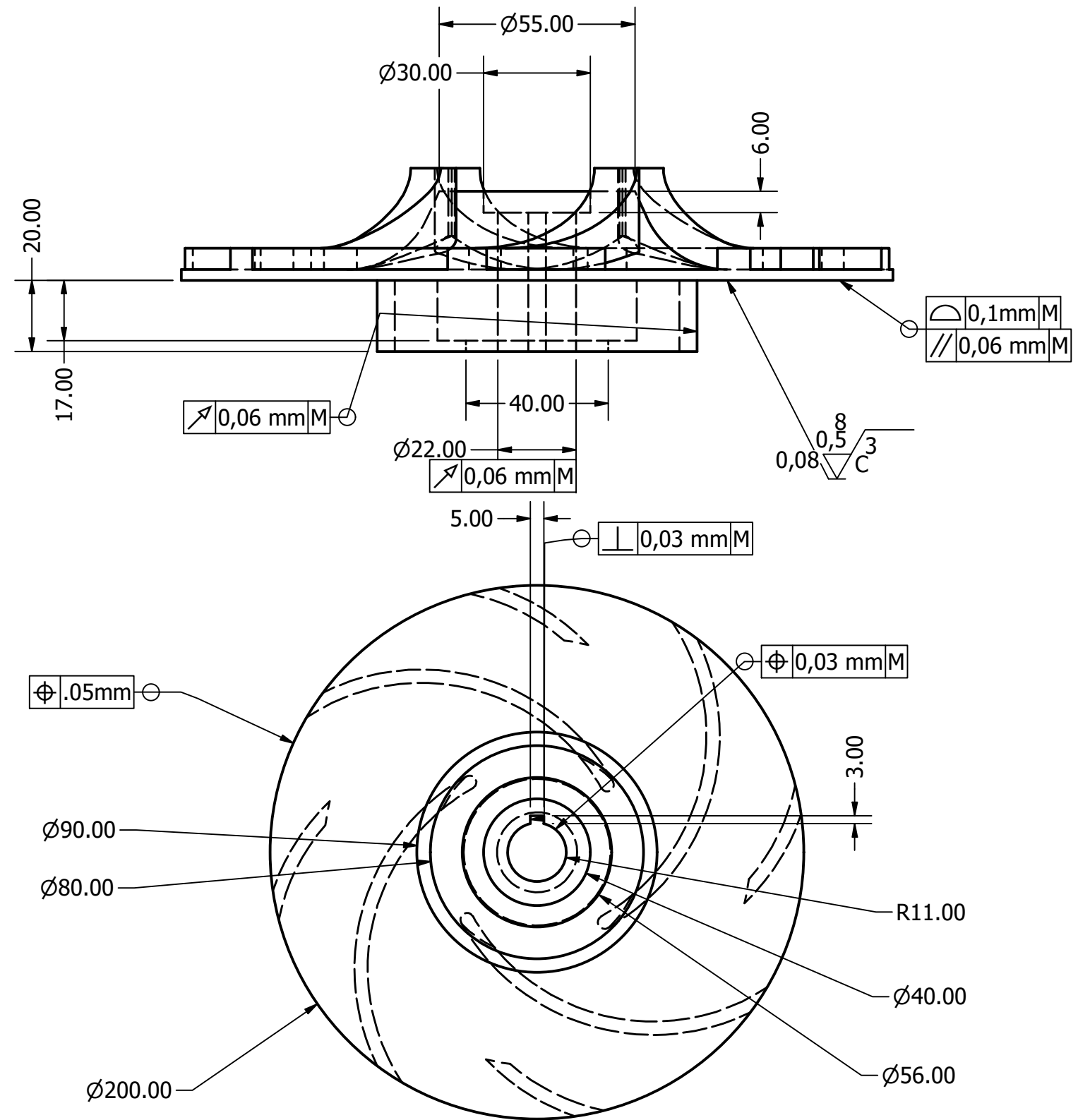
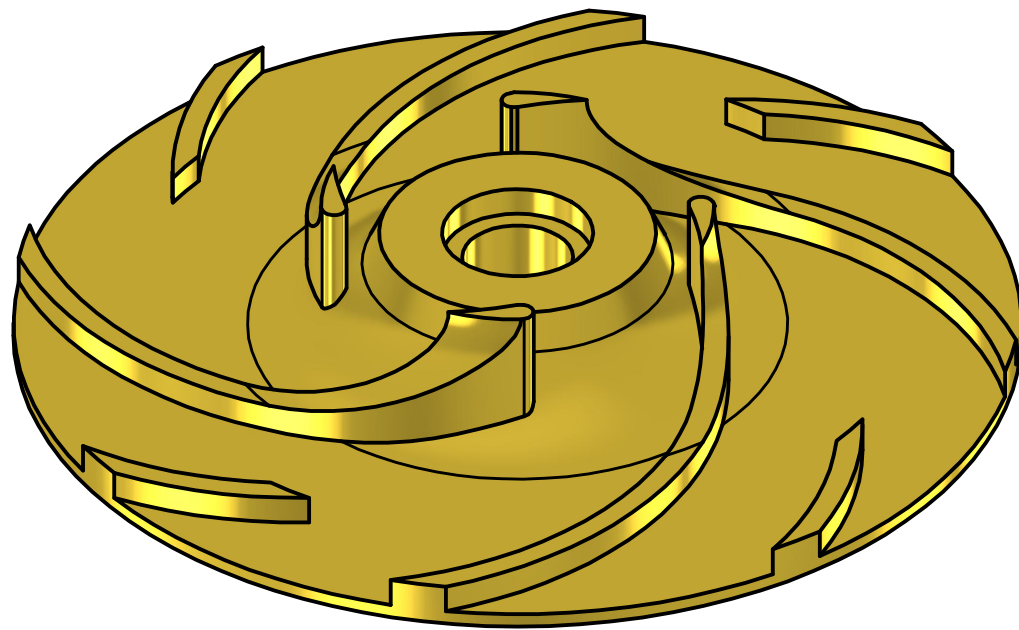
 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div:	Author	1 : 2		
Rev:	Raúl Reinoso			
Apro:				
Material: Genérico	Tolerancia general: $\pm 0.1$	No hoja: 1	Número de plano Pieza superior final completa2 copia	Denominación: Pieza superior final completa2 copia.ipt



# PLANOS DEL IMPULSOR





 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div:	Author	1 : 1		
Rev:	Raúl Reinoso			
Apro:				
Material: Bronce, fundido	Tolerancia general: $\pm 0.1$	No hoja: 1	Número de plano resultado del impulsor pieza superior final	Denominación: resultado del impulsor pieza superior final.ipt



 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> 				
Fecha:	Nombre:	Escala:	<b>INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA</b>	
Div:	Author	2 / 3		
Rev:	Raúl Reinoso			
Apro:				
Material: Cobre, fundido	Tolerancia general: $\pm 0.1$	No hoja: 1	Número de plano resultado del impulsor pieza inferior final	Denominación: resultado del impulsor pieza inferior final.ipt