



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

**“DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN BLOQUE MOTOR MONO  
CILÍNDRICO PARA UNA MOTOCICLETA DE 150C.C. CON UNA  
ALEACIÓN DE ALUMINIO 7075”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: CHACHAPOYA GUEVARA JOHN JAIRO**  
**GARCÍA MENDOZA MARLON ISAÍAS**

**DIRECTOR: ING. EDGAR FABIÁN SÁNCHEZ CARRIÓN**

Riobamba-Ecuador

2019

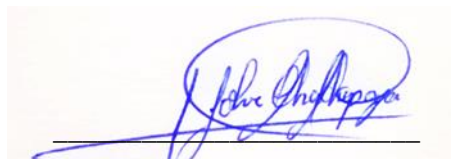
**@2019, John Jairo Chachapoya Guevara y Marlon Isaías García Mendoza**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, JOHN JAIRO CHACHAPOYA GUEVARA y MARLON ISAÍAS GARCÍA MENDOZA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de octubre de 2019



---

**John Jairo Chachapoya Guevara**  
**180446081-2**



---

**Marlon Isaías García Mendoza**  
**070650801-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de titulación: Tipo: propuesta tecnológica, “**DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN BLOQUE MOTOR MONO CILÍNDRICO PARA UNA MOTOCICLETA DE 150C.C. CON UNA ALEACIÓN DE ALUMINIO 7075**”, realizado por los señores: **JOHN JAIRO CHACHAPOYA GUEVARA Y MARLON ISAÍAS GARCÍA MENDOZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		(2019-10-31) <u>2019-10-31</u>
Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		<u>2019-10-31</u>
Ing. Víctor David Bravo Morocho <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL DE TITULACIÓN</b>		<u>2019-10-31</u>

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de titulación lo dedico a Dios por haberme guiado y llenado de bendiciones en este duro camino en mi vida académica y personal, a mis padres, Wilson Chachapoya y Mirian Guevara, gracias por su apoyo, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí los valores del respeto, responsabilidad y perseverancia las cuales me han llevado al éxito.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

***John Jairo Chachapoya Guevara***

Este trabajo de titulación lo dedico a Dios por haberme guiado y llenado de bendiciones en este duro camino en mi vida académica y personal, a mis padres, Luis García y Fátima Mendoza, gracias por su apoyo, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí los valores del respeto, responsabilidad y perseverancia las cuales me han llevado al éxito.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

***Marlon Isaiás García Mendoza***

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme salud y la vida para poder seguirme superando y cosechando grandes logros a nivel personal y académicos. A mis padres, Wilson Chachapoya y Mirian Guevara, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida académica por darme la fuerza y fortaleza para seguir adelante siempre con sus consejos. A mi esposa Nataly Herdoiza y mi hija Cataleya Chachapoya quienes han sido en motor principal y por quienes he alcanzado un peldaño más en mi vida personal y profesional. A mis hermanos que siempre han sido un apoyo incondicional en mi vida personal. Agradecer a toda mi familia, mis suegros y amigos quienes con sus consejos me ayudaron a seguir adelante para obtener esta profesión y así dar un aporte a la sociedad.

Agradezco a mi tutor Ing. Fabian Sánchez y asesor Ing. David Bravo gracias a sus experiencias, conocimientos, motivaciones y amistad nos orientaron a culminar este trabajo de titulación.

***John Jairo Chachapoya Guevara***

Agradecer a Dios por darme salud y la vida para poder seguirme superando y cosechando grandes logros a nivel personal y académicos. A mis padres Luis García y Fátima Mendoza, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida académica por darme la fuerza y fortaleza para seguir adelante siempre con sus consejos. A mis hermanos que siempre han sido un apoyo en mi vida personal y profesional. Agradecer a toda mi familia y amigos quienes con sus consejos me ayudaron a seguir adelante para obtener esta profesión y así dar un aporte a la sociedad.

Agradezco a mi tutor Ing. Fabián Sánchez y asesor Ing. David Bravo gracias a sus experiencias, conocimientos, motivaciones y amistad nos orientaron a culminar este trabajo de titulación.

***Marlon Isaías García Mendoza***

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>2</b>
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación .....	3
1.3.1 <i>Justificación teórica</i> .....	3
1.3.2 <i>Justificación práctica</i> .....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 Antecedentes .....	5
2.1.1 <i>Actualidad de la motocicleta en el Ecuador</i> .....	5
2.1.2 <i>Importación de motos</i> .....	6
2.1.3 <i>Autoparte de motocicletas fabricadas en el Ecuador</i> .....	7
2.2 Tipos de motores de motocicleta.....	7
2.2.1 <i>Motor mono cilíndrico</i> .....	8
2.2.2 <i>Motor bicilíndrico</i> .....	8
2.2.3 <i>Motor tricilíndrico</i> .....	9
2.2.4 <i>Motor tetra cilíndrico</i> .....	10

2.2.5	<i>Motor Hexa cilíndrico</i> .....	11
2.3	<b>Tipos de refrigeración en motos</b> .....	12
2.3.1	<i>Refrigeración por aire</i> .....	12
2.3.2	<i>Refrigeración por aire forzado</i> .....	13
2.3.3	<i>Refrigeración por aire y aceite</i> .....	14
2.3.4	<i>Refrigeración líquida</i> .....	14
2.4	<b>Motor de combustión interna</b> .....	15
2.4.1	<i>Clasificación de los motores según el ciclo</i> .....	15
2.4.2	<i>Motor de 2 tiempos</i> .....	15
2.4.3	<i>Motor de 4 tiempos</i> .....	16
2.4.4	<i>Partes del motor de combustión interna</i> .....	17
2.5	<b>Arenas y modelos para fundición</b> .....	19
2.5.1	<i>Arenas</i> .....	19
2.5.2	<i>Arena verde</i> .....	20
2.5.3	<i>Arena seca</i> .....	20
2.5.4	<i>Modelo</i> .....	20
2.6	<b>Métodos de moldeo</b> .....	21
2.6.1	<i>Materiales de moldeo</i> .....	21
2.6.2	<i>Métodos de moldeo</i> .....	22
2.6.3	<i>Alimentadores, rebosaderos y características de solidificación</i> .....	23
2.6.4	<i>Aglutinante (silicato – CO2)</i> .....	23
2.7	<b>Tipos de hornos</b> .....	24
2.7.1	<i>Horno de crisol</i> .....	24
2.7.2	<i>Cubilote</i> .....	25
2.7.3	<i>Horno de arco eléctrico</i> .....	25
2.8	<b>Tipos de fundición</b> .....	25
2.8.1	<i>Fundición en arena</i> .....	25
2.8.2	<i>Fundición a la cera perdida</i> .....	25
2.8.3	<i>Fundición en moldes permanentes</i> .....	26



<b>2.9</b>	<b>Proceso de fundición .....</b>	<b>26</b>
<b>2.9.1</b>	<i>Calentamiento y vertido .....</i>	<i>27</i>
<b>2.9.2</b>	<i>Calentamiento del metal .....</i>	<i>27</i>
<b>2.9.3</b>	<i>Vertido del metal fundido .....</i>	<i>28</i>
<b>2.9.4</b>	<i>Análisis de Vaciado del metal .....</i>	<i>29</i>
<b>2.9.5</b>	<i>Solidificación y enfriamiento .....</i>	<i>30</i>
<b>2.9.6</b>	<i>Tiempo de solidificación .....</i>	<i>31</i>
<b>2.9.7</b>	<i>Contracción .....</i>	<i>32</i>
<b>2.9.8</b>	<i>Defectos de la fundición .....</i>	<i>34</i>
<b>2.10</b>	<b>Material del Bloque.....</b>	<b>37</b>
<b>2.10.1</b>	<i>Aleación de aluminio 7075.....</i>	<i>38</i>
<b>2.10.2</b>	<i>Usos Aleación de aluminio 7075.....</i>	<i>38</i>
<b>2.10.3</b>	<i>Composición química.....</i>	<i>39</i>
<b>2.10.4</b>	<i>Aporte de los elementos aleantes .....</i>	<i>39</i>
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>3.</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>3.1</b>	<b>Parámetros de diseño .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.1</b>	<i>Ingeniería inversa y diseño de productos .....</i>	<i>40</i>
<b>3.2</b>	<b>Escaneo o digitalización 3D .....</b>	<b>40</b>
<b>3.2.1</b>	<i>Desarrollo del Escaneo o digitalización 3D.....</i>	<i>43</i>
<b>3.3</b>	<b>Diseño mediante software CAD (SolidWorks) .....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.1</b>	<i>La tecnología CAD .....</i>	<i>46</i>
<b>3.4</b>	<b>Pruebas del diseño.....</b>	<b>47</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Impresión 3D.....</i>	<i>47</i>
<b>3.4.2</b>	<i>Detalle de impresión.....</i>	<i>48</i>
<b>3.5</b>	<b>Diseño de moldes machos para fundición .....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.1</b>	<i>Diseño del modelo.....</i>	<i>49</i>
<b>3.6</b>	<b>Criterio del número de galletas.....</b>	<b>50</b>
<b>3.7</b>	<b>Manufactura del bloque motor mediante fundición en arena .....</b>	<b>51</b>

3.7.1	<i>Experimento 1</i> .....	51
3.7.2	<i>Experimento 2</i> .....	52
3.7.3	<i>Proceso de moldeo</i> .....	53
3.7.3	<i>Experimento 3</i> .....	54
3.7.4	<i>Impresión de nuevos machos</i> .....	55
3.8	<b>Proceso de preparación de la arena</b> .....	55
3.8.1	<i>Proceso de moldeo de galletas</i> .....	59
3.9	<b>Proceso de fundición</b> .....	62
3.10	<b>Pruebas y funcionamiento.</b> .....	71
3.11	<b>Análisis y resultados</b> .....	73
<b>CAPÍTULO IV</b>		
4.	<b>ESTUDIO DE COSTOS</b> .....	76
4.1.	<i>Costos directos</i> .....	76
4.1.	<i>Costos indirectos</i> .....	77
<b>CONCLUSIONES</b> .....		78
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2</b> Importaciones históricas de motos (unidades).....	7
<b>Tabla 2-2</b> Detalle del aglutinante.....	23
<b>Tabla 3-2</b> Densidades de aleaciones de fundición.....	28
<b>Tabla 4-2</b> Propiedades volumétricas en unidades tradicionales de Estados Unidos para materiales seleccionados de la ingeniería.....	31
<b>Tabla 5-2</b> Contracción volumétrica para distintos metales de fundición, debido a la contracción por solidificación y a la del sólido.....	33
<b>Tabla 6-2</b> Sistema de designación.....	38
<b>Tabla 1-3</b> Detalle de impresión 3D.....	48
<b>Tabla 2-3</b> Características de arena de sílice.....	57
<b>Tabla 3-3</b> Propiedades del aluminio.....	66
<b>Tabla 4-3</b> Datos del bloque motor, 150CC.....	67
<b>Tabla 5-3</b> Tabla comparativa.....	73
<b>Tabla 1-4</b> Detalle de costos.....	76
<b>Tabla 2-4</b> Detalle de costos Indirectos.....	77
<b>Tabla 3-4</b> Costo total.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Motor Mono cilíndrico. ....	8
<b>Figura 2-2:</b> Motor bicilíndrico. ....	9
<b>Figura 3-2:</b> Motor Tricilíndrico. ....	10
<b>Figura 4-2:</b> Motor Tetracilíndrico. ....	11
<b>Figura 5-2:</b> Motor Hexa cilíndrico. ....	12
<b>Figura 6-2:</b> Refrigeración por aire. ....	13
<b>Figura 7-2:</b> Refrigeración por aire forzado. ....	13
<b>Figura 8-2:</b> Refrigeración por aire y aceite. ....	14
<b>Figura 9-2:</b> Refrigeración líquida. ....	15
<b>Figura 10-2:</b> Motor De 2 tiempos. ....	16
<b>Figura 11-2:</b> Motor de 4 tiempos. ....	17
<b>Figura 12-2:</b> Esquema del motor de una motocicleta. ....	17
<b>Figura 13-2:</b> Partes del motor de una motocicleta. ....	17
<b>Figura 14-2:</b> Hornos de crisol móvil y horno de crisol fijo. ....	24
<b>Figura 15-2:</b> Proceso de fundición de metales. ....	26
<b>Figura 16-2:</b> Dos formas de molde: a) molde abierto y b) molde cerrado. ....	27
<b>Figura 17-2:</b> Contracción de un fundido cilíndrico durante la solidificación. ....	33
<b>Figura 18-2:</b> Defectos comunes de la fundición. ....	34
<b>Figura 19-2:</b> Defectos comunes, fundición con arena. ....	36
<b>Figura 20-2:</b> Bloque de Aluminio de. ....	37
<b>Figura 1-3:</b> Go! SCAN 50. ....	42
<b>Figura 2-3:</b> Aplicación de Líquido Penetrante al Boque Motor. ....	43
<b>Figura 3-3:</b> Ubicación de los objetivos. ....	44
<b>Figura 4-3:</b> Computadora portátil con software y scanner. ....	44
<b>Figura 5-3:</b> Barrido con el Scanner 3D. ....	45
<b>Figura 6-3:</b> Escaneo 3D con objetivos, visto dentro de la interfaz. ....	45
<b>Figura 7-3:</b> Bloque motor vista isométrica. ....	47
<b>Figura 8-3:</b> Impresión 3D, bloque motor. ....	48
<b>Figura 9-3:</b> Vista isométrica de moldes machos, visto dentro. ....	49
<b>Figura 10-3:</b> Impresión 3D de moldes machos, material PLA. ....	50
<b>Figura 11-3:</b> Obtención de galleta o corazones. ....	50
<b>Figura 12-3:</b> Experimento 1. ....	51

<b>Figura 13-3:</b> División de los machos.....	53
<b>Figura 14-3:</b> Preparación de la arena.....	54
<b>Figura 15-3:</b> Impresión de machos, PLA.....	55
<b>Figura 16-3:</b> Selección de la arena.....	55
<b>Figura 17-3:</b> Preparación de la arena.....	56
<b>Figura 18-3:</b> Prueba de humedad.....	57
<b>Figura 19-3:</b> Colocación del aglutinante.....	58
<b>Figura 20-3:</b> Mezcla del aglutinante.....	58
<b>Figura 21-3:</b> Tamizado de la arena.....	59
<b>Figura 22-3:</b> Colocación del.....	59
<b>Figura 23-3:</b> Llenado del molde.....	60
<b>Figura 24-3:</b> Aplicación del dióxido.....	60
<b>Figura 25-3:</b> Desmolde de la galleta.....	61
<b>Figura 26-3:</b> Forma final de la galleta.....	61
<b>Figura 27-3:</b> Agrupación de las galletas.....	62
<b>Figura 28-3:</b> Plantilla para la colocación.....	63
<b>Figura 29-3:</b> Eliminación de la.....	63
<b>Figura 30-3:</b> Colocación de las.....	64
<b>Figura 31-3:</b> Compactación del molde,.....	64
<b>Figura 32-3:</b> Eliminación de la humedad.....	65
<b>Figura 33-3:</b> Alimentadores y.....	65
<b>Figura 34-3:</b> vertido del lingote en el horno de crisol.....	66
<b>Figura 35-3:</b> Vertido del material.....	67
<b>Figura 36-3:</b> Remoción del molde de.....	69
<b>Figura 37-3:</b> Limpieza e inspección.....	70
<b>Figura 38-3:</b> Pieza mecanizada.....	70
<b>Figura 39-3:</b> Encamisada del cilindro.....	71
<b>Figura 40-3:</b> Encamisada y colocación.....	71
<b>Figura 41-3:</b> Distribución de palillos.....	72
<b>Figura 42-3:</b> Colocación de empaques.....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

**Gráfica 1-2:** Curva de enfriamiento para un metal puro durante la fundición. .... 31

## RESUMEN

Diseñar el bloque del motor mediante la utilización del software CAD (Diseño Asistido por Computadora) para realizar la manufactura del bloque del motor de 150 C.C., considerando las especificaciones técnicas del fabricante. Mediante la utilización de una aleación de aluminio 7075, debido a que presenta adecuadas propiedades mecánicas y químicas con un rango de fusión de (475 – 630) °C. Para la fundición del bloque motor se procedió a la construcción de un molde mediante un software CAD, para posterior al diseño imprimirlo en 3D. El cual se utilizó un molde en arena de sílice combinado con un aglutinante llamado silicato de sodio, para endurecer el molde se inyectó CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), la fundición de aluminio se lo realizó en un horno de crisol el cual se lo calentó a una temperatura promedio de 850 °C para luego hacer la aleación mediante la aportación de metales como el Zinc de (5.1 – 6.1)%, Magnesio de (2.1 – 2.9)%, Cobre de (1.2 – 2)% y pequeños porcentajes de silicio, hierro, manganeso, cromo y titanio, obteniendo un bloque motor de motocicleta de 150 C.C., funcional. Se concluyó que es factible fabricar partes y piezas vitales del motor en el país, pero debido a que es un prototipo el costo es elevado, pero al producir en serie el valor disminuirá significativamente. Se recomienda realizar el diseño en software de una pieza de refacción es necesario tener medidas bien establecidas tomando en cuenta que el diseño del molde es ligeramente más grande que la real, al momento de hacer una aleación recordar las temperaturas de cada elemento aleante ya que es necesario para obtener una buena aleación final.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA AUTOMOTRIZ>, <ALEACIÓN DE ALUMINIO>, <BLOQUE MOTOR>, <INGENIERÍA INVERSA>, <DESAGREGACIÓN TECNOLÓGICA>.



## ABSTRACT

Design the engine block by using the CAD software (Computer Aided Design) to manufacture the 150 C.C. engine block, considering the manufacturer's technical specifications. By using a 7075 aluminum alloy, because it has adequate mechanical and chemical properties with a melting range of (475 - 630) ° C. For the casting of the engine block, a mold was constructed using CAD software, and after the design, print it in 3D. Which used a mold in silica sand combined with a binder called sodium silicate, to harden the mold was injected CO<sub>2</sub> (carbon dioxide), the aluminum casting was performed in a crucible furnace which was heated to an average temperature of 850 ° C and then make the alloy by the contribution of metals such as Zinc (5.1 - 6.1)%, Magnesium (2.1 -2.9)%, Copper (1.2 - 2)% and small percentages of silicon , iron, manganese, chrome and titanium, obtaining a 150 cc motorcycle engine block, functional. It was concluded that it is feasible to manufacture vital parts and engine parts in the country, but because it is a prototype the cost is high, but when producing in series the value will decrease significantly. It is recommended to perform the software design of a spare part, it is necessary to have well-established measures taking into account that the design of the mold is slightly larger than the actual one, at the time of making an alloy remember the temperatures of each alloying element since it is necessary to obtain a good final alloy

**Keywords:** <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <AUTOMOTIVE ENGINEERING>, <ALUMINUM ALLOY>, <ENGINE BLOCK>, <REVERSE ENGINEERING>, <TECHNOLOGICAL DEGRADATION>.





## **INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador, por disposición del gobierno y mediante acuerdos ministeriales, tales como el convenio N° 14 264, se proyecta contribuir con el cambio de la matriz productiva ampliando la gama de componentes de motocicleta fabricados a nivel nacional, disminuyendo así la cantidad de accesorios importados.

Al ofrecer mayor versatilidad ante el tránsito vehicular saturado, bajos costos de adquisición y mantenimiento, además del bajo consumo de combustible, la motocicleta es una opción atractiva al momento de adquirir un vehículo de transporte terrestre. Ésta constituye una alternativa ventajosa respecto a los medios de transporte convencionales en el Ecuador, tales como los automóviles o buses de transporte público.

Ya que en el país se ensamblan motocicletas, y las piezas vitales que forman parte del motor directamente se las importa, ya que no existen fábricas que produzcan partes y piezas de motocicletas, debido a varias razones como falta de recursos económicos, falta de conocimiento, entre otros. Con la implementación de la nueva matriz productiva se realizan estudios para diseñar y fabricar los diferentes elementos de la motocicleta y así reducir costos de importación, ayudando a la economía interna dentro del país.

Es así que, partiendo de un diseño del bloque motor, se procederá a la manufactura a través del método de fundición en arena, para lo cual se espera tener un producto totalmente terminado y funcional para aportar a la matriz productiva y eliminar aranceles de importación.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Debido al crecimiento de la población y el parque automotor se ha generado mayor congestión vehicular dentro de la ciudad, por lo que se ha creado nuevos medios de transportes como es la motocicleta, que facilitan al usuario a trasladarse de un lugar a otro en especial a lugares pequeños y de difícil acceso.

De acuerdo a la necesidad y dirección que actualmente está tomando la industria ecuatoriana se presenta este proyecto dirigido hacia la producción de partes y piezas automotrices enfocándonos al bloque motor de una motocicleta, esperando obtener un producto terminado y que cumpla con los estándares requeridos y aportando a la matriz productiva, logrando así eliminar los aranceles de importación.

### 1.2. Planteamiento del problema

Dentro del país se ensamblan motocicletas, pero no se diseñan y tampoco se manufacturan en su totalidad, ya que no existen fábricas que produzcan partes y piezas de motocicletas, debido a varias razones como falta de recursos económicos, falta de conocimiento, entre otros. Con la implementación de la nueva matriz productiva se realizan estudios para diseñar y fabricar los diferentes elementos de la motocicleta y así reducir costos de importación, ayudando a la economía interna dentro del país.

El Acuerdo Ministerial No. 14264 señala que la incorporación del 10% de componente local en la reducción de motos será hasta diciembre de este año. En marzo de 2015 se deberá garantizar la incorporación del 15% y para junio del próximo año se logrará el 20%, en cumplimiento de la política ministerial para aportar a la transformación productiva. (PRODUCTIVIDAD, 2014)

Vista la necesidad y dirección que actualmente está tomando la industria ecuatoriana se presenta este proyecto dirigido hacia la producción de partes y piezas automotrices enfocándonos al bloque motor de una motocicleta, esperando obtener un producto terminado y que cumpla con los estándares requeridos, logrando así eliminar los aranceles de importación.

### **1.3. Justificación**

#### ***1.3.1. Justificación teórica***

Mediante el acuerdo ministerial N° 14 264, se proyecta aportar con el cambio de la matriz productiva ampliando la gama de componentes de motocicleta fabricados a nivel nacional, disminuyendo así la cantidad de partes y piezas importados.

Este proyecto está encaminado al diseño y manufactura de un bloque motor mono cilíndrico para una motocicleta de 150 CC., con una aleación de aluminio 7075, con lo cual se dará un aporte al desarrollo tecnológico y científico.

Por estos motivos, el presente proyecto se orienta a incentivar y promover la producción de bloques de motor de motocicleta a nivel nacional.

#### ***1.3.2. Justificación práctica***

Con el presente trabajo se demostrará que se pueden construir partes y piezas automotrices con el fin de aportar con el cambio de la matriz productiva impulsado por el gobierno actual y mediante acuerdos ministeriales, y así aportar con la economía del país disminuyendo las importaciones y eliminando los aranceles de importación. Aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra formación académica en la Escuela de Ingeniería Automotriz, Facultad de Mecánica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo interviniendo en uno de los problemas fundamentales que se tiene a nivel nacional que es la falta de producción de partes y piezas para ensambladoras de motocicletas.

Finalmente se espera obtener un producto terminado que cumpla con estándares necesarios para lograr, de ser posible, la masificación y diversificación de productos fabricados en el país. Aunque existe una gran variedad de estos bloques de motor, este trabajo se enfocará exclusivamente en un motor mono cilíndrico (motor de un solo cilindro), de 150 centímetros cúbicos, enfriado por aire. El cual servirá para trabajos posteriores como es el diseño de cabezotes, mecanismo biela-manivela, hasta obtener un motor completamente funcional de fabricación nacional con características iguales o mayores a los importados.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

- Diseñar y manufacturar un bloque motor de motocicleta de 150 CC. Con una aleación de aluminio 7075, enmarcado dentro del esquema de sustitución de partes y piezas, para promover la producción nacional.

### ***1.4.2. Objetivos específicos***

- Parametrizar la información técnica de un motor de 150 CC. para diseñar el bloque motor de la misma.
- Diseñar el bloque del motor mediante la utilización del software CAD.
- Manufacturar el bloque motor considerando las especificaciones técnicas de fabricantes de motores externos empleando CAM.
- Aportar al mercado nacional mediante la manufactura de partes y piezas automotrices hasta llegar a construir un motor totalmente manufacturado en Ecuador.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *Actualidad de la motocicleta en el Ecuador.*

Mediante el acuerdo ministerial N° 14 264 impuesto por el gobierno, se proyecta contribuir con el cambio de la matriz productiva ampliando la gama de componentes de motocicleta fabricados a nivel nacional, disminuyendo así la cantidad de accesorios importados. Por este motivo se propone la elaboración del proyecto de sustitución de partes y piezas mediante proceso de manufactura en la industria automotriz; del cual, el presente trabajo se enfoca en el diseño y manufactura de un bloque de motor de motocicleta, esperando sustituir al componente extranjero en mención. (PORTILLA TORREZ, 2017)

Al ofrecer versatilidad ante el tránsito vehicular saturado, bajos costos de adquisición y mantenimiento, además del bajo consumo de combustible, la motocicleta es una opción atractiva al momento de adquirir un vehículo de transporte terrestre. Ésta constituye una alternativa ventajosa respecto a los medios de transporte convencionales en el Ecuador, tales como los automóviles o buses de transporte público.

La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE, 2017), creada en 1946 por empresarios del sector, se encarga de llevar un registro de las cifras de importación y ventas de automóviles, neumáticos y motocicletas; las mismas que son publicadas en su anuario.

En el Ecuador se importan motocicletas en dos estados diferentes, estos son: CBU (Completely Built up), es decir que entran al país completamente ensambladas; y CKD (Completely Knock Down), refiriéndose a que sus componentes llegan por separado para su posterior ensamblaje.

Según datos de (AEADE, 2017), la importación de motocicletas de tipo CBU pasó de 105093 unidades en 2008 a 36000 en 2013, mientras que las de tipo CKD pasaron de 7184 a 85000, en el mismo período de tiempo. El crecimiento en las importaciones de las unidades CKD se debe a las restricciones del gobierno en la importación de motocicletas completamente armadas (CBU); consecuentemente, las marcas han decidido establecer fábricas dentro del país. Actualmente,

estarían en operación alrededor de 22 plantas de ensamblaje entre Quito, Guayaquil, Cuenca e Ibarra (MIPRO, 2014).

Por este motivo, el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) y la Asociación de Empresas Ensambladoras de Motocicletas y Afines del Ecuador (AEEMAE), se determinó la incorporación de un 20% de partes y piezas utilizadas en las motocicletas de tipo CKD, sean de fabricación nacional en el ensamblaje de estos vehículos hasta junio de 2015, en cumplimiento del Acuerdo Ministerial 14 264, para aportar a la transformación productiva. (MIPRO, 2014).

Este trabajo se orienta a incentivar y promover la producción de bloques de motor de motocicleta a nivel nacional. Se espera obtener un producto terminado que cumpla con estándares necesarios para lograr, de ser posible, la masificación y diversificación de productos fabricados en el país. Aunque existe una gran variedad de estos bloques de motor, este trabajo se enfocará exclusivamente en un motor mono cilíndrico (motor de un solo cilindro), de 150 centímetros cúbicos, enfriado por aire. El cual servirá para trabajos posteriores como es el diseño de cabezotes, mecanismo biela-manivela, hasta obtener un motor completamente funcional de fabricación nacional con características iguales o mayores a los importados.

El bloque motor será manufacturado con una aleación de Aluminio 7075, Su composición es de 5.1-6.1 % zinc, 2.1-2.9 % magnesio, 1.2-2.0 % cobre y pequeños porcentajes de silicio, hierro, manganeso, cromo, titanio y otros metales. Utilizados en aplicaciones para el transporte, náutica, el automovilismo o la aviación, debido a su alto ratio de resistencia-densidad, en la fabricación de fuselajes para ala delta, en la industria de la bicicleta. En aplicaciones de modelismo. Debido a su dureza, alta densidad, propiedades térmicas y posibilidad de ser pulido, la aleación de aluminio 7075 es ampliamente usado en aplicaciones industriales automotrices.

Una de las herramientas digitales más potentes con las que cuenta el Ingeniero Automotriz son los softwares CAD/CAM que permiten geometrizar, simular y validar elementos, partes e incluso maquinas completas para optimizar el tiempo y recursos, pudiendo así hacer uso de estas en este trabajo de titulación.

### ***2.1.2. Importación de motos***

Las compañías que integran la Asociación de Empresas Ensambladoras de Motocicletas y Afines (Aeame) son: Imveresa, Vehículos y Comercio Astudillo, Unnomotors, Metaltronic, Prointer, Motosa, Dukare, Indufrance, Assemblimotos, Mercantil Dismayor, Massline e Ivthunder Motors. Según los representantes del sector, que mueve entre USD 150 millones y 200 millones al año, en el país 17 empresas ensamblan motocicletas. El armado de estos vehículos empezó hace unos cuatro años y se caracteriza por utilizar partes o piezas chinas. “Casi en su totalidad del CKD viene de China. Solo marcas como Motor Uno o Thunder incluyen partes nacionales, pero en no

más del 3% de las piezas utilizadas”, coinciden Juan Pablo Vélez y Oswaldo Landázuri, representantes de la Asociación. (12 ensambladoras de motos se asocian para tomar velocidad)

- CBU: Completamente armado.
- CKD: Completamente desarmado.

Los precios. Las motocicletas ensambladas en Ecuador cuestan entre USD 1 000 y 1 800 (promedio).

La demanda. El modelo más vendido es el de 150 centímetros cúbicos, para mensajería, transporte.

**Tabla 1-2:** Importaciones históricas de motos (unidades).

Segmentos	Número de unidades				Variación (unidades)		
	Noviembre		Ene – Nov		Nov/Oct	Nov	Ene - Nov
	2015	2016	2015	2016	2016	2016/2015	2016/2015
CBU	1456	3073	24480	18151	213%	111%	-26%
CKD	4208	10299	61469	37747	218%	145%	-39%
<b>TOTAL</b>	<b>5664</b>	<b>13372</b>	<b>85949</b>	<b>55898</b>	<b>217%</b>	<b>136%</b>	<b>-35%</b>

Realizado por: Servicio Nacional de Aduana del Ecuador (SENAE), 2016

### 2.1.3. Autoparte de motocicletas fabricadas en el Ecuador.

La preocupación del sector por alcanzar este año un porcentaje mayor de componente local es sustentada. La falta de proveedores locales hace que, para las ensambladoras, el tema quede por ahora en buenas intenciones.

En Ecuador, 5 empresas fabrican volantes, parrillas, protectores de motor, baterías, adhesivos, asientos y otros accesorios, pero no hay llantas ni las bases de los asientos y partes del motor lo que genera molestias en el proceso de armado, expresó Francisco Páez, Gerente de los CKD.

Además, parte de lo que genera molestias son los CKD (partes y piezas) ingresan con un arancel del 5,27% y la moto terminada, con el 30%. (TELEGRAFO, 2014)

### 2.2. Tipos de motores de motocicleta.

Hay diferentes tipos de motores dependiendo del resultado que se busque en cada tipo de moto. La inmensa mayoría de los motores que se fabrican hoy en día son motores 4 tiempos, los motores

2 tiempos han quedado sólo para motos específicas de enduro o motocross, o pequeños ciclomotores de 50 CC. (RUIZ, 2016)

### **2.2.1. Motor mono cilíndrico.**

Es el tipo de motor más sencillo de todos ya que sólo tiene un cilindro. Por ello es el más económico de todos, por lo que es el tipo de motor al que la mayoría de las marcas recurre para dar vida a sus motos más pequeñas, la inmensa mayoría de 50 a 250 CC., e incluso muchas otras que pueden llegar a ser de 600 CC. (RUIZ, 2016)

Es también el tipo de motor más ligero y compacto de todos, por lo que la mayoría de las motos offroad recurren a este tipo de configuración. Su mecánica además es sencilla y es el que menor número de partes móviles comprende, por lo que su mantenimiento no es exigente. (RUIZ, 2016)

Es el tipo de motor que transmite un mayor número de vibraciones, pero también el que ofrece la potencia a un menor número de revoluciones. La potencia es menor que en el caso de motores de más cilindros, pero su par sí es contundente sin necesitar de subir mucho de vueltas. (RUIZ, 2016)



**Figura 1-2:** Motor Mono cilíndrico.

**Realizado por:** (RUIZ, 2016)

### **2.2.2. Motor bicilíndrico**

Los motores bicilíndricos pueden seguir muy diferentes configuraciones. Los cilindros pueden estar dispuestos en forma de V, en forma de L, en paralelo uno junto al otro o incluso enfrentados entre sí, como en los motores bóxer. (RUIZ, 2016)



Es posiblemente el tipo de motor más polivalente, son los más populares en las motos de cilindrada media e incluso entre muchas de alta cilindrada y muy alta cilindrada, pero sin duda los más utilizados hasta los 600 CC. (RUIZ, 2016)

Un tipo de motor que ofrece una combinación muy equilibrada, suben más y más rápido de vueltas que los motores de un cilindro, y a su vez consiguen una mayor potencia y un menor número de vibraciones. Lógicamente son más pesados que los primeros, pero mucho más ligeros que los de cuadro cilindros, por lo que el compromiso entre peso y prestaciones merece la pena. (RUIZ, 2016)



**Figura 2-2:** Motor bicilíndrico.

Realizado por: (RUIZ, 2016)

### **2.2.3. *Motor tricilíndrico***

Los motores tricilíndricos son los más particulares, escasos y menos utilizados de todos, con excepción de los Hexa cilíndricos, claro está. Triumph es una marca fiel a los motores de tres cilindros y ahora Yamaha ha vuelto a ponerlo en escena entre las firmas japonesas gracias a su Yamaha MT-09 y derivadas. (RUIZ, 2016)

Se puede decir que los motores tricilíndricos reúnen lo mejor de los motores bicilíndricos con lo mejor de los motores tetra cilíndricos, quedándose con las ventajas de cada configuración. (RUIZ, 2016)

Consiguen una rápida potencia y par, sin que haya que esperar a las más altas revoluciones, como en los bicilíndricos, pero también una suavidad y progresividad propia de los tetra cilíndricos. (RUIZ, 2016).

Los cilindros están dispuestos en línea por lo que no son tan estrechos como los bicilíndricos, y por su tamaño tampoco tan ligeros como éstos. No son tan sedosos como los cuatro cilindros, pero ofrecen un tacto muy especial que puede llegar a crear adicción entre sus fans. (RUIZ, 2016)



**Figura 3-2:** Motor Tricilíndrico

Realizado por: (RUIZ, 2016)

#### **2.2.4. *Motor tetra cilíndrico***

Los motores bicilíndricos eran los reyes de las medias y altas cilindradas hasta que llegaron los japoneses con sus motores de cuatro cilindros. Desde entonces han ganado terreno hasta convertirse en los más populares entre las motos deportivas dada su alta potencia. (RUIZ, 2016)

La configuración más usual es la de situar los cuatro cilindros en línea, en paralelo unos junto al otros, pero también se pueden encontrar como motores V4, en tal caso con dos V paralelas cada una de dos cilindros. Las complejidades en ambos casos hacen que sean motores más caros que los de menor número de cilindros. (RUIZ, 2016)

Son grandes y pesados comparados con los motores de dos cilindros, pero la finura de su funcionamiento hace que las vibraciones sean prácticamente inexistentes. Cuentan con un alto rendimiento por lo que la potencia es elevada a un alto número de revoluciones, pero la entrega de par es menor comparado con los motores bicilíndricos. El equilibrio que se consigue entre todos sus componentes es casi perfecto, por lo que son agradables al tacto y fáciles de manejar. (RUIZ, 2016)



**Figura 4-2:** Motor Tetracilíndrico.

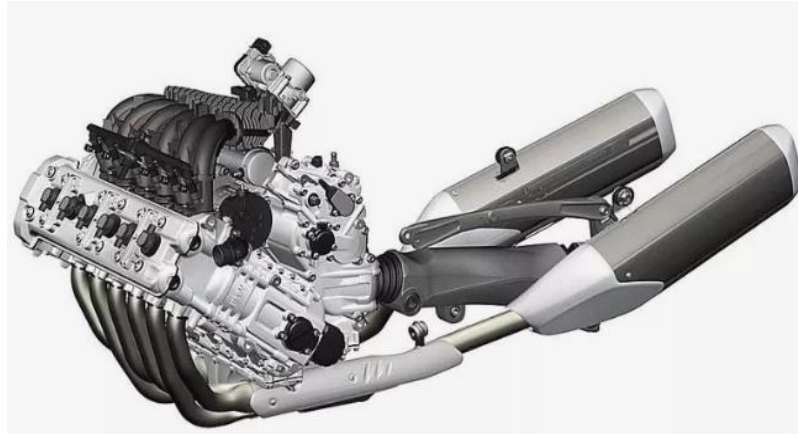
Realizado por: (RUIZ, 2016)

#### **2.2.5. Motor Hexa cilíndrico**

Exacto, un motor de seis cilindros ni más ni menos. No es que hagan falta tantos, pero que haya unas cuentas excepciones para marcar la diferencia nunca están de más. Hoy en día sus representantes son BMW con su BMW K1600GT/GTL y Honda con su Honda Goldwing 1800 en sus diferentes versiones, aunque el camino lo marcara en su día Benelli con su mítica Benelli Sei. (RUIZ, 2016)

Se caracterizan por ofrecer una suavidad fuera de lo normal, por encima de los ya suaves motores tetracilíndricos, con mucha potencia, finura y un sonido delicioso, pero también por su aparatosidad, peso, volumen y.... elevado precio. (RUIZ, 2016)

BMW opta por una configuración de seis cilindros en línea, mientras que Honda apuesta por una opción más original en disposición bóxer, es decir, con los cilindros enfrentados formando tres grupos de dos. (RUIZ, 2016)



**Figura 5-2:** Motor Hexa cilíndrico.

Realizado por: (RUIZ, 2016)

### **2.3. Tipos de refrigeración en motos**

Teóricamente un motor de explosión como el de nuestras motocicletas funcionaría mejor a mayor temperatura, pero como los materiales en los que está fabricado el cilindro y el pistón son por lo general aleaciones metálicas de hierro y aluminio, estos materiales se podrían dilatar y también se podría fundir a determinadas temperaturas. Entonces es aquí donde aparece la importancia de los sistemas de refrigeración en estos vehículos para evitar el daño de las piezas internas del motor o el sobrecalentamiento de la máquina. (BIKER, 2019)

#### **2.3.1. Refrigeración por aire**

La refrigeración por aire es el sistema más antiguo, simple, popular y confiable de todos, ya que se encuentra generalizado en gran parte de la fabricación y en el mercado global de motores de bajo cilindraje, este tipo de refrigeración actualmente está enfocado a motocicleta sencillas, de bajo y mediano cilindraje sin mayores pretensiones de potencia. (BIKER, 2019)

Este sistema utiliza el diseño exterior del cilindro añadiendo unas aletas, o unos cortes laterales aumentando de esta manera la superficie del motor que tiene contacto directo con la circulación del aire cuando la motocicleta está moviendo o está en marcha, como punto negativo vemos que este sistema de refrigeración necesita del movimiento del vehículo para ser un sistema pleno y eficiente. (BIKER, 2019)



**Figura 6-2:** Refrigeración por aire.

Realizado por: (BIKER, 2019)

### **2.3.2. Refrigeración por aire forzado**

El sistema de refrigeración por aire forzado, es un sistema mayormente utilizado por motocicletas tipo scooter de bajo cilindraje, este sistema se adopta en las scooter ya que este tipo de motos por razones de diseño y estéticas no tienen expuesto el motor a la corriente directa del aire y más bien va encajonado en la parte posterior de la moto, estas motos tienen una turbina que gira por impulso del cigüeñal, absorbe el aire por el llamado caracol o caracolillo lateral y lo canaliza de manera eficiente y directa hacia el motor para poder obtener y mantener una temperatura óptima en el motor. (BIKER, 2019)



**Figura 7-2:** Refrigeración por aire forzado.

Realizado por: (BIKER, 2019)

### **2.3.3. Refrigeración por aire y aceite**

El sistema de refrigeración por aire y aceite es un método que va de la mano y complementa el sistema de refrigeración por aire, este tipo de refrigeración aprovecha el propio aceite lubricante de la moto como medio de enfriamiento de las partes internas del motor. (BIKER, 2019)

Este método utiliza primero el aceite para recoger el calor interno de la moto, más exactamente de la culata y del bloque inferior y después mediante una bomba interna lo impulsa hacia el radiador, el cual lo enfría por aire y lo regresa de nuevo fresco hacia el motor donde se sigue haciendo el mismo proceso. En este sistema vemos como punto negativo que también se necesita del movimiento del vehículo para mantener una temperatura óptima. (BIKER, 2019)



**Figura 8-2:** Refrigeración por aire y aceite.

Realizado por: (BIKER, 2019)

### **2.3.4. Refrigeración líquida**

El sistema de refrigeración líquida, es el método más eficiente, eficaz y fiable en el proceso de mantener equilibrada y óptima la temperatura de nuestro motor, ya que es un sistema que regula a voluntad la temperatura del motor, permitiendo de esta manera una mayor durabilidad, efectividad y Máximo rendimiento de las piezas del motor, este tipo de sistemas es comúnmente utilizado por motocicletas de mediano y alto cilindraje. (BIKER, 2019)

El beneficio del uso de la refrigeración líquida están dados acosta de un sistema más complejo, de mayor mantenimiento y más costoso, además este tipo de sistemas recurren a la utilización de un tipo de refrigerante o también llamado anticongelante el cual es impulsado por una bomba y recorre los conductos internos que rodean la culata y el cilindro recogiendo de esta manera el calor que produce la combustión y lo conduce hacia el radiador donde es enfriado. (BIKER, 2019).



Este sistema de enfriamiento se regula mediante un termostato y además estas motocicletas cuentan con un termo ventilador Electro ventilador que fuerza El paso del aire por el radiador cuando la motocicleta no está en movimiento. (BIKER, 2019)



**Figura 9-2:** Refrigeración líquida

Realizado por: (BIKER, 2019)

## **2.4. Motor de combustión interna**

Un motor de combustión interna, motor a explosión o motor a pistón, es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de la cámara de combustión. Su nombre se debe a que dicha combustión se produce dentro de la máquina en sí misma. (GONZALEZ LOPEZ, 2013)

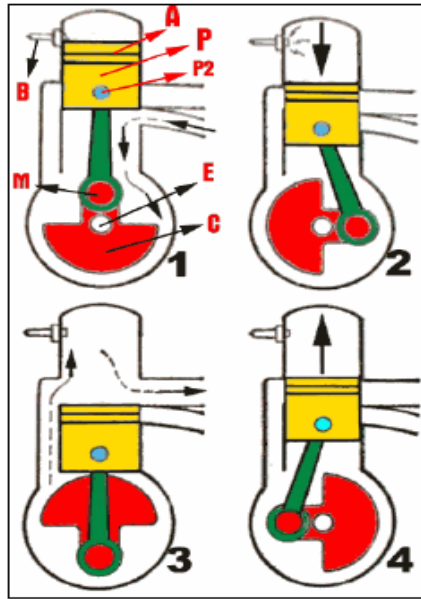
### **2.4.1. Clasificación de los motores según el ciclo**

- De dos tiempos (2T): efectúan una carrera útil de trabajo en cada giro.
- De cuatro tiempos (4T): efectúan una carrera útil de trabajo cada dos giros.

### **2.4.2. Motor de 2 tiempos**

En un motor de dos tiempos su ciclo se produce en una sola vuelta del cigüeñal en donde están presentes los cuatro tiempos (admisión, compresión, explosión y escape). (GAVILANES CARRILLO, y otros, 2016)

Este tipo motor de combustión interna desarrolla un ciclo de funcionamiento en una sola vuelta del cigüeñal (dos carreras del pistón). Con el pistón en el P.M.I. las lumbreras de admisión, de las camisas de cilindro están descubiertas, y las válvulas de escape situadas en la culata se encuentran abiertas para expeler los gases residuales de la combustión anterior. (TECSUP, 2017)



**Figura 10-2:** Motor De 2 tiempos.

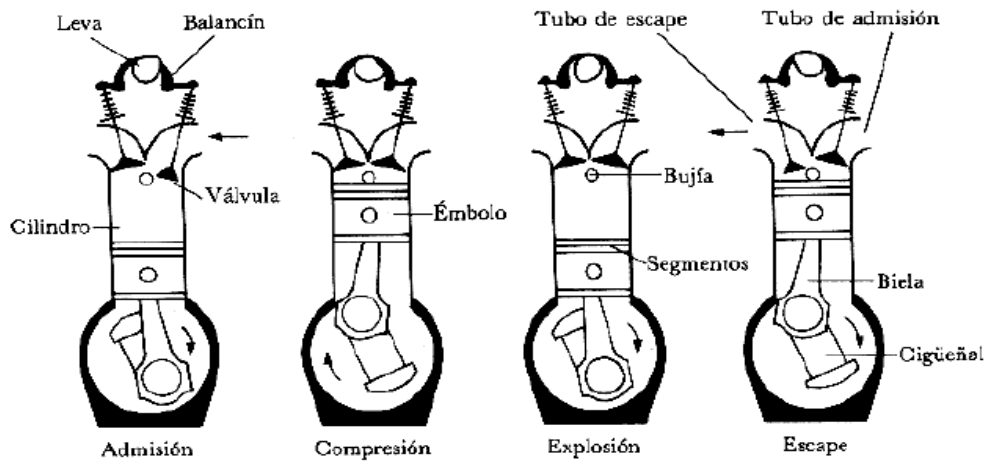
Realizado por: (TECSUP, 2017)

### 2.4.3. Motor de 4 tiempos

En este tipo de motor de combustión interna desarrolla un ciclo de funcionamiento de 4 fases (admisión, compresión, fuerza y escape); los cuales se describen a continuación: (GAVILANES CARRILLO, y otros, 2016)

- Primer tiempo: Admisión: En el momento que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira la mezcla (aire y combustible) hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI). (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2007)
- Segundo tiempo: Compresión: Después del ciclo de admisión, el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo la mezcla hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS) (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2007)
- Tercer tiempo: Expansión: Una vez que en la carrera de compresión se ha comprimido la mezcla, la bujía hace saltar una chispa y enciende la mezcla, aumentando la presión en el cilindro y haciendo descender el pistón hacia el punto más bajo (PMI). En esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil. (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2007)
- Cuarto tiempo: Escape de gases: Cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior. En el momento que llega al punto más alto (PMS) la válvula de escape se cierra. (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2007)



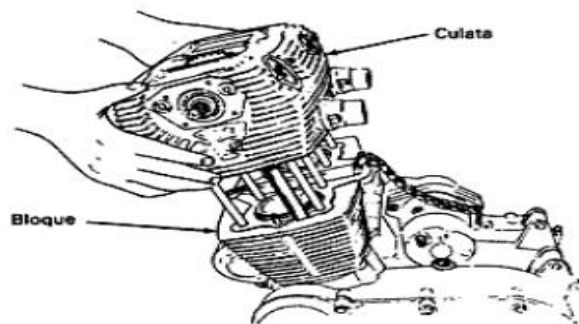


**Figura 11-2:** Motor de 4 tiempos.

Realizado por: (VILLEGAS MARTÍNEZ, 2007)

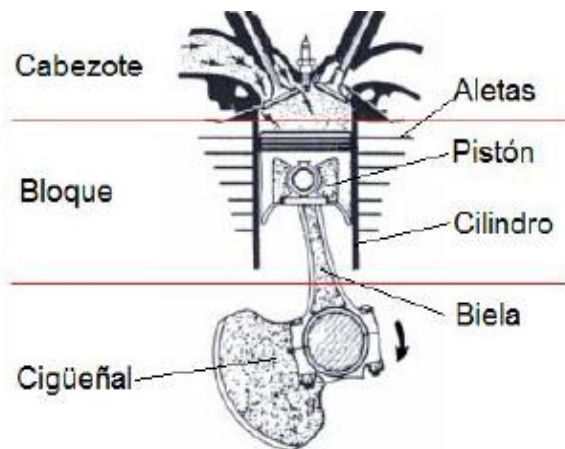
#### 2.4.4. Partes del motor de combustión interna

El motor de una motocicleta está compuesto por la culata o cabezote y el bloque.



**Figura 12-2:** Esquema del motor de una motocicleta

Realizado por: (CROUSE H, 1992)



**Figura 13-2:** Partes del motor de una motocicleta

Realizado por: (CROUSE H, 1992)

## **Cabezote o culata del motor**

Esta pieza, está construida en materiales tales como hierro fundido, aleación ligera y aluminio. Esta pieza del motor cumple con la función de abrir y cerrar las cámaras de combustión del motor. Es la parte del bloque que contiene el sistema de distribución, como los balancines superiores, las válvulas de admisión y escape, la bujía, la cámara de combustión donde se enciende la mezcla, el conducto de admisión que es donde entra al motor la mezcla de aire y gasolina y el escape por donde salen los gases producidos por la quema de esta mezcla. (TIXCE, 2018).

## **Cilindro**

Dependiendo del modelo del motor, nuestra motocicleta puede ser dueña de uno, hasta seis cilindros. Estas piezas, por explicarlo de alguna manera, son de forma cilíndrica, y trabajan soportando grandes o altas temperaturas. Dentro de estas piezas se mueven los pistones, de hecho, podríamos decir que son una especie de pistas para los pistones. (TIXCE, 2018)

## **Pistones del motor**

Los pistones son los que se mueven dentro de los cilindros, de arriba hacia abajo y al revés. Los pistones trabajan en concordancia con la biela ya que cuando el pistón se mueve la biela también lo hace, solo que, en dirección horizontal, de izquierda a derecha. La forma de los pistones es una especie de cono-troncal, y generalmente están contruidos a base de hierro fundido, aleación de hacer o también en aluminio. Los pistones se encargan de pasar la energía de los gases de la combustión a la biela. (TIXCE, 2018)

## **Las bujías**

Son esas pequeñas piezas que sirven o se ubican en el encendido del motor. En otras palabras, son las piezas que generan el encendido de la mezcla del combustible y el aire de los cilindros. (TIXCE, 2018)

## **Las válvulas del motor**

Las válvulas representan otras piezas fundamentales en el correcto funcionamiento del motor. Son las válvulas las que gestionan la salida y entrada de aire y combustible a la cámara de combustión, y además regulan la expulsión de gases que allí se genera. (TIXCE, 2018)

## **La biela**

Es la que hace el enlace entre el pistón y el cigüeñal. La biela le transmite el dinamismo del pistón al cigüeñal, y está fabricado a base de acero, aluminio o titanio. En el caso del famoso cigüeñal, es una especie de eje con contrapesos y codos al que se unen las bielas, esta pieza trabaja

coordinadamente con los pistones. El cigüeñal es el que transmite el movimiento rotatorio a la rueda trasera de la motocicleta. (TIXCE, 2018)

## **2.5. Arenas y modelos para fundición**

### **2.5.1. Arenas**

La fundición en arena realizada a escala industrial es uno de los procesos que más se utiliza para la fabricación de producción de moldes, por lo que metales que requieren de una alta temperatura de fusión para cambiar de fase de estado sólido a líquido, como el acero, titanio y níquel, se los trabaja mediante el proceso de fundición. La fundición consiste en una serie de operaciones mediante las cuales se obtiene un molde que reproduce la forma de la pieza a fabricar y en el que se vierte el metal en el interior de un molde previamente fabricado el cual lo dejamos enfriar y solidificar para posteriormente remover la pieza fundida, finalmente se hará la limpieza e inspección hasta obtener la fundición terminada.

Para determinar la calidad del molde de arena según (GROOVER P, 2007) se emplean diferentes indicadores:

- 1) Resistencia, capacidad del molde para conservar su forma y resistir la erosión ocasionada por el flujo de un metal fundido; depende de la forma del grano, cualidades adhesivas del aglutinante, y otros factores.
- 2) Permeabilidad, capacidad del molde para permitir que pasen el aire y los gases calientes a través de los vacíos de la arena, durante la operación de fundido.
- 3) Estabilidad térmica, característica de la arena en su superficie de la cavidad del molde para resistir el agrietamiento y la deformación ante el contacto con el metal fundido.
- 4) Colapsabilidad, facilidad de que el molde se retire y permita que el fundido se contraiga sin que se agriete; también se refiere a la facilidad con que se quita la arena del fundido durante su limpieza.
- 5) Reutilización, ¿es posible reutilizar la arena del molde roto para hacer otros moldes? En ocasiones, estas medidas son incompatibles: por ejemplo, un molde con mucha resistencia es menos colapsable.

### **2.5.2. Arena verde**

La arena verde se la utiliza en la fabricación de moldes aplicando mezclas de arena, resinas y bentonita, con una cantidad apropiada de agua. La elaboración comienza con la mezcla arena, arcilla, aglutinante y agua. La mezcla por el porcentaje de humedad que presenta adopta el nombre molde en arena verde, se puede obtenerse manualmente (tipo artesanal) o en máquina (tipo industrial).

La elaboración de la mezcla tipo artesanal es reutilizable como arena de relleno, al restituir la cantidad de agua necesaria que recupera las cualidades plásticas de la mezcla modeladora. La arena verde se comprime alrededor del objeto que sirve de modelo (patrón) incrementando la presión y manteniendo la temperatura ambiente, estas dos regulaciones aseguran la conformación modeladora durante el proceso de fundición. La arena mezclada se compacta alrededor del patrón, tomando la forma del molde deseado.

### **2.5.3. Arena seca**

Un molde de arena seca está hecho con aglutinantes orgánicos en lugar de arcilla, y se cuece en un horno grande a temperaturas que van de 200 °C a 320 °C (400 °F a 600 °F). El horneado da resistencia al molde y endurece la superficie de la cavidad. Los moldes de arena seca proporcionan mejor control dimensional del producto fundido, en comparación con los de arena verde. Sin embargo, es más caro hacer moldes de arena seca, y la tasa de producción disminuye debido al tiempo de secado. (GROOVER P, 2007)

El molde de arena seca proporciona un mejor control dimensional en la fundición que los moldes de arena verde. Sin embargo, es más costoso y la velocidad de producción es más reducida debido al tiempo de secado. Por lo que sus aplicaciones se limitan a fundiciones de tamaño medio y grande y en velocidades de producción bajas.

### **2.5.4. Modelo**

Para la fundición en arena es necesario obtener un molde de la pieza, el cual deberá ser más grande en comparación de la pieza original ya que se toma en cuenta las contracciones que sufrirá el metal por la contracción por solidificación, además que se debe tomar en cuenta las dimensiones del maquinado que sufrirá la pieza hasta obtener las medidas originales. Para la construcción de moldes se suele utilizar materiales como: resinas, plásticas y madera.

## **Modelo sólido**

Es un modelo completo de pieza y su tamaño está ajustado para la contracción y el maquinado. Aunque es el modelo más fácil de fabricar, no es el más fácil de usar para hacer moldes de arena.

## **Modelo deslizante**

Los moldes deslizantes consisten en dos piezas, que separan la parte inferior y la parte superior del molde. Para la fabricación de piezas con características geométricas complejas es recomendable utilizar moldes deslizantes con los cuales se pueden producir cantidades moderadas de producción.

### **2.6. Métodos de moldeo**

El método empleado para hacer un molde depende, entre otras cosas de:

1. Tipo de material del molde.
2. Tipo del proceso de moldeo.
3. Consideraciones especiales; alimentadores, rebosaderos y características de solidificación.

#### **2.6.1. *Materiales de moldeo***

Algunos de los materiales usados en la obtención de moldes se clasifican como:

1. Moldes de arena verde. Este método es el más común y consiste en formar el molde con la arena de moldeo mojada, se utiliza en la mayoría de los procesos descritos anteriormente.
2. Moldes de superficie seca. Se emplean dos métodos en general para preparar los moldes de superficie seca. En uno de ellos la arena alrededor del modelo y hasta una profundidad de más o menos 12 mm se mezcla con un aglomerante en tal forma que, cuando seque, quedará una superficie dura en el molde. El resto de éste se continúa formando con arena verde ordinaria.
3. Moldes de arena seca. Estos moldes se hacen en su totalidad con arena de moldear muy gruesa, mezclada con un material aglomerante similar a los mencionados anteriormente. Ya que debe reconocérseles antes de ser usados, las cajas de moldeo deben ser de metal. Un molde de arena seca, mantiene su forma cuando se vierte el metal y queda libre de las complicaciones de formación de gas por la falta de humedad. Los moldes de arena, de superficie seca y arena seca, se usan ampliamente en las fundiciones de acero.
4. Moldes de arena negra. Los moldes de arena negra se emplean para moldes de gran tamaño. Primero se levanta el molde con ladrillos o partes grandes de hierro. Estas partes se cubren a

continuación con un mortero delgado de tierra negra, obteniéndose la forma del molde mediante perfilado o moldes de esqueleto. En seguida se permite que el molde seque completamente de modo que pueda resistir la brusca acometida del metal fundido. Estos moldes requieren mucho tiempo para ser hechos y no se les usa extensamente.

5. Moldes al "CO<sub>2</sub>". En este proceso la arena limpia se mezcla con silicato de sodio, la mezcla formada se apisona en torno del moldeo. Cuando se alimenta CO<sub>2</sub> a presión en el interior del molde, endurece la mezcla de arena. Mediante este procedimiento se obtienen colados muy tersos y complicados, aunque el proceso se desarrolló originalmente para hacer corazones.

6. Moldes metálicos. Los moldes metálicos se utilizan principalmente en el colado en matrices de aleaciones de bajo punto de fusión. Los colados son de forma precisa y de acabado terso eliminando así mucho del acabado en máquinas herramientas.

7. Moldes especiales.

Los plásticos, el cemento, yeso, papel, madera y hule son todos materiales para moldes, empleados para cubrir aplicaciones particulares.

### ***2.6.2. Métodos de moldeo***

Los procesos de moldeo en el trabajo común de las fundiciones se clasifican como:

1. Moldeo en banco. Este tipo de moldeo se hace en trabajos pequeños, sobre un banco con altura conveniente para el moldeador.

2. Moldeo en el piso. Cuando aumenta el tamaño de los colados con la consiguiente dificultad en su manejo, el trabajo se hace en el piso de la fundición. Este tipo de moldeo se usa prácticamente para todos los vaciados de tamaño medio y grande.

3. Moldeo en pozo. Los colados extremadamente grandes se moldearán con frecuencia en un pozo en lugar de una caja. El pozo actúa como la base de la caja, utilizándose una tapa por separado, arriba de él. Los lados del pozo se recubren con ladrillo y en el piso se pone una capa delgada de ceniza con tubos de desahogo hacia el nivel del piso de la fundición.

4. Moldeo en máquina. Las máquinas se han desarrollado para efectuar un número de operaciones que ordinariamente hace a mano el moldeador. El apisonado de la arena, volteo del molde, formación del alimentador y la extracción del modelo se hacen por medio de estas máquinas en mejor forma y con más eficiencia que a mano.

### 2.6.3. Alimentadores, rebosaderos y características de solidificación

El conducto para suministrarle metal fundido a la cavidad del molde, conocido como el sistema alimentador, queda constituido usualmente por la represa de llenado, un vertedero o conducto vertical conocido como mazarota y un alimentador a través del cual fluye el metal desde la base de la mazarota a la cavidad del molde. Sin embargo, el diseño del sistema alimentador es importante y concurren cierto número de factores.

1. En el caso de vaciados pequeños el metal debe entrar a la cavidad con la menor turbulencia posible y al fondo o muy cerca de él.
2. Debe evitarse la erosión de los conductos o de las superficies de la cavidad. regulando convenientemente el flujo del metal o mediante el uso de corazones de arena seca. Los alimentadores previamente formados, así como los alimentadores múltiples resisten mejor la erosión que aquellos que se hacen cortándolos en la arena.
3. El metal debe entrar en la cavidad de modo que se facilite hasta donde sea posible una solidificación direccional. La solidificación debe progresar desde la superficie del molde hasta la parte más caliente de forma que siempre tenga metal caliente para compensar por la contracción.
4. Debe evitarse que penetren a la cavidad del molde escoria o partículas extrañas. El metal se debe verter de modo que el vaso alimentador y el agujero de la mazarota estén siempre llenos.

### 2.6.4. Aglutinante (silicato – CO<sub>2</sub>)

**Tabla 2-2:** Detalle del aglutinante.

AGLUTINANTE (SILICATO- CO <sub>2</sub> )	
Descripción	Silicato de sodio de alta viscosidad, obtenido por disolución del silicato de sodio en piedra a una alta temperatura y presión, así como la posterior adición de materiales orgánicos.
Aplicación	Se usa como aglutinante en la preparación de arena para la fabricación de corazones y moldes, por el proceso de silicato gaseado con gas carbónico. Se recomienda en forma general el utilizar de 4-5 % respecto al peso de la arena.
PROPIEDADES	
Sólido	55-69 %
Gravedad Específica	50-52 °Be
Viscosidad	Min. 280 seg.
Oxido de sodio	9.5-14.0 %
Oxido de silicio	26-34 %
Relación en peso	1.8-3.6

**Realizado por:** autores

## 2.7. Tipos de hornos

Los hornos utilizados para fundir metales y sus diferentes aleaciones dependiendo de la calidad que se exija a la masa fundida, la productividad y la eficiencia energética varían en su diseño y capacidad. En principio, pueden usarse hornos con calentamiento eléctrico o por gas. En este contexto y desde el punto de vista de los costes, los niveles locales de precios son determinantes para el tipo de energía elegido.

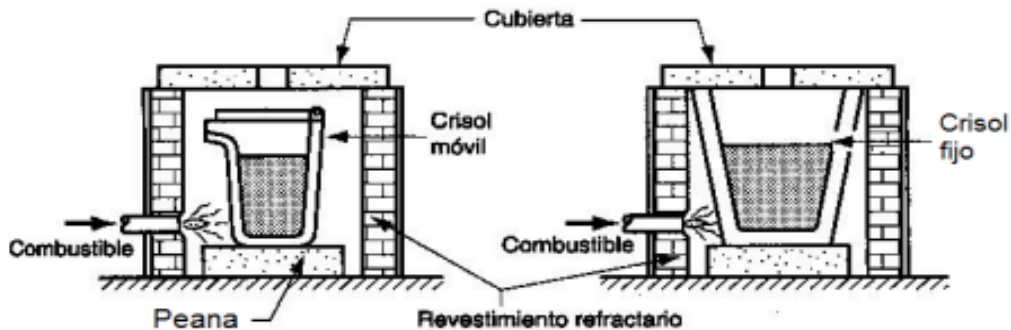
Los hornos usados para el proceso de fundición quedan determinados por los siguientes factores:

- Fundir la aleación rápidamente y elevarla a la temperatura de vaciado requerida.
- Mantener la pureza de la carga, como precisión de su composición.
- Producción requerida del horno.
- El costo de operación del horno.

### 2.7.1. Horno de crisol

Los hornos de fusión con calentamiento por combustible trabajan por combustión de un elemento llamado gas el cual tiene la misión de calentar el crisol que contiene el material a fundir. El crisol se apoya sobre la peana o base que está hecha de un material refractario y le da la posición necesaria con respecto a la salida del gas.

Para concentrar el calor alrededor del crisol este está contenido entre unas paredes refractarias que generan una cavidad para el flujo de los gases de combustión. Existen dos tipos de hornos, con crisol fijo o con crisol móvil. Los hornos de crisol fijo se deben cucharear para realizar la fundición. Y los hornos de crisol móvil al fundir el metal se levanta y sirve como cuchara de colada. Los crisoles se emplean para fundir metales no ferrosos tales como bronce, latón y aleaciones de zinc y aluminio. (GROOVER P, 2007)



**Figura 14-2:** Hornos de crisol móvil y horno de crisol fijo

Realizado por: (GROOVER P, 2007)



### **2.7.2. Cubilote**

Un cubilote es un horno cilíndrico vertical equipado con un canal de paso (o bebedero de sangrado) cerca de su base. Los cubilotes sólo se usan para hierros colados, y aunque también se emplean otros hornos, el mayor peso en toneladas de hierro colado se obtiene en cubilotes. La carga que utiliza está constituida por hierro, coque, fundente y otros elementos de aleación que se cargan a través de una puerta ubicada en la parte superior. El coque constituye el combustible para calentar el horno a través de las aberturas cerca del fondo de la carcasa, se introduce aire forzado para la combustión del coque. (GROOVER P, 2007)

### **2.7.3. Horno de arco eléctrico**

En este tipo de horno, el material se funde debido al calor generado por un arco eléctrico. Los podemos encontrar con una configuración de dos electrodos y tres electrodos respectivamente. El consumo de energía es alto, pero los hornos eléctricos se diseñan para que tengan capacidad alta de fundición (23 000 a 45 000 kg/h, o 25 a 50 ton/h), y se usan sobre todo para fundir acero.

## **2.8. Tipos de fundición**

### **2.8.1. Fundición en arena**

El trabajar con arena permite trabajar metales con altos puntos de fundición como el acero y el níquel. El proceso general de la fundición en arena comienza con la fabricación del modelo de la pieza a fundir, luego este modelo se coloca entre la arena para generar una cavidad negativa y se ubican los sistemas de alimentación que guiaran el metal fundido hacia las cavidades del molde. Una vez el metal se solidifica al interior de la cavidad, se destruye el molde y se extrae la pieza terminada; si se requiere se puede realizar el proceso de tratamiento térmico a la pieza fundida o realizar los procesos adicionales de acabados y controles necesarios. (FERNANDEZ ,Javier Horacio., 2008)

### **2.8.2. Fundición a la cera perdida**

El proceso de fundición "a la cera perdida" tiene sus orígenes en culturas milenarias que ya conocían sus ventajas y rendimiento debido al poco desperdicio de metal cuando se usa cera perdida. El punto de partida es la pieza original realizada en cera. A partir de dicho modelo, se elabora un molde en cerámica en el que quedan impresos, con toda exactitud, los rasgos de la pieza. (FERNANDEZ ,Javier Horacio., 2008)

Se llena el molde con la forma de la pieza con cera líquida. Al modelo en cera se le agregan la red de canales de llenado, bebederos y respiraderos. Se adhieren varios modelos de cera en un "árbol". Se procede a eliminar todo el conjunto en un baño cerámico, luego se quema la cera y

procede a vaciar en el molde metal fundido. Luego que el metal se enfría, se saca el molde, quedando al descubierto la pieza. Finalmente se procede a cincelar y repasar la superficie para eliminar las imperfecciones de la pieza final. (FERNANDEZ ,Javier Horacio., 2008)

### 2.8.3. Fundición en moldes permanentes

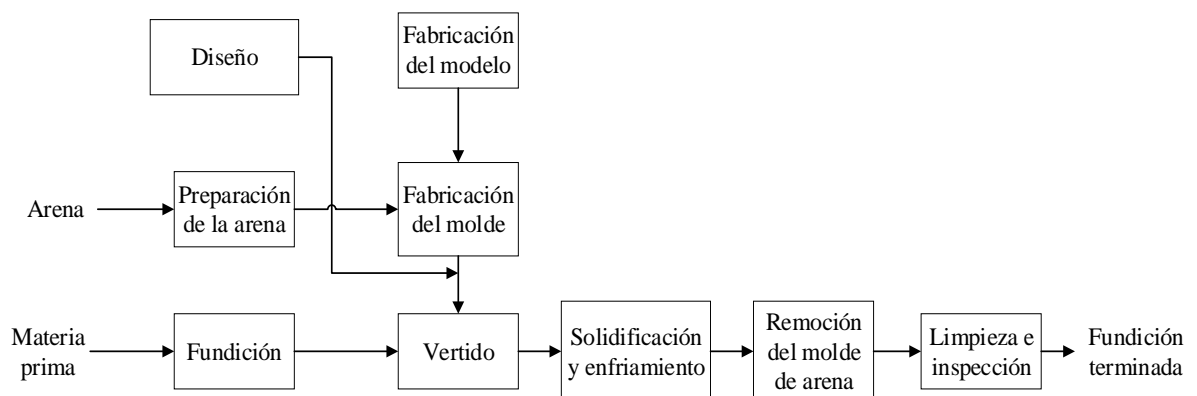
Los moldes permanentes por lo general se componen de dos mitades metálicas que al unirse generan la cavidad y todo el sistema de alimentación; estas dos mitades se fabrican maquinadas, lo cual garantiza muy buen acabado superficial y una alta precisión dimensional de los productos fundidos.

Al iniciar el proceso las dos mitades del molde se sujetan juntas y se precalientan para evitar el choque térmico entre el metal fundido y la cavidad del molde, esto también facilita el flujo del metal y la calidad de la fundición.

El molde inicia su enfriamiento mediante canales de refrigeración para poder proceder a extraer la pieza solidificada. Los metales típicos a fundir en moldes permanentes son las aleaciones de aluminios, magnesios y cobre. (FERNANDEZ ,Javier Horacio., 2008)

## 2.9. Proceso de fundición

El proceso de la fundición comienza en el diseño y obtención del molde. Para obtener el molde se debe tomar en cuenta la geometría de la pieza, además se debe tomar en consideración las contracciones que sufrirá el material por lo que el molde deberá ser más grande, es decir se deberá sobredimensionar para cuando la pieza fundida pase al área de maquinado esta adopte las dimensiones requeridas.

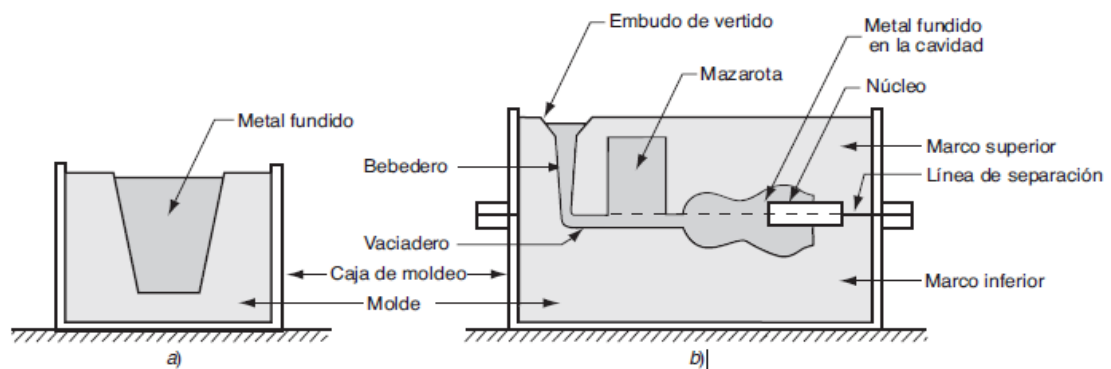


**Figura 15-2** Proceso de fundición de metales

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

Para dar inicio al proceso de fundición, el primer paso será calentar el metal a una temperatura en la que el metal pueda cambiar de fase de estado sólido a líquido, para posteriormente ser vertido en la cavidad del molde, esperar que se enfríe y solidifique para la posterior remoción del molde arena para luego hacer una limpieza e inspección hasta tener la fundición terminada.

En un molde abierto, figura 16.2a, el metal líquido simplemente se vierte hasta que llena la cavidad abierta. En un molde cerrado, figura 16.2b, se adapta un pasaje denominado sistema de paso, que permite que el metal derretido fluya desde el exterior del molde hasta la cavidad. Tan pronto como el metal fundido llega al molde, comienza a enfriarse. Cuando la temperatura baja lo suficiente, empieza a solidificarse. Es durante esta etapa del proceso que el metal adopta la forma sólida de la cavidad del molde, y también cuando se establecen muchas de las propiedades y características del fundido. Una vez que el fundido se ha enfriado lo suficiente, se retira del molde. Esto incluye cortar el exceso de metal de la pieza fundida real, limpiar la superficie, inspeccionar el producto. (GROOVER P, 2007)



**Figura 16-2:** Dos formas de molde: a) molde abierto y b) molde cerrado.

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

### 2.9.1. Calentamiento y vertido

Para continuar con la operación de fundido, el metal debe calentarse a una temperatura algo más elevada que su punto de fusión y luego se tendrá que verter en la cavidad del molde para que se solidifique. Además, en esta sección se estudian aspectos diversos de estas dos etapas de la fundición.

### 2.9.2. Calentamiento del metal

Para calentar el metal a una temperatura de fusión suficiente para que el metal pueda fundirse se utilizan hornos de varias clases. La energía calorífica que se requiere es la suma de:

1. El calor para elevar la temperatura al punto de fusión.

2. El calor de fusión para convertirlo de sólido a líquido.
3. El calor para poner el metal fundido a la temperatura deseada para verterlo.

Esto se expresa así:

$$H = \delta V [C_s(T_m - T_o) + H_f + C_l(T_p - T_m)] \quad \text{Ecuación 1.1}$$

donde H = calor total que se requiere para subir la temperatura del metal a la temperatura a que se vierte, J (Btu);  $\delta$  = densidad, g/cm<sup>3</sup> (lbm/in<sup>3</sup>); C<sub>s</sub> = calor específico por peso para el metal sólido, J/g-C (Btu/lbm-F); T<sub>m</sub> = temperatura de fusión del metal, C (F); T<sub>o</sub> = temperatura de inicio, la ambiental, por lo general, C (F); H<sub>f</sub> = calor de fusión, J/g (Btu/lbm); C<sub>l</sub> = calor específico por peso del metal líquido, J/g-C (Btu/lbm-F); T<sub>p</sub> = temperatura de vertido, C (F); y V = volumen del metal que se calienta, cm<sup>3</sup> (in<sup>3</sup>). (GROOVER P, 2007)

**Tabla 3-2:** Densidades de aleaciones de fundición.

Material	Densidad		Material	Densidad	
	g/cm <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>		g/cm <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
Aluminio (con pureza de 99%)	2.70	0.098	Hierro colado, gris <sup>a</sup>	7.16	0.260
Aleación de aluminio-silicio	2.65	0.096	Cobre (con pureza de 99%)	8.73	0.317
Aluminio-cobre (92% de aluminio)	2.81	0.102	Plomo (puro)	11.30	0.410
Latón <sup>a</sup>	8.62	0.313	Acero	7.82	0.284

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

### 2.9.3. Vertido del metal fundido

Después del calentamiento del metal, está listo para verter en el molde. La introducción del metal derretido en el molde, que incluye el flujo a través del sistema de paso y hacia la cavidad, es una etapa crítica del proceso de fundición. Para que esta etapa tenga éxito, el metal debe fluir hacia todas las regiones del molde antes de solidificarse.

Según (GROOVER P, 2007) los factores que afectan la operación de vertido incluyen los siguientes: temperatura a la que se vierte, velocidad de vertido y turbulencia como se muestra a continuación:

La **temperatura de vertido** es aquella que tiene el metal derretido cuando se introduce al molde. Lo que importa aquí es la diferencia entre la temperatura a que se vierte y la que tiene al comenzar la solidificación.

La **velocidad de vertido** se refiere a la tasa volumétrica a la que se vierte el metal fundido al molde. Si la tasa es demasiado baja, el metal se enfriará y solidificará antes de llenar la cavidad. Si la tasa de vertido es excesiva, la turbulencia se vuelve un problema serio.

La **turbulencia** en el flujo de un fluido se caracteriza por variaciones erráticas en la magnitud y dirección de la velocidad en el fluido. El flujo se agita y es irregular en vez de ser suave y seguir líneas de corriente, como ocurre con el flujo laminar. Debe evitarse el flujo turbulento durante el vertido, por varias razones. Tiende a acelerar la formación de óxidos de metal, la turbulencia también agrava la erosión del molde.

#### 2.9.4. *Análisis de Vaciado del metal.*

Se puede calcular la velocidad máxima cuando el fluido desciende desde una altura  $h$  mediante la Ecuación.

$$v = \sqrt{2gh} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Donde  $g$  es la aceleración de la gravedad en  $m/s^2$ ,  $h$  es la altura desde donde desciende el fluido en metros (m), y como resultado se obtendrá la velocidad  $m/s$ .

El metal fundido, al ser un fluido incompresible (ASM, 1998), obedece a la ley de conservación de flujo.

$$Q = Av \quad \text{Ecuación 1.3}$$

Donde  $A$  es el área transversal del flujo en  $m^2$  y  $v$  la velocidad del flujo en  $m/s$ , y el caudal se obtendrá en  $m^3/s$ .

En consecuencia, es posible estimar el tiempo que se requiere para llenar la cavidad de un molde de volumen  $V$ , así: (GROOVER P, 2007)

$$t = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 1.4}$$

Donde  $t$  = tiempo de llenado del molde en segundos;  $V$  = volumen de la cavidad del molde,  $cm^3(in^3)$ ; y  $Q$  = caudal.

La relación entre fuerzas de inercia y viscosas se calcula con el número de Reynolds

$$Re = \frac{\delta dv}{\mu} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Donde  $\delta$  es la densidad en  $Kg/m^3$ ;  $v$  es la velocidad del fluido en  $m/s$ ;  $d$  es el diámetro equivalente del ducto en  $m$ ; y  $\mu$  la viscosidad dinámica en  $Pa.s$ . Para un régimen laminar,  $Re < 2000$ ; mientras que, para régimen turbulento,  $Re > 4000$ . (MOTT L, 2016)

Con la minimización cuidadosa de las perturbaciones externas es posible mantener el flujo laminar para números de Reynolds tan grandes como 50 000. Sin embargo, cuando  $NR$  es mayor

que 4000, una perturbación pequeña en la corriente ocasionará que el flujo cambie de forma súbita de laminar a turbulento. (MOTT L, 2016)

### **2.9.5. Solidificación y enfriamiento**

Una vez que se vierte el metal derretido al molde este se enfría y solidifica. En esta sección se estudia el mecanismo físico de la solidificación que ocurre durante la fundición. Los temas asociados con ella incluyen el tiempo que necesita un metal para solidificarse, las contracciones, la solidificación direccional y el diseño de la mazarota. (GROOVER P, 2007)

#### **Solidificación de los metales**

La solidificación se verá afectada por la transformación del metal derretido a un estado sólido. Por lo tanto, el proceso de solidificación se solidificará dependiendo si el metal es un elemento puro o una aleación.

**Metales puros.** - Un metal puro se solidifica a una temperatura constante igual a su punto de adhesión, el cual es el mismo punto de fusión. Los puntos de fusión de los metales puros se conocen y están bien documentados (véase la tabla 4-2). El proceso ocurre a lo largo del tiempo, como se ilustra en la gráfica 1-2, que se denomina curva de enfriamiento. (GROOVER P, 2007)

**Mayoría de aleaciones** La mayor parte de aleaciones se solidifican en un rango de temperaturas en vez de a una temperatura única. El rango exacto depende del sistema de aleación y la composición particular. (GROOVER P, 2007)

**Tabla 4-2:** Propiedades volumétricas en unidades tradicionales de Estados Unidos para materiales seleccionados de la ingeniería.

Material	Densidad, $\rho$ ,		Coeficiente de expansión térmica, $\alpha$		Punto de fusión, $T_m$	
	$\text{g/cm}^3$	$\text{lb/in}^3$	$^{\circ}\text{C}^{-1} \times 10^{-6}$	$^{\circ}\text{F}^{-1} \times 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
<b>Metales</b>						
Aluminio	2.70	0.098	24	13.3	660	1 220
Cobre	8.97	0.324	17	9.4	1 083	1 981
Hierro	7.87	0.284	12.1	6.7	1 539	2 802
Plomo	11.35	0.410	29	16.1	327	621
Magnesio	1.74	0.063	26	14.4	650	1 202
Níquel	8.92	0.322	13.3	7.4	1 455	1 651
Acero	7.87	0.284	12	6.7	"	"
Estaño	7.31	0.264	23	12.7	232	449
Tungsteno	19.30	0.697	4.0	2.2	3 410	6 170
Zinc	7.15	0.258	40	22.2	420	787
<b>Cerámicos</b>						
Vidrio	2.5	0.090	1.8–9.0	1.0–5.0	b	b
Alúmina	3.8	0.137	9.0	5.0	ND	ND
Silíce	2.66	0.096	ND	ND	b	b
<b>Polímeros</b>						
Resinas fenólicas	1.3	0.047	60	33	c	c
Naílo	1.16	0.042	100	55	b	b
Teflón	2.2	0.079	100	55	b	b
Caucho natural	1.2	0.043	80	45	b	b
Polietileno:						
Baja densidad	0.92	0.033	180	100	b	b
Alta densidad	0.96	0.035	120	66	b	b
Poliestireno	1.05	0.038	60	33	b	b

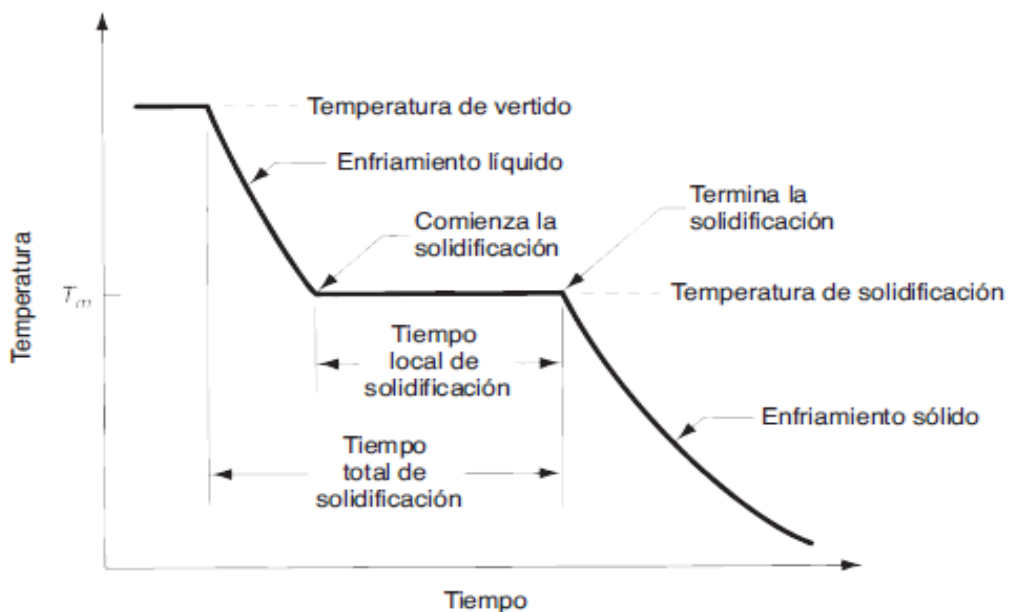
Compilado de las referencias [2], [4], [5], [6] y otras fuentes.

<sup>a</sup> Las características de fusión del acero dependen de su composición.

<sup>b</sup> Se ablandan a temperaturas elevadas y no tienen un punto de fusión bien definido.

<sup>c</sup> Se degradan químicamente a temperaturas elevadas. ND – no disponible; el valor de la propiedad para este material podría no ser obtenido.

Realizado por: (GROOVER P, 2007)



**Gráfica 1-2:** Curva de enfriamiento para un metal puro durante la fundición.

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

### 2.9.6. Tiempo de solidificación

Sea que el fundido consista en un metal puro o en una aleación, la solidificación toma tiempo. El tiempo total de solidificación es el que se requiere para que el fundido se solidifique después del

vertido. Este tiempo depende del tamaño y forma del fundido, en una relación empírica conocida como regla de Chvorinov, que establece lo siguiente: (GROOVER P, 2007)

$$T_{TS}=C_m \left(\frac{V}{A}\right)^n \quad \text{Ecuación}$$

1.6

Donde  $T_{TS}$  = tiempo total de solidificación, min;  $V$  = volumen del fundido,  $\text{cm}^3$  ( $\text{in}^3$ );  $A$  = área de la superficie del fundido,  $\text{cm}^2$  ( $\text{in}^2$ );  $n$  es un exponente que por lo general se acepta que tiene un valor de 2; y  $C_m$  es la constante del molde. Dado que  $n = 2$ , las unidades de  $C_m$  son  $\text{min}/\text{cm}^2$  ( $\text{min}/\text{in}^2$ ), y su valor depende de las condiciones particulares de la operación de fundición, incluido el material del molde. (GROOVER P, 2007), (por ejemplo, calor específico, conductividad térmica), propiedades térmicas del metal que se funde (por ejemplo, calor de fusión, calor específico, conductividad térmica) y la temperatura de vertido respecto al punto de fusión del metal.

El valor de  $C_m$  para una operación de fundido se basa en datos experimentales de operaciones anteriores efectuadas con el empleo del mismo material del molde, metal, y temperatura de vertido, aun si la forma de la pieza fuera muy diferente.

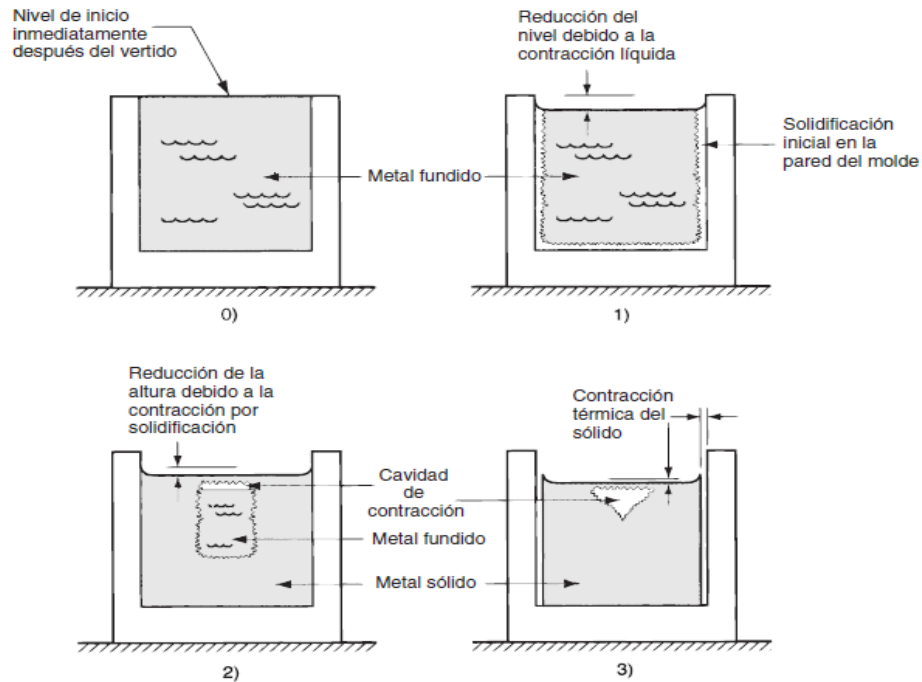
### 2.9.7. Contracción

El estudio presente de la solidificación ha ignorado el efecto de la contracción que tiene lugar durante el enfriamiento y solidificación. La contracción ocurre en tres etapas: 1) contracción líquida durante el enfriamiento antes de la solidificación, 2) contracción durante el cambio de fase de líquida a sólida, llamada contracción por solidificación, y 3) contracción térmica del fundido solidificado durante el enfriamiento a temperatura ambiente. (GROOVER P, 2007)

El metal fundido inmediatamente después del vertido aparece en el inciso 0) de la serie. La contracción del metal líquido durante el enfriamiento desde la temperatura de vertido hasta la de solidificación hace que la altura del líquido se reduzca de su nivel inicial, como se ilustra en el inciso 1) de la figura 17-2. La cantidad de esta contracción líquida por lo general es de alrededor de 0.5%. La contracción por solidificación que se observa en el inciso 2) tiene dos efectos. En primer lugar, ocasiona una reducción adicional en la altura del fundido. En segundo, la cantidad de metal líquido disponible para alimentar la porción central superior del fundido se ve restringida. En general ésta es la última región que se solidifica, y la ausencia de metal crea un vacío en esa ubicación del fundido. Los trabajadores de la fundición llaman rechupe a esa cavidad por contracción. Una vez que se solidifica, el fundido experimenta más contracción de su altura y diámetro durante su enfriamiento, como se aprecia en el inciso 3) de la figura 17-2. Esta



contracción está determinada por el coeficiente de expansión térmica del metal, que en este caso se aplica a la inversa para determinar la contracción. (GROOVER P, 2007)



**Figura 17-2:** Contracción de un fundido cilíndrico durante la solidificación y enfriamiento.  
Realizado por: (GROOVER P, 2007)

Se presentan algunos valores comunes de contracción volumétrica para distintos metales de fundición, debido a la contracción por solidificación y a la contracción del sólido, etapas 2 y 3. La contracción por solidificación ocurre en casi todos los metales porque la fase sólida tiene una densidad mayor que la líquida. La transformación de fase que acompaña a la solidificación ocasiona una reducción del volumen por unidad de peso del metal. (GROOVER P, 2007)

**Tabla 5-2:** Contracción volumétrica para distintos metales de fundición, debido a la contracción por solidificación y a la del sólido.

Metal	Contracción volumétrica debido a:	
	Contracciones por solidificación, %	Contracción térmica de sólido, %
Aluminio	7.0	5.6
Aleación de aluminio (común)	7.0	5
Hierro colado gris	1.8	5.3
Hierro colado gris, alto C	0.0	3
Acero fundido al bajo C	3.0	7.2
Cobre	4.5	7.5
Bronce (Cu-Sn)	5.5	6

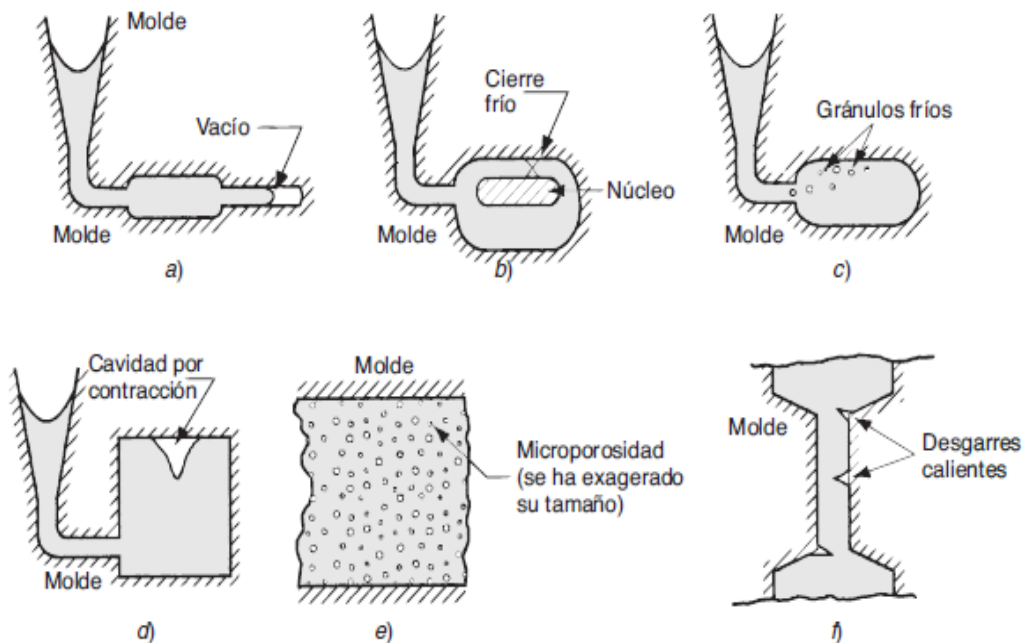
Realizado por: (GROOVER P, 2007)

La cantidad en la que el molde debe hacerse más grande en relación con el tamaño del fundido final se denomina tolerancia por contracción del modelo. Aunque la contracción es volumétrica, las dimensiones del fundido casi siempre se expresan linealmente, por lo que las tolerancias deben aplicarse en concordancia. Para hacer los modelos y moldes más grandes que el fundido que se desea en la cantidad apropiada, se usan “reglas de contracción” especiales con escalas elongadas ligeramente. En función del metal que se va a fundir, estas reglas de contracción son entre 1% y 5% mayores que la regla estándar. (GROOVER P, 2007)

### 2.9.8. Defectos de la fundición

Hay muchas formas de que las cosas salgan mal en una operación de fundición, lo que da como resultado defectos de calidad del producto. En esta sección se recopila una lista de los defectos comunes que ocurren durante el fundido y se indican los procedimientos de inspección para detectarlos.

Según (GROOVER P, 2007) algunos defectos son comunes a todos los procesos de fundición; se ilustran en la figura 18-2 y se describen brevemente a continuación:



**Figura 18-2:** Defectos comunes de la fundición.

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

**a) Vacíos** son fundidos que se solidifican antes de llenar por completo la cavidad del molde. Las causas comunes incluyen: 1) insuficiente fluidez del metal derretido, 2) temperatura de vertido muy baja, 3) vertido muy despacio y 4) sección transversal de la cavidad del molde muy delgada.

**b) Cierres fríos** ocurren cuando dos porciones del metal fluyen juntas, pero no hay fusión entre ellas debido a la solidificación prematura. Sus causas son similares a las de los vacíos.

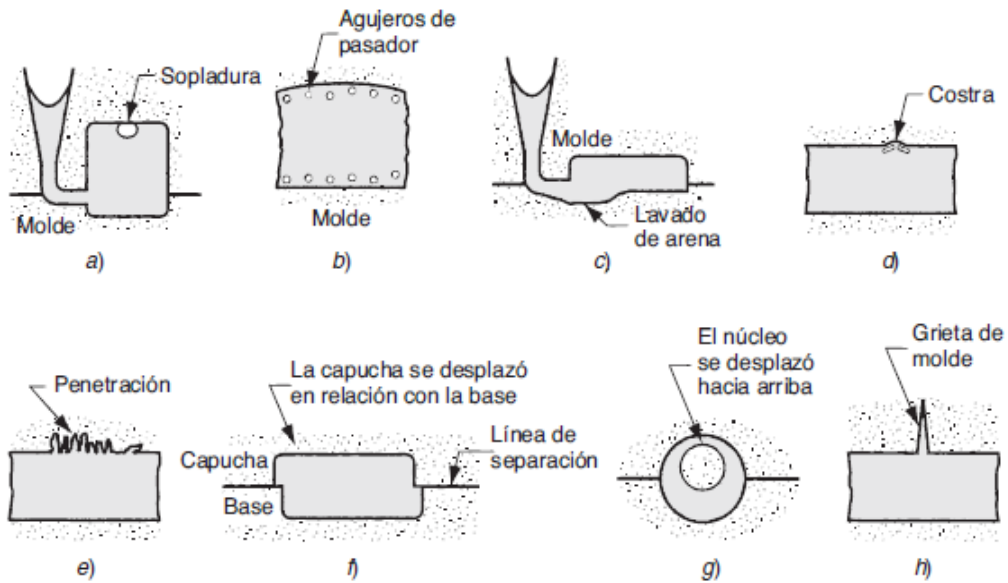
**c) Gránulos fríos** resultan de las salpicaduras durante el vertido, lo que ocasiona la formación de glóbulos sólidos de metal que quedan atrapados en el fundido. Este defecto puede evitarse con procedimientos de vertido y diseños del sistema de paso que eviten las salpicaduras.

**d) Cavidad de fuga** es una depresión en la superficie o un vacío interno en el fundido, ocasionado por fugas en la solidificación que restringen la cantidad de metal derretido disponible en la última región que se solidifica. Es frecuente que ocurra cerca de la parte superior del fundido, en cuyo caso se conoce como “rechupe”.

**e) Micro porosidad** consiste en una red de vacíos pequeños distribuidos en el fundido, ocasionados por la falta de solidificación localizada del metal derretido final en la estructura dendrítica. Este defecto se asocia por lo general con aleaciones, debido a la manera fraccionada en que ocurre la solidificación en esos metales.

**f) Desgarre caliente** también llamado agrietamiento caliente, ocurre cuando el fundido se ve impedido de contraerse por un molde que no lo propicia durante las etapas finales de la solidificación, o en las primeras del enfriamiento después de solidificarse. El defecto se manifiesta como la separación del metal (de ahí los términos desgarre y agrietamiento) en un punto de esfuerzo grande a la tensión ocasionado por la incapacidad del metal de contraerse en forma natural.

Según (GROOVER P, 2007) algunos defectos se relacionan con el uso de moldes de arena, en la figura 19-2 se ilustran los defectos que ocurren sólo en los fundidos con arena, y se describen a continuación:



**Figura 19-2:** Defectos comunes, fundición con arena.

Realizado por: (GROOVER P, 2007)

- a) Sopladura** es un defecto que consiste en una cavidad de gas en forma de globo, ocasionada por la liberación de gases del molde durante el vertido. Ocurre en o cerca de la superficie del fundido, cerca de la parte superior de éste. Las causas habituales son baja permeabilidad, mala ventilación y contenido de humedad alto del molde de arena.
- b) Agujeros de pasador** también los ocasiona la liberación de gases durante el vertido y consisten en muchas cavidades pequeñas por gases formadas en o ligeramente debajo de la superficie del fundido.
- c) Lavado de arena** es una irregularidad en la superficie del fundido que se genera por la erosión del molde de arena durante el vertido; el contorno de la erosión se forma en la superficie de la pieza fundida final.
- d) Costras** son áreas rugosas en la superficie del fundido debido a incrustaciones de arena y metal. Las ocasionan porciones de la superficie del molde que se desprenden durante la solidificación y quedan incrustadas en la superficie del fundido.
- e) Penetración** se refiere a un defecto de la superficie que ocurre cuando la fluidez del metal líquido es alta y penetra en el molde de arena o núcleo de arena. Una vez solidificado, la superficie del fundido consiste en una mezcla de granos de arena y metal. La compactación estrecha del molde de arena ayuda a disminuir esta condición.
- f) Desplazamiento del molde** se refiere a un defecto ocasionado por el movimiento lateral de la capucha del molde en relación con la base, lo que da por resultado un escalón en el producto fundido, en la línea de separación.

**g) Desplazamiento del núcleo** es similar al del molde, pero es el núcleo el que se mueve, y por lo general su desplazamiento es vertical. El desplazamiento del núcleo y molde es ocasionado por la flotación del metal fundido.

**h) Agrietamiento del molde** ocurre cuando la resistencia del molde es insuficiente y se presenta una grieta, en la que entra metal líquido y forma una “rebaba” en el fundido final.

## 2.10. Material del Bloque

Un factor de influencia para el buen desempeño del bloque es su material. Actualmente, los motores de vehículos livianos se fabrican de aleaciones de aluminio debido a la buena relación resistencia-peso que poseen, esta ventaja se ve implementada en los bloques de motor de motocicleta, como se puede apreciar en la Figura 20-2. (PORTILLA PAGUAY, y otros, 2017)



**Figura 20-2** Bloque de Aluminio de motor 150cc

**Realizado por:** Autores

El aluminio y sus aleaciones constituyen el segundo material con mayor demanda para fines industriales debido a sus propiedades. A diferencia de las aleaciones ferrosas, el aluminio resiste el tipo de corrosión que en los aceros causa una degradación progresiva. La superficie expuesta del aluminio se combina con el oxígeno del aire formando una capa protectora de óxido de aluminio, que se adhiere sólidamente al metal, esta capa bloquea y evita una oxidación posterior. (PORTILLA PAGUAY, y otros, 2017)

El aluminio, en conjunto con elementos aleantes, y tratado de manera apropiada es capaz de resistir diferentes medios corrosivos; de esta manera, y en combinación con su bajo peso, favorece al desarrollo de estructuras ligeras y resistentes, como lo son los fuselajes de los aviones, carrocerías y piezas automotrices. (PORTILLA PAGUAY, y otros, 2017)

Las aleaciones de aluminio se dividen en dos categorías, las cuales son aleaciones de aluminio para moldeo o también llamadas *casting alloys*, y aleaciones de aluminio para conformado o *wrought alloys*. Se debe mencionar que para la realización de este proyecto se enfoca únicamente en las designaciones correspondientes para *casting alloys*. Las designaciones para las aleaciones de aluminio se presentan en la Tabla 6-2. (PORTILLA PAGUAY, y otros, 2017)

**Tabla 6-2:** Sistema de designación.

<b>Alloy type</b>	<b>Four-digit designation</b>
<b>Forged alloys</b>	
99% (min) aluminium	1XXX
Copper	2XXX
Manganese	3XXX
Silicon	4XXX
Magnesium	5XXX
Magnesium and silicon	6XXX
Zinc	7XXX
Other	8XXX
<b>Alloy casting</b>	
99% (min) aluminium	1XXX
Copper	2XXX
Silicon with added copper and/or manganese	3XXX
Silicon	4XXX
Magnesium	5XXX
Zinc	7XXX
Cast	8XXX
Other	9XXX

Realizado por: (Davis, 1998)

### **2.10.1. Aleación de aluminio 7075**

La primera aleación 7075 fue desarrollada por la compañía japonesa Sumitomo Metals, en 1936. Es una aleación de aluminio con zinc como principal elemento. Es fuerte, con buena resistencia a la fatiga frente a otros metales y es fácil de mecanizar, pero no es soldable y tiene menos resistencia a la corrosión que muchas otras aleaciones. (Unicornio, 2019)

Debido a su costo relativamente alto su uso es habitual en aplicaciones donde las características técnicas de aleaciones más baratas no son admisibles. Normalmente se produce para distintas categorías térmicas 7075-O, 7075-T6, 7075-T651. (Unicornio, 2019)

### **2.10.2. Usos Aleación de aluminio 7075**

El aluminio 7075 es usado frecuentemente en aplicaciones para el transporte, náutica, el automovilismo o la aviación, debido a su alto ratio de resistencia-densidad, en la fabricación de fuselajes para ala delta, en la industria de la bicicleta. En aplicaciones de modelismo. Debido a su

dureza, alta densidad, propiedades térmicas y posibilidad de ser pulido el 7075 es ampliamente usado en la fabricación de moldes. (Unicornio, 2019)

### ***2.10.3. Composición química***

Su composición es de 5.1-6.1 % zinc, 2.1-2.9 % magnesio, 1.2-2.0 % cobre y pequeños porcentajes de silicio, hierro, manganeso, cromo, titanio y otros metales. (Unicornio, 2019)

### ***2.10.4. Aporte de los elementos aleantes***

Los principales elementos aleantes del aluminio son los siguientes:

- Cromo (Cr): aumenta la resistencia mecánica cuando está combinado con otros elementos como el Cu, Mn, Mg.
- Cobre (Cu): incrementa las propiedades mecánicas, pero reduce la resistencia a la corrosión.
- Hierro (Fe): incrementa la resistencia mecánica.
- Magnesio (Mg): tiene alta resistencia tras el conformado en frío.
- Manganeso (Mn): incrementa las propiedades mecánicas y reduce la calidad de embutición.
- Silicio (Si): combinado con magnesio (Mg), tiene mayor resistencia mecánica.
- Titanio (Ti): aumenta la resistencia mecánica.
- Zinc (Zn): reduce la resistencia a la corrosión.

Las principales características de las aleaciones de aluminio son:

- Buenas propiedades físicas.
- Alta conformabilidad.
- Amplio rango de propiedades mecánicas.
- Buena resistencia a la corrosión en diferentes ambientes.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1. Parámetros de diseño

Habiendo definido los conceptos básicos, se procederá a desarrollar los parámetros de diseño, los métodos aplicados para obtener el diseño del bloque de motocicleta 150cc de aluminio con una camisa de hierro fundido y los métodos de fundición, partiendo desde el punto de vista de la ingeniería inversa.

##### 3.1.1. *Ingeniería inversa y diseño de productos.*

Es el proceso de construir especificaciones de un mayor nivel de abstracción partiendo del código fuente de un sistema software o cualquier otro producto se puede utilizar como punto de partida cualquier otro elemento de diseño.

También se puede capturar la geometría 3D de objetos existentes para incorporar algunas de sus características en el diseño del nuevo producto. Además, una solución basada en barridos 3D también puede convertirse en una poderosa herramienta para conservar el registro y archivar las distintas iteraciones del diseño.

Los pasos cruciales de la ingeniería inversa son capturar, en forma precisa y eficiente, las dimensiones del objeto y luego extraer la información necesaria del barrido resultante a efectos de crear nuevos diseños que cuenten con las características correctas de apariencia y funcionalidad.

#### 3.2. Escaneo o digitalización 3D

Un escáner tridimensional es un dispositivo que recoge la información de las coordenadas 3D que describen una región de la superficie de un objeto. (Reznicek & Pavelka, 2008). Estos dispositivos logran su objetivo en tres pasos, primero adquieren la información de puntos en coordenadas X-Y-Z (escaneo o digitalización 3D), que normalmente se realiza más de una vez desde diferentes vistas, luego se procesan los datos con filtros, y al final se genera la superficie sólida que posteriormente será alineada con las otras superficies obtenidas y logrará la recreación del objeto, o una parte de él. (DSPACE, 2016)



Este apartado se va a centrar en explicar las tecnologías que permiten la adquisición de datos 3D, y algunas técnicas importantes que se usan para calcular las coordenadas del objeto. La adquisición 3D comprende la obtención de la información de la superficie del objeto, y puede ser realizada con distintas herramientas y técnicas. (DSPACE, 2016)

Para la realización de este trabajo se pone en práctica el concepto de desagregación tecnológica, partiendo de un bloque de motor importado, y se propone optimizarlo mejorando las características mecánicas además de implementar la manufactura utilizando la tecnología nacional.

El proceso de escaneo 3D con Go! SCAN puede funcionar de dos maneras diferentes: con o sin objetivos.

**Sin objetivos:** el Go! SCAN 50 utiliza las propiedades geométricas distintivas de la pieza para localizar en 3D los datos que genera gradualmente. Por motivos de seguimiento, el proceso de escaneo 3D sin objetivos tiene una restricción: el objeto debe ofrecer una característica o textura distintiva cada área de escaneo de 380 x 380 mm (como un agujero, una protuberancia, una ranura, etc.). (Arrighi, 2016)

Si ese no es el caso, VXELEMENTS no es capaz de conocer la distinción entre las diferentes partes de los objetos y dónde ubicarlas espacialmente. (Arrighi, 2016)

**Con los objetivos:** es posible utilizar objetivos para compensar la falta de características distintivas de un objeto. Los objetivos son pequeñas pegatinas redondas que se pueden colocar en la superficie del objeto a capturar. Tenga en cuenta que el Go! SCAN 20 más preciso, con su campo de visión más pequeño, funciona con objetivos más pequeños. Se recomienda colocar estos objetivos cada 20 - 100 mm (0,75 - 4 pulgadas) para permitir un buen seguimiento del Go! SCAN 50. (Arrighi, 2016)



**Figura 21-3: Go! SCAN 50**

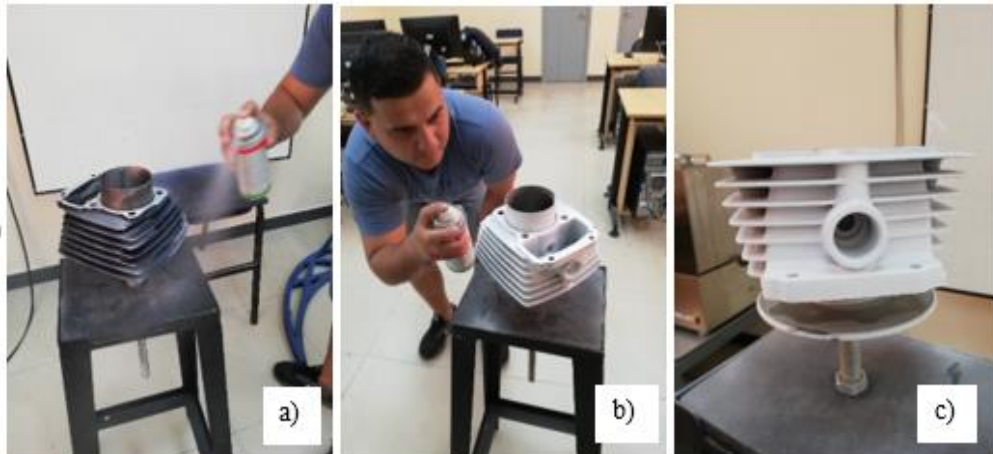
**Realizado por:** Autores

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo consta con laboratorios equipados con tecnología de calidad por lo cual se utilizó en primera instancia el Scanner 3D, Go! SCAN 50.

Go! SCAN 20 es adecuado para escanear piezas pequeñas con detalles complejos, con una resolución de 0.100 mm (0.004 pulgadas) dentro de un área de escaneo 3D de 143 x 108 mm (5.6 x 4.3 pulgadas). Por lo tanto, el tamaño de pieza recomendado es 0.05 - 0.5 m (2 - 20 pulgadas). (Arrighi, 2016)

Con su campo de visión más amplio, Go! SCAN 50 es una buena combinación para escanear en 3D objetos medianos a grandes, con un tamaño de pieza recomendado de 0.3 - 3.0 m (1 - 10 pies). Go! SCAN 50 ofrece un área de escaneo 3D de 380 x 380 mm (15 in x 15 in), con una resolución máxima de 0.5 mm (0.020 pulgadas). (Arrighi, 2016)

### 3.2.1. Desarrollo del Escaneo o digitalización 3D

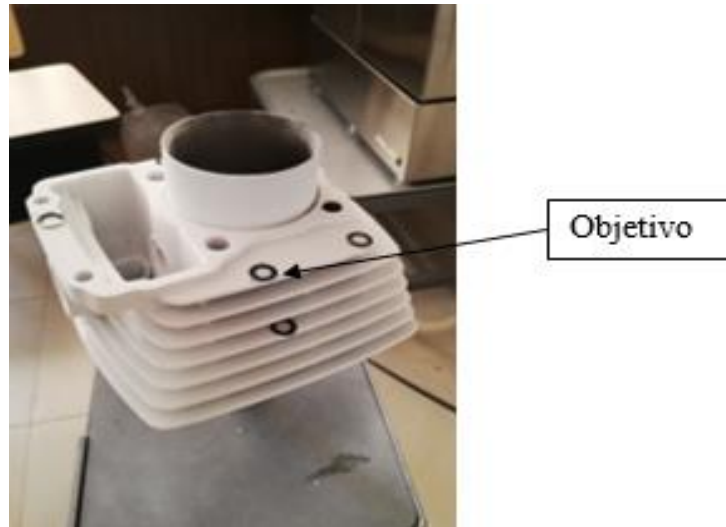


**Figura 22-3:** Aplicación de Líquido Penetrante al Boque Motor.

**Realizado por:** Autores

Se empleó un revelador de tintas penetrantes que generalmente se utiliza para evidenciar discontinuidades superficiales y para dar un contraste sin brillo, en vista que la pieza al tener brillo la luz emitida por el escáner se refleja con alta intensidad en la pieza, la cual no permite que las cámaras receptoras puedan capturar las partes más críticas o con mayores detalles de la pieza.

En la figura 2-3a se aplica el líquido penetrante sobre toda la superficie del bloque motor mono cilíndrico de motocicleta 150cc, para darle a la superficie una tonalidad mate para que no tenga brillo la pieza, esto será la primera etapa antes de realizar el barrido con el escáner 3D. la figura 2-3b en las zonas ya aplicadas empieza a secar y a tomar un color blanco, esto se da debido a que el líquido penetrante es un aerosol y al aplicarlo sale en forma líquida y cuando se seca se convierte en polvo blanquecino. La figura 2-3c observamos ya toda la pieza cubierta y lista para el siguiente proceso.



**Figura 23-3:** Ubicación de los objetivos en el bloque motor.

Realizado por: Autores

En la figura 3-3 se procede a ubicar los objetivos en el bloque motor, para que el campo de visión del escáner pueda detectar las partes más críticas y con mayores detalles de la pieza.



**Figura 24-3:** Computadora portátil con software y scanner.

Realizado por: Autores

El software CreafORM llamado VXEelements realiza una fusión en tiempo real: los escaneos 3D se fusionan automáticamente para generar una malla única. (Arrighi, 2016)

Gracias al algoritmo de seguimiento avanzado de VXEelements, es posible localizar una parte que se ha movido y agregar datos directamente a la nube de puntos existente. (Arrighi, 2016)

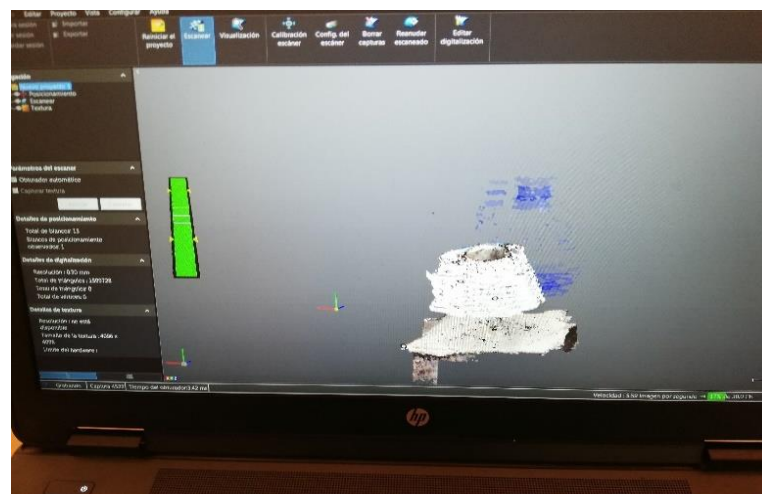
Para esta prueba, escaneamos la parte usando objetivos, y lo primero que se hará una vez listo el bloque motor, se debe preparar la computadora portátil con su respectivo software el cual recogerá los datos del scanner figura 4-3a y conectaremos el escáner 3D a la misma figura 4-3b.



**Figura 25-3:** Barrido con el Scanner 3D.

**Realizado por:** Autores

La figura 5-3 muestra el barrido con el scanner 3D proporcionado por el laboratorio de CAD-CAM de la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



**Figura 26-3:** Escaneo 3D con objetivos, visto dentro de la interfaz VXElements.

**Realizado por:** Autores

VXinspect permite a los usuarios comparar un modelo CAD con los datos escaneados, lo cual es muy útil para aplicaciones de ingeniería inversa y metrología. (Arrighi, 2016)

VXmodel es un software de procesamiento posterior que se integra directamente en VXelements. VXmodel permite la finalización de los datos de escaneo 3D para exportarlos como un archivo 3D legible para impresión 3D y software CAD (CATIA, SolidWorks, Inventor ...). (Arrighi, 2016)

La figura 6-3 muestra el escaneo del bloque motor dentro de su interfaz de VXEelements la cual, tras el barrido con el escáner, primero adquieren la información de puntos en coordenadas X-Y-Z (escaneado o digitalización 3D), que normalmente se realiza más de una vez desde diferentes vistas, luego se procesan los datos con filtros, y al final se genera la superficie sólida que posteriormente será alineada con las otras superficies obtenidas y logrará la recreación del objeto, o una parte de él.

En esta parte se debe recalcar que los resultados obtenidos con el escáner 3D no fueron los esperados, primero porque el escáner no logro a recopilar todos los puntos necesarios de las partes más complejas para que se pueda formar la superficie solida ya que el escáner proporcionado por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para dicho trabajo no cubría las necesidades requeridas ya que el escáner Go! SCAN 50 se lo utiliza para escanear en 3D objetos medianos a grandes y por el tamaño de la pieza para un trabajo perfecto se requería de un escáner Go! SCAN 20 como se explico anteriormente figura 1-3.

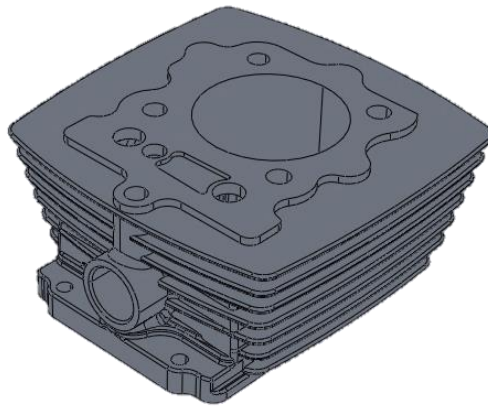
Por lo cual se procede con la segunda opcion para obtener el diseño del bloque motor de una motocicleta de 150cc, mediante software CAD.

### **3.3. Diseño mediante software CAD (SolidWorks)**

#### **3.3.1. *La tecnología CAD***

Cuando se habla del uso de CAD para animación 3D y más, se hace referencia a las réplicas creadas a través de computadora en 3 dimensiones, que posibilitan la realización de un trabajo más ágil, rápido y eficaz, en comparación con los métodos tradicionales de medición y fabricación de objetos. (Benq, 2017)

CAD (Computer Aided Design en inglés) que se traduce como Diseño Asistido por Computador (DAC), se encarga de dibujar una parte del objeto, o el objeto completo, que posteriormente, será procesado por un software para el modelado 2D o 3D. El resultado se suele obtener en un archivo CAD que luego se importa en el software CAM. (Benq, 2017)



**Figura 27-3:** Bloque motor vista isométrica.

**Realizado por:** Autores

La figura 7-3 muestra el bloque motor dibujado completamente el cual se lo realizo con ayuda del software CAD (SolidWorks) en la que podemos apreciar la vista isométrica de la pieza.

### **3.4. Pruebas del diseño**

En esta parte se realizó la primera prueba para verificar que el dibujo realizado en SolidWorks este correctamente con todas sus medidas acordes al modelo original, para lo cual se procedió a la impresión 3D del diseño.

#### **3.4.1. Impresión 3D**

La impresión 3D, también conocida como manufactura por adición, es un proceso por el cual se crean objetos físicos colocando un material por capas en base a un modelo digital. Todos los procesos de impresión 3D requieren que el software, el hardware y los materiales trabajen en conjunto.

#### **Material para la impresión “PLA”**

La tecnología de impresión 3D puede utilizarse para crear todo tipo de cosas, desde prototipos y piezas simples hasta productos finales altamente técnicos, como piezas para aeronaves, edificios ecológicos, industria automotriz, implantes médicos que pueden salvar vidas e incluso órganos artificiales que se producen con capas de células humanas.

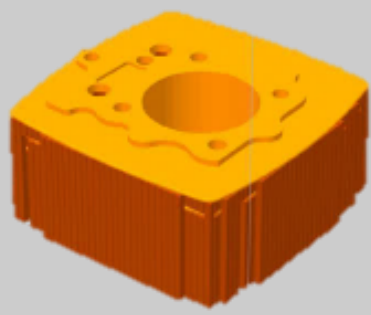
El plástico PLA es también uno de los materiales de impresión 3D más ecológicos disponibles. Está hecho de recursos renovables (almidón de maíz) y requiere menos energía para procesar plásticos (a base de petróleo) en comparación con los tradicionales.

**Números importantes:** Su rango de fusión se encuentra entre los 190° – 205° C, su temperatura de autoignición es a partir de los 388° C y su descomposición térmica comienza a los 250° C.

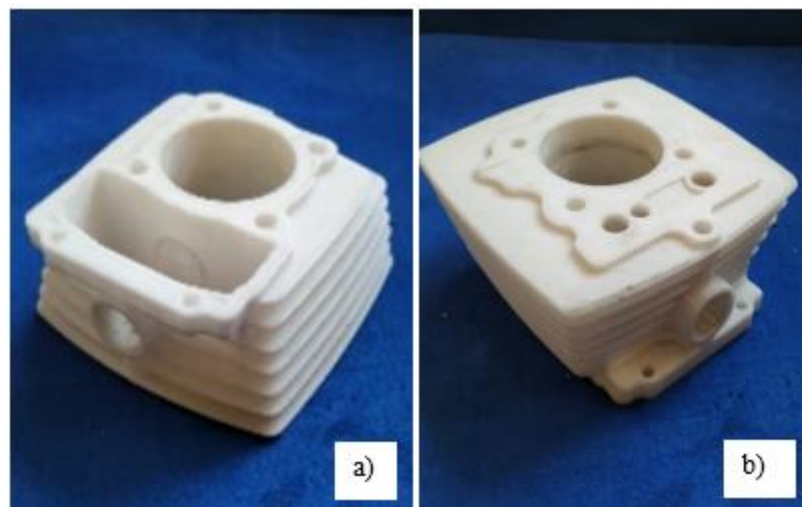
### 3.4.2. Detalle de impresión

El material a emplear será PLA poliácido láctico, la impresión 3D tendrá una resolución máxima de 0.4 mm, un porcentaje de relleno del 12% (siendo 100% la pieza solida).

**Tabla 1-3:** Detalle de impresión 3D.

Componente	Imagen	Peso (g)	Tiempo de impresión (min)
Bloque motor de motocicleta de 150CC.		453,07	688,5

Realizado por: Autores



**Figura 28-3:** Impresión 3D, bloque motor.

Realizado por: Autores

La figura 8-3a vista superior del y la figura 8-3b vista inferior muestra la impresión obtenida y se pudo verificar que el dibujo está correctamente dimensionado en comparación al bloque motor original, además la impresión nos servirá para tener una idea de lo que se va dibujar a continuación, moldes machos que servirán de plantillas para el molde del bloque motor los cuales se utilizarán en la fundición.



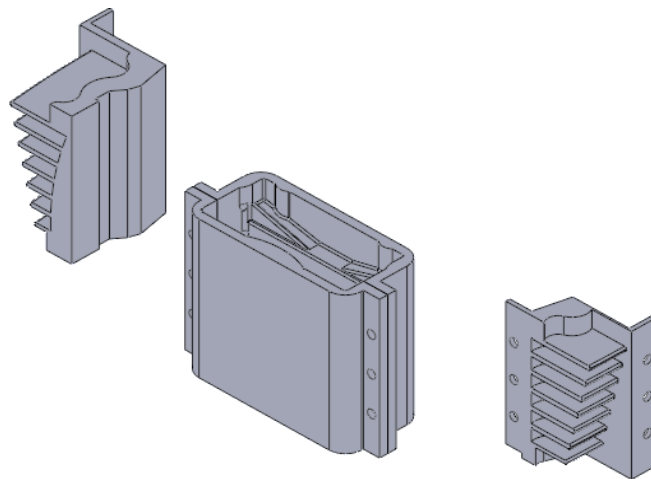
### 3.5. Diseño de moldes machos para fundición

#### 3.5.1. *Diseño del modelo.*

El modelo es la pieza que se pretende moldear, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

- Será ligeramente más grande que la pieza, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya extraído del molde.
- Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina ángulo de salida.
- Inclusión de todos los canales de alimentación y mazarotas necesarios para el llenado del molde con el metal fundido.

El diseño de los machos servirá para obtener las galletas o corazones (que en si son moldes, pero seccionados resultados del diseño de los machos).



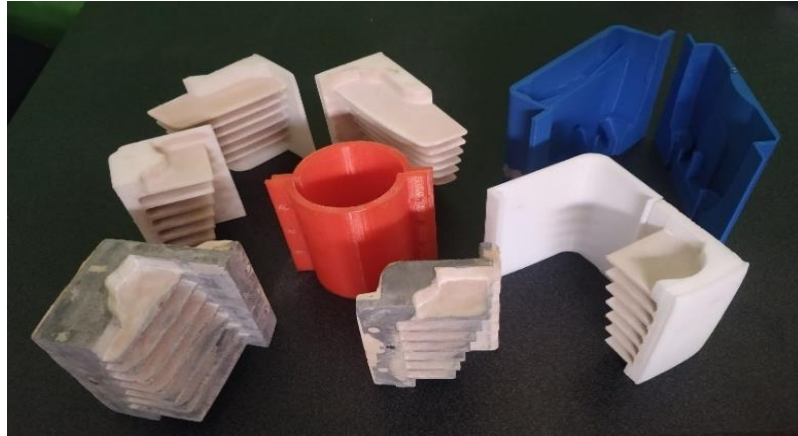
**Figura 29-3:** Vista isométrica de moldes machos, visto dentro de un programa CAD.

**Realizado por:** Autores

La figura 9-3 muestra la vista isométrica de los moldes machos en este caso tres de los doce moldes en total que se requiere para formar todo el rompecabezas del bloque motor de una motocicleta de 150cc.

#### **Impresión 3D de machos**

El material a emplear será PLA poliácido láctico.



**Figura 30-3:** Impresión 3D de moldes machos, material PLA

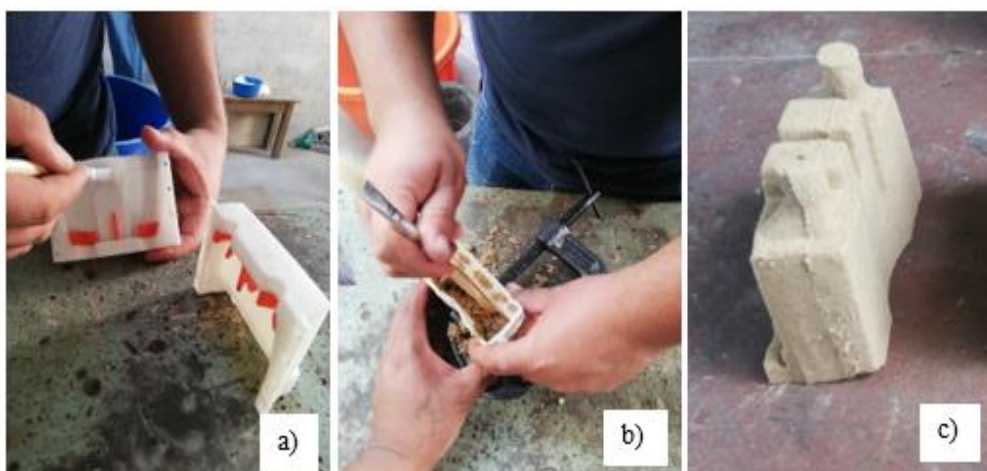
Realizado por: Autores

### 3.6. Criterio del número de galletas

Para crear el molde de todo el bloque motor para la fundición se aplicó el criterio de seccionar el bloque motor por las siguientes razones:

- Debido a que la pieza es compleja.
- La arena no se compacta lo suficiente.
- Apreciación de todos los detalles de la pieza.
- Cubrir necesidades de función.
- Desmolde de a arena compactada en el macho.

Por estas razones se decidió seccionar el bloque motor en once partes las cuales armadas formaran el molde completo. Además, que el bloque motor tiene superficies huecas o en vacío, esto hace necesario crear las galletas o corazones para cubrir las necesidades de la fundición.



**Figura 31-3:** Obtención de galleta o corazones.

Realizado por: Autores

La figura 11-3 muestra el proceso de obtención de una galleta de arena para fundición de sílice mezclado con un aglutinante llamado silicato de sodio (Silicato-CO<sub>2</sub>), esto produce que la mezcla de la arena y el aglutinante y la adición de CO<sub>2</sub>, la cual le dará un endurecimiento, evitando que la galleta pierda la forma que se requiere. La figura 11-3a muestra la impresión 3D de uno de los moldes mochos, en figura 11-3b empezamos el llenado con arena para fundición y la figura 11-3c observamos el molde macho para la fundición con lo presentado se puede concluir que el criterio de número de galletas se tomó en base a la dificultad que tiene la arena en desmoldar del macho, mientras más secciones tenemos más pequeños van a resultar los machos, por lo tanto resultara más fácil trabajar y los detalles de los machos no serán difíciles de desmoldar.

### 3.7. Manufactura del bloque motor mediante fundición en arena

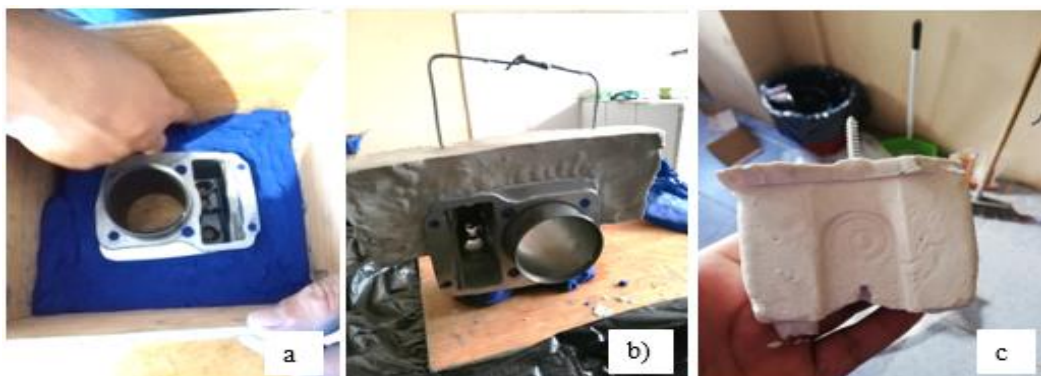
Una vez obtenidos todos los diseños y las impresiones 3D requeridas y que se tomó en consideración anteriormente, procederemos a la manufactura del bloque motor mono cilíndrico para una motocicleta de 150cc con una aleación de aluminio 7075. Para lo cual se realizó tres experimentos los cuales se detallan a continuación.

#### 3.7.1. Experimento 1

##### Obtención de machos, experimento 1

El primer experimento que se realizó para la obtención del trabajo de titulación fue hecho mediante la utilización de yeso con el cual se pretendía obtener el molde para la fundición.

Mediante los criterios de diseño iniciales se pretendía realizar el molde con un solo macho, tomando secciones para hacer el molde, el cual se lo iba a seccionar en cuatro partes con la ayuda de separadores moldeables para poder seccionar la parte a moldear.



**Figura 32-3:** Experimento 1.

Realizado por: Autores

La figura 12-3a, nos muestra la utilización de material moldeable plástico para limitar el llenado del yeso, luego de este proceso se realiza el vaciado del yeso, para la obtención de una parte del molde como se muestra en la figura 12-3b, en la cual podemos observar la obtención de una parte del molde ya endurecida la cual está lista para el proceso de desmolde, posteriormente se puede visualizar en la figura 12-3c una galleta extraída de su correspondiente, en la cual se pueden observar, sus defectos como porosidades y fracturas a simple vista, las cuales van a influir considerablemente en la fundición de la pieza .

Tomando en consideración que las galletas obtenidas para la fundición deben tener un acabado superficial que cubran las necesidades de la fundición, nos vimos en la necesidad de buscar un método más eficaz que el utilizado y explicado anteriormente.

En esta parte se presentaron los primeros inconvenientes que se los va a explicar a continuación:

- Dimensiones del diseño. – No se tomó en cuenta las contracciones que va a tener el aluminio, el cual es el 7% de contracción por solidificación explicada en la tabla 5-2.
- Detalles de la pieza. – La pieza presenta curvas y huecos complejos con pocos ángulos de salida.
- Desmolde. – debido a los detalles complejos sufría atrancamientos por lo cual hacía que la pieza sufra fracturas.
- Compactación del yeso. – debido a que se realizó una mezcla de agua con yeso, al momento de salificarse se observó la presencia de gran cantidad de oxígeno acumulado en el yeso, lo cual nos da un molde con un alto porcentaje de poro, ya que no se utilizó ningún tipo de aditivos adicional para evitar este tipo de inconveniente.

Por lo que se procede al siguiente experimento.

### **3.7.2. Experimento 2**

#### **Obtención de machos, experimento 2**

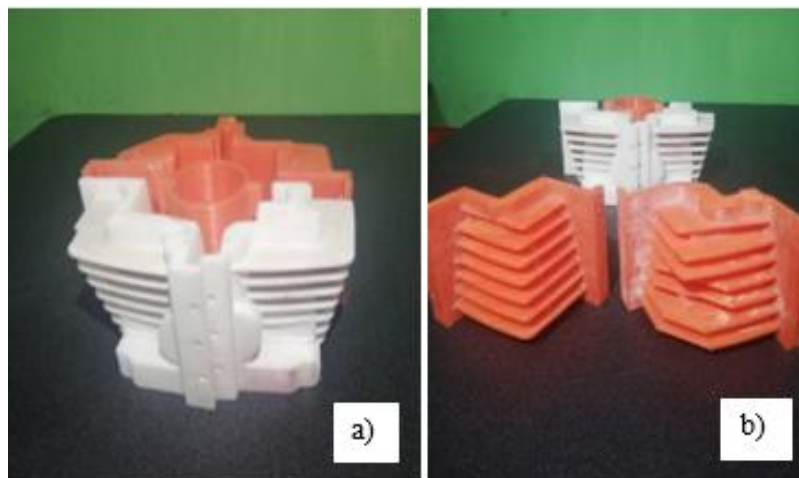
Para este experimento tomaremos en cuenta la parte del diseño de los machos para el molde.

Partiremos de la división de nuestro diseño en varios machos los cuales se utilizará en la fundición.

En primera instancia se tomó el criterio de seccionar el molde en siete partes en base a la problemática que se nos presentó en el experimento 1, por tal motivo se diseñaron e imprimieron machos utilizando tecnología aditiva, en este caso impresión 3D en material PLA.

Con la cual se presentaron las siguientes problemáticas con los machos:

- Aumento de tiempo y costo. – partir de un nuevo diseño e impresión 3D.
- Acabado superficial. – debido a la impresión 3D, se presenta un acabado con rugosidad.
- Presión de impresión 3D. -debido a que el material PLA trabaja en un rango de fusión entre los 190° – 205° C, por lo cual algunos machos presentaban deformidades e inconsistencias mecánicas.
- Desmolde. – debido a los problemas anteriormente descritos, el momento de querer desmoldar las galletas, se tuvo problemas como la inconsistencia de las aletas de refrigeración del bloque motor las cuales llegaron a fracturarse en reiteradas ocasiones en secciones que tenían mayores detalles.



**Figura 33-3:** División de los machos.

**Realizado por:** Autores

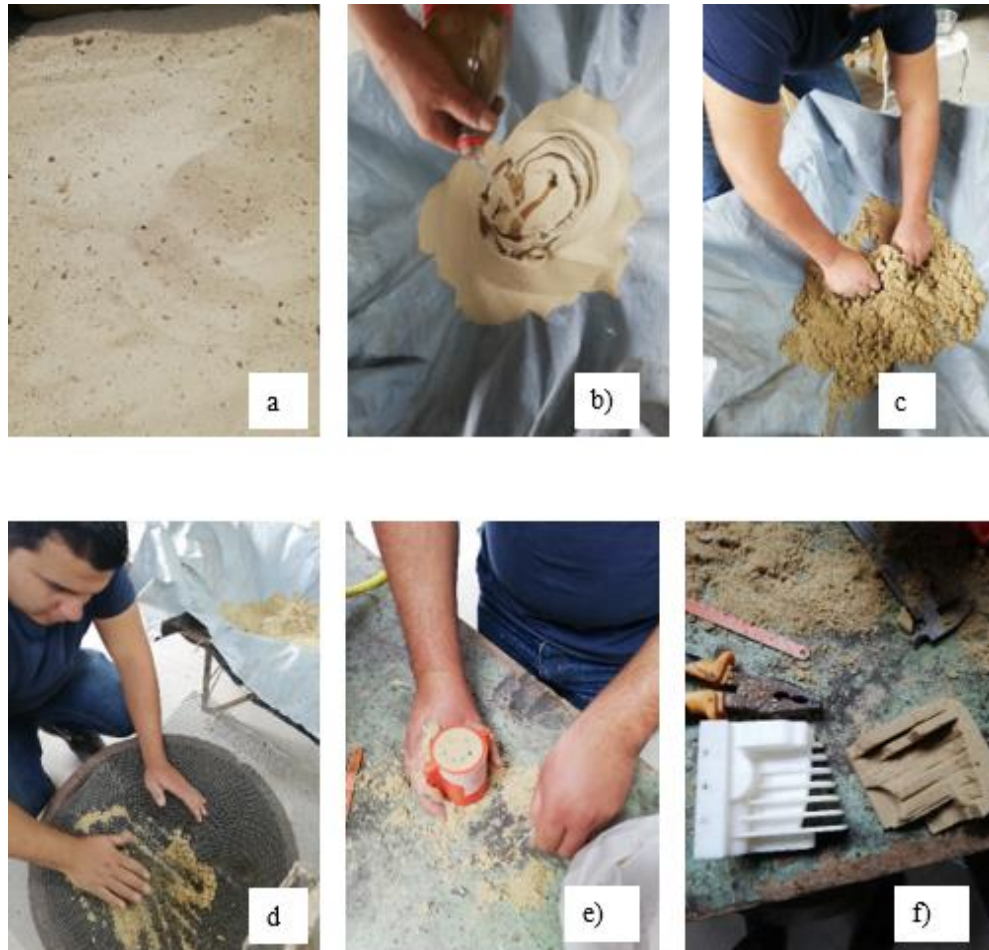
La figura 13-3a muestra la ubicación de los machos los cuales se utilizarán para crear las correspondientes galletas para la fundición, la figura 13-3b se puede apreciar los inconvenientes suscitados en la impresión 3D.

### 3.7.3. *Proceso de moldeo*

#### **-Preparación de la arena.**

La figura 14-3 muestra la preparación de arena y la formación de las galletas con los moldes machos. Como primer paso tenemos la figura 14-3a, en la cual se puede observar la arena para fundición de silicio, con la cual seguiremos el proceso de mezcla con el aglutinante obsérvese la figura 14-3b, con la cual se procederá a la respectiva mezcla tratando de que la arena quede lo más uniforme posible como muestra en la figura 14-3c, luego se procede a tamizar la mezcla, para obtener un grano más homogéneo como se muestra en la figura 14-3 d, una vez la arena lista se procede a al llenado y compactación de los moldes machos como se muestra en la figura 14-3e, una vez listo este proceso se procede a desmoldar como se observa en la figura 14-3f.

En esta parte podemos recalcar que aparecen las problemáticas con los machos que anteriormente se explicó, por lo que se puede apreciar en la figura 14-3f que las galletas de arena no salieron completas, esto debido al tamaño de los machos y a sus detalles complejos, en la cual la arena no desmoldo correctamente.



**Figura 134-3:** Preparación de la arena.

**Realizado por:** Autores

Por lo tanto, se procedió a seccionar en once partes el molde lo cual se explicará en el experimento 3.

#### **3.7.4. Experimento 3**

##### **Obtención de machos, experimento 3**

Una vez aclara todas las posibles complicaciones que se pueda tener con el diseño de los machos se consideró seccionar el molde en diez partes y una plantilla que no servirá luego para la fundición, dándonos así un total de once partes.



### 3.7.5. Impresión de nuevos machos

Se hizo un rediseño de los machos los cuales aumentaron el número de partes seccionada dando un total de once machos con los cuales obtendremos once galletas las cuales nos servirán posteriormente para la creación del molde.



**Figura 35-3:** Impresión de machos, PLA

Realizado por: Autores

Figura 15-3 muestra el resultado de la impresión de los machos en material PLA, los cuales se encuentran listos para hacer las respectivas galletas.

### 3.8. Proceso de preparación de la arena.

En el siguiente apartado se presenta algunos pasos a tomar en cuenta para la preparación de la arena siguiendo porcentajes ya explicados anteriormente en el escrito.

A continuación, mostramos el proceso.

#### Paso 1



**Figura 36-3:** Selección de la arena mediante tamiz.

Realizado por: Autores

Figura 16-3 Este paso se lo realizó luego de hacer la selección de la arena de sílice a la cual se seleccionó el tamaño del grano para tener la arena lo más homogénea posible utilizando un tamiz de elaboración artesanal.

Paso 2



**Figura 37-3:** Preparación de la arena

**Realizado por:** Autores

Figura 17-3 Esta muestra la mezcla de la arena para obtener el porcentaje de humedad exacto para la posterior mezcla de la arena con los aglutinantes.

**Humedad de la arena:** La humedad es una de las propiedades más importantes para la arena verde de moldeo. El agua afecta a cada una de las propiedades físicas de la arena de moldeo, resistencia a la compresión en verde, permeabilidad, expansión, dureza (Fundidores, 2010).

#### **Arena de Sílice: (SiO<sub>2</sub>)**

Su empleo es muy adecuado para la elaboración de moldes y machos usados para la fabricación de piezas fundidas. Una característica importante de esta arena, para su empleo es que sea lavada y presente características definidas. (Eusebio Dionicio Padilla, 2004)

En la tabla se detallan características de la arena de sílice son las siguientes:



**Tabla 2-3:** Características de arena de sílice.

Características de la arena de sílice	
Número de finura	A.F.S.: 52
Número de tamices	4 – rechazos 90,05%
Grano medio	0,32 mm en el 50% de cernidos
Pérdidas por calcinación	0,12%
Humedad	Variable no mayor a 8%

**Realizado por:** (Eusebio Dionicio Padilla, 2004)

**Prueba de humedad de arena:**

Según (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL, 2008), para realizar la prueba de humedad se toma una porción de arena en la mano y apretarla de tal manera que si la arena toma la forma deseada y no se deshace la forma, la humedad de la arena es la indicada (Ver Figura 18-3). Si esto no sucede se deben aplicar 100 ml de agua más a la mezcla, y realizar de nuevo la prueba.



**Figura 38-3:** Prueba de humedad.

**Realizado por:** (FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL, 2008)

Paso 3



**Figura 39-3:** Colocación del aglutinante

Realizado por: Autores

Figura 19-3 Se puede observar la colocación del aglutinante llamado silicato de sodio (Silicato- $\text{CO}_2$ ) en la arena.

Paso 4



**Figura 40-3:** Mezcla del aglutinante.

Realizado por: Autores

Figura 20-3 Se observa la mezcla de la arena con el aglutinante la cual se la realizó de forma manual.

## Paso 5



**Figura 41-3:** Tamizado de la arena con el aglutinante.

Realizado por: Autores

Figura 21-3 Este proceso fue necesario por motivo de que la mezcla fue manual y se presentaban grumos que para eliminarlos y darle homogeneidad a la arena se tuvo que tamizar.

### **3.8.1. Proceso de moldeo de galletas.**

El proceso de fabricación de un molde nace de la utilización de material refractario el cual formara la cavidad necesaria para verter el material fundido, teniendo en cuenta que esta cavidad debe mantener su forma hasta que el metal se solidifique.

El proceso inicia con un modelo el cual es una réplica de la pieza deseada, tomando en consideración que la réplica de la pieza será ligeramente más grande, ya que hay que tomar en cuenta las contracciones que tendrá el metal al pasar de estado líquido a solido (solidificación).

A continuación, se pondrá los pasos utilizados en el proceso:

## Paso 1



**Figura 42-3:** Colocación del desmoldante.

Realizado por: Autores

Figura 22-3 Nos muestra la aplicación del desmoldante en los machos, en este caso se utilizó talco que puede ser polvoreado o aplicado con brocha.

Paso 2



**Figura 43-3:** Llenado del molde.

**Realizado por:** Autores

La figura 23-3 Nos muestra el llenado parcial del molde y compactación de la arena mediante el apisonamiento, este paso se repetirá hasta el llenado total del molde.

Paso 3



**Figura 44-3:** Aplicación del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

**Realizado por:** Autores

Una vez que el molde este llenado completamente se procede a realizar cavidades por donde pueda circular el dióxido de carbono a inyectarse como se muestra en la Figura 24-3, esto provoca una reacción química la hará que nuestro molde obtenga una dureza superior.

#### Paso 4



**Figura 45-3:** Desmolde de la galleta.

**Realizado por:** Autores

En este paso nos tomaremos el tiempo necesario para que al momento de retirar el molde la galleta no sufra fracturas que puedan comprometer la utilidad de la misma. La figura 25-3 nos muestra la forma correcta de retirar el molde en esta galleta en específica.

#### Paso 5



**Figura 46-3:** Forma final de la galleta.

**Realizado por:** Autores

Figura 26-3 Se puede observar la finalización de las galletas lo cual posteriormente nos permitirá hacer una selección de las mejores galletas para la formación del molde final, las cuales al unirse formaran el molde de la pieza deseada.

## Paso 6



**Figura 47-3:** Agrupación de las galletas para formar el molde.

Realizado por: Autores

Una vez creada las galletas se arman los moldes con la cuales realizaremos la fundición y así obtener nuestro bloque motor para una motocicleta de 150 CC.

### 3.9. Proceso de fundición

En esta parte se utilizó un proceso metalúrgico que es ampliamente utilizado para el desarrollo y creación de un gran número de piezas realizadas por fundición en arena, ya sea piezas sencillas, así como también piezas de gran complejidad.

A continuación, mostraremos el proceso de fundición:

#### PASO 1:

Para esta fase se seleccionó tres cajas de moldeo hechas en madera que nos sirvió para posteriormente colocar la plantilla que servirá como encaje del molde, ya que por las dimensiones de la pieza y la facilidad de trabajo se optó por trabajar con tres cajas. Teniendo en cuenta que la caja inferior llevara la plantilla base del molde, la caja intermedia será una parte hueca en la cual se ubicaran las galletas o corazones y en la superior ira una tapa la cual sellara el molde, estas a la vez permiten alinear y ensamblar las cajas mediante guías y sus caras pueden desensamblarse sin destruir el molde.



PASO 2:



**Figura 48-3:** Plantilla para la colocación del molde.

**Realizado por:** Autores

Se puede observar en la figura 28-3, la colocación de la plantilla para posteriormente introducir la arena y proceder al apisonamiento para que esta se compacte de forma que puedan darle contextura al molde y además para que la plantilla pueda desmoldar fácilmente.

PASO 3:



**Figura 49-3:** Eliminación de la arena sobrante

**Realizado por:** Autores

La arena que sobrepase el borde de la caja de moldeo se la retirara mediante una espátula como se muestra en la figura 29-3.

PASO 4:



**Figura 50-3:** Colocación de las galletas.

Realizado por: Autores

Una vez desmoldada la plantilla, se procede a unir las galletas obtenidas anteriormente las cuales formaran el molde para posteriormente la fundición véase la figura 30-3.

PASO 5:



**Figura 51-3:** Compactación del molde, para formar un el bloque.

Realizado por: Autores

Se puede observar un 70% del molde final al cual se lo relleno de arena para lograr compactar completamente todas las galletas para que el momento de la fundición la colada no tenga cavidades por donde filtrar véase la figura 31-3.



PASO 6:



**Figura 52-3:** Eliminación de la humedad.

Realizado por: Autores

Mediante la utilización de un soplete, se procede a calentar el molde para así eliminar la presencia de humedad ya que, si la hubiera, al vaciar el metal fundido se puede producir defectos de fundición tales como: sopladuras, puntos de alfiler, corrimiento del molde, etc. Véase la figura 32-3.

PASO 7:



**Figura 53-3:** Alimentadores y rebosadores.

Realizado por: Autores

La figura 33-3 muestra el bebedero por donde va a ingresar el metal fundido, además tenemos dos cavidades las cuales harán las funciones de respiradores por los cuales saldrán los gases y para que las burbujas de oxígeno no queden atrapadas dentro del molde para evitar defectos de fundición y obtener un llenado completo.

**PASO 8:**

En este apartado hablaremos de la preparación del horno de crisol una vez preparado y listo para colocar los lingotes de aluminio para posteriormente hacer la aleación mediante la aportación de los metales aleantes como zinc, magnesio, cobre y manganeso, silicio y cromo, en las cantidades necesarias para obtener aluminio 7075.



**Figura 54-3:** vertido del lingote en el horno de crisol.

**Realizado por:** Autores

**PASO 9:**

En esta fase realizaremos algunos cálculos para el sistema de colado, para lo cual es necesario tomar en cuenta las propiedades del material, para nuestro caso el aluminio como se muestra en tabla 3-3.

**Tabla 3-3:** Propiedades del aluminio.

Densidad ( $\delta$ )	2710 kg/m <sup>3</sup>
Calor específico en estado sólido ( $C_s$ )	0.897 KJ/kg °C
Temperatura de fusión ( $T_m$ )	659 °C
Temperatura inicial del metal ( $T_0$ )	30 °C
Calor latente de fusión ( $H_f$ )	394 kJ/kg
Calor específico en estado líquido ( $C_l$ )	1.28 kJ/kg °C
Temperatura de sobrecalentamiento ( $T_p$ )	750 °C
Aceleración de la gravedad ( $g$ )	9.81 m/s <sup>2</sup>
Viscosidad dinámica ( $\mu$ )	1.235 x10 <sup>-3</sup> Pa. s

**Realizado por:** (KAUFAN J, y otros, 2004)

En la Tabla 4-3 se muestran los valores de volumen y área superficial del bloque, los cuales se utilizarán para cálculos posteriores.

**Tabla 4-3:** Datos del bloque motor, 150CC.

Volumen del bloque (V)	$4.06 \times 10^{-4} \text{ m}^3$
Área superficial total del bloque (AT)	$1.97 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

**Realizado por:** Autores

Haciendo uso de la Ecuación 1.1, se obtiene la energía necesaria para que el aluminio pueda cambiar de fase de estado sólido al líquido, para posteriormente ser vertido en un molde, por lo tanto, se tiene que:

$$H = \delta V [C_s(T_m - T_o) + H_f + C_l(T_p - T_m)]$$

$$H = 2710 * (4.06 * 10^{-4}) [0.897(659 - 30) + 394 + 1.28(750 - 659)]$$

$$H = 1182.44 \text{ KJ}$$

A continuación, se hará el análisis de vaciado del metal, con el fin de obtener la velocidad a la que vamos a verter el metal fundido en nuestro molde como se muestra en la figura 35.3.

Haciendo uso de Ecuación 1.2, se obtiene la velocidad de vaciado del metal, por lo tanto, se tiene que:

$$v = \sqrt{2gh}$$

$$V = \sqrt{(2)(9.81)(160 * 10^{-3})}$$

$$V = 1.77 \frac{m}{s}$$



**Figura 55-3:** Vertido del material.

**Realizado por:** Autores

Para obtener un flujo de régimen laminar se necesita un número de Reynolds  $Re=2000$ , por lo tanto, al ordenar las variables de la ecuación 1.5 para calcular el diámetro del bebedero se obtiene:

$$Re = \frac{\delta d v}{\mu}$$

$$d = \frac{(2000)(1.235 \times 10^{-3})}{(2710)(1.77)}$$

$$d = 0.5 \text{ mm}$$

Al ver que este diámetro constructivo no es viable utilizarlo, ya que podría generar problemas en la fundición de la pieza debido a una solidificación prematura ya que su diámetro es demasiado pequeño.

Como solución a este inconveniente se utilizó un diámetro **d= 15mm**, ya que se hizo pruebas experimentales, hasta llegar a obtener el diámetro óptimo para la fundición con el cual se puede evitar la solidificación prematura y posibles problemas de la pieza.

Por lo tanto se procede a calcular el número de Reynolds utilizando la ecuación 1.5, tomando en consideración que con la minimización cuidadosa de las perturbaciones externas es posible mantener el flujo laminar para números de Reynolds tan grandes como 50 000. (MOTT L, 2016)

$$Re = \frac{(2710)(1.5 \times 10^{-2})(1.77)}{1.235 \times 10^{-3}}$$

$$Re = 58260$$

Haciendo uso de la Ecuación 1.3, se procede a calcular el tiempo de llenado, el valor obtenido de área (A) en  $\text{mm}^2$  se transformará a  $\text{m}^2$ , como se muestra a continuación:

$$A = \frac{\pi x d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi x (15)^2}{4}$$

$$A = 176.7 \text{ mm}^2$$

$$Q = Av$$

$$Q = (1.767 \times 10^{-4})x(1.77)$$

$$Q = 3.128 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Por lo que, al dividir el volumen del bloque para el caudal, haciendo uso de la ecuación 1.4 se tendrá como resultado el tiempo de llenado, como se muestra a continuación:

$$t = \frac{4.06 \times 10^{-4}}{3.128 \times 10^{-4}}$$

$$t = 1.3 \text{ s}$$

#### PASO 10:

En esta etapa ya una vez cumplido los pasos anteriormente explicados, se procese a remover el molde de la arena, así se observará los primeros detalles de la fundición. Para lo cual se hará uso de herramientas manuales. Véase la figura 36-3.



**Figura 56-3:** Remoción del molde de arena.

Realizado por: Autores

#### PASO 11:

Una vez finalizado el paso anterior se procede a la siguiente etapa la cual será la extracción total de la arena, el cual consiste en la limpieza minuciosa de la pieza véase la figura 37-3, siendo esta necesaria para poder realizar la inspección visual y detectar posibles defectos de la fundición en arena como son: sopladuras, rechupe, agrietamiento del molde, lavado de arena, costras, penetración y desplazamiento del molde.



**Figura 57-3:** Limpieza e inspección.

**Realizado por:** Autores

#### PASO 12:

En esta fase se mecaniza la pieza para darle un acabado superficial fino, además en esta fase la pieza adoptara todas las medidas estándar de la pieza original, eliminando cualquier tipo de imperfecciones.



**Figura 58-3** Pieza mecanizada.

**Realizado por:** Autores

#### PASO 13:

Proceso de encamisado del bloque motor, 150CC: este procedimiento consiste en montar una nueva camisa en el cilindro. Con ello el motor adopta su cilindrada original. La nueva camisa es montada en el cilindro en prensas especiales, previa rectificación del cilindro.

Después de realizado el encamisado es necesario un rectificado, para posteriormente pulir el cilindro hasta la medida estándar. Con ello se consigue eliminar las posibles deformaciones que se hayan producido en la operación de montaje.



**Figura 59-3:** Encamisada del cilindro.

Realizado por: Autores

### 3.10. Pruebas y funcionamiento.

Después de la manufactura del bloque motor, se realizó un ensamble de las partes internas del bloque como lo son:

- La encamisada y colocación del pistón.



**Figura 60-3:** Encamisada y colocación del pistón

Realizado por: Autores



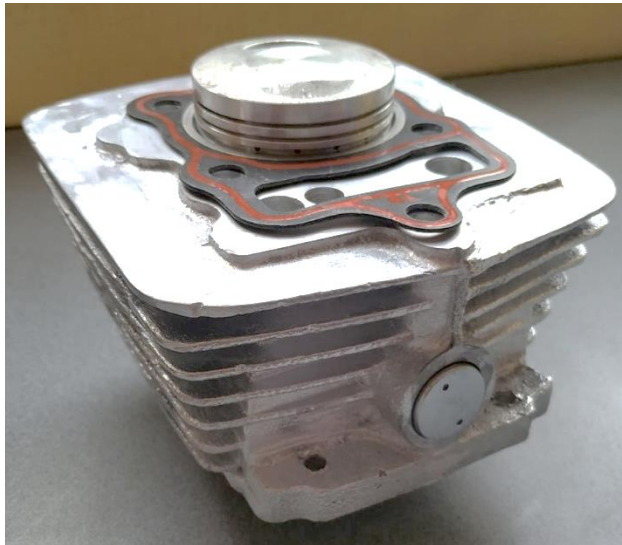
- Ensamble de la distribución mediante palillos.



**Figura 61-3:** Distribución de palillos

Realizado por: Autores

- Colocación de los empaques superior e inferior.



**Figura 62-3:** Colocación de empaques

Realizado por: Autores



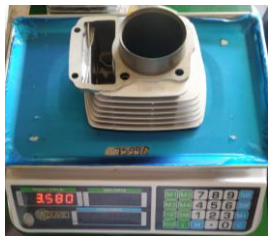

### 3.11. Análisis y resultados.





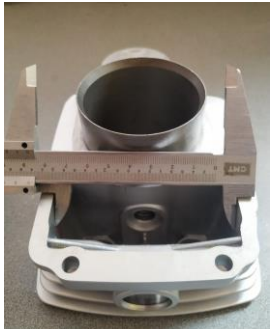
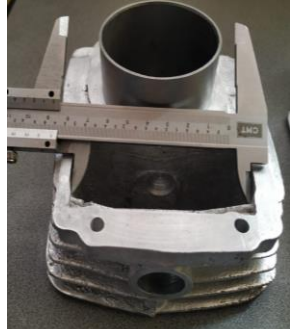



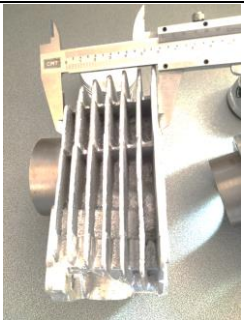
Mediante la utilización de la ingeniería inversa y un software CAD, fue posible obtener el diseño del bloque motor del cual partimos para posteriormente obtener el molde con el que se realizó el proceso de fundición.

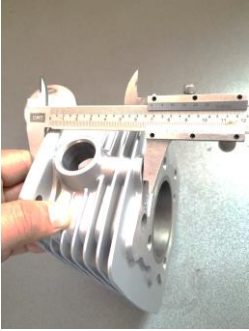

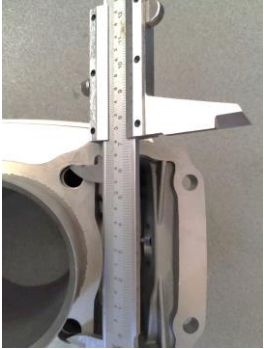

El proceso de fundición se lo realizó en tres ocasiones con lo cual se pudo obtener los resultados que se presentan a continuación:

Mediante la tabla 5-3 se observa algunos detalles técnicos de la selección del bloque motor.

**Tabla 5-3:** Tabla comparativa.

Comparativas del bloque motor de 150 CC			
Detalle	Bloque motor 1	Bloque motor 2	Bloque motor 3
Aleación de aluminio 7075	x	x	x
Diámetros de bebedero (mm)	10	13	15
Número de galletas	7	11	11
Defectos visibles de fundición	- Rechupe - Sopladura - Grietas	- Grietas - Costras	- Rechupe
Llenado incompleto (%)	15	8	1
Desplazamiento del molde	Si	Si	No
Mecanizado	No	No	Si
Comparativas de peso y medidas del bloque motor de 150CC			
Bloque motor original	Peso(lb)	Bloque motor manufacturado	Peso(lb)
	3.580		3.225
Bloque motor original	Espesor de la camisa(mm)	Bloque motor manufacturado	Espesor de la camisa(mm)

	4		2
Bloque motor original	Longitud(mm)	Bloque motor manufacturado	Longitud (mm)
	61.38		61.38
	88.54		88.54
	33.40		33.40
	63.00		63.00

	69.00		69.00
	74.60		74.60

**Realizado por:** Autores

Se hizo una comparativa de la tabla 5-3, de los tres bloques motores de acuerdo a sus características físicas y mecánicas de la pieza se seleccionó el bloque motor 3.

Además, se tomó dimensiones y el peso del bloque motor original y el manufacturado, y se obtuvo dimensiones idénticas al original, con la única variación que fue en el peso ya que la camisa del bloque motor original es más gruesa que la del bloque motor manufacturado como se muestra en la tabla 5-3, el cual aumenta de peso considerablemente.

Se puede concluir que con los datos obtenidos nuestro bloque motor manufacturado cumple con las especificaciones técnicas para que pueda ser funcional.

## CAPÍTULO IV

### 4. ESTUDIO DE COSTOS

#### 4.1.1. Costos directos

Los costos directos son los que están directamente relacionados con el diseño y manufactura del bloque motor para una motocicleta de 150CC, esto quiere decir los costos de los elementos que se utilizó.

En la tabla

**Tabla 1-4:** Detalle de costos

ITEM	TOTAL
Bloque motor 150cc marca Motor Uno	\$ 200
Diseño del bloque y galletas	\$ 400
Impresión 3D del bloque	\$ 100
Impresión de las galletas para el molde	\$ 100
Arena y resina	\$150
Bloque de aluminio	\$ 100
Fundición de la materia prima	\$ 200
Tanque de CO2	\$ 100
Elementos aleantes para la aleación de aluminio	\$ 100
Mecanizado	\$ 350
Encamisada del bloque	\$ 50
<b>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</b>	<b>\$ 1850</b>

Realizado por: Autores

#### 4.1.2. Costos indirectos

Los costos indirectos son los que no están relacionados directamente con el diseño y la manufactura del bloque motor, en la tabla se detallan los costos indirectos.

**Tabla 2-4:** Detalle de costos Indirectos.

<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
Impresiones y copias	\$ 80
Transporte y consultoría	\$ 100
Varios	\$ 200
<b>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>\$ 380</b>

Realizado por: Autores

#### Costo total

**Tabla 3-4:** Costo total

<b>ITEM</b>	<b>TOTAL</b>
COSTO DIRECTOS	\$ 1850
COSTO INDIRECTOS	\$ 380
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2230</b>

Realizado por: Autores

## CONCLUSIONES

- Mediante la utilización de software CAD, se diseñó y parametrizó un bloque motor partiendo del uso de ingeniería inversa utilizando datos como dimensionamiento, cilindraje, marca, modelo, logrando así llegar al diseño final.
- Se elaboró 11 partes de moldes machos en material PLA para la obtención del bloque motor mono-cilíndrico facilitando así el desmolde.
- Se obtuvo la aleación de aluminio 7075 con la cual se efectuó la fundición del bloque motor tomando en cuenta parámetros técnicos, por lo cual se le colocó un porcentaje de 2% de estaño puro para darle fluidez a la colada la cual no sirvió para que la aleación ingresara en toda la superficie de llenado dándole un acabado adecuado de la pieza.
- Se realizó el bloque motor aplicando un proceso de fundición mediante el cual se obtuvo el 70% del acabado para luego mecanizar los agujeros de ensamble y el encamisado del cilindro hasta llegar al 100% del acabado final.
- Es factible fabricar partes y piezas vitales del motor en el país, pero debido a que es un prototipo el costo es elevado, pero al producir en serie el valor disminuirá significativamente.

## RECOMENDACIONES

- Para realizar el diseño en software de una pieza de refacción es necesario tener medidas bien establecidas tomando en cuenta que el diseño del molde es ligeramente más grande que la real, al momento de hacer una aleación recordar las temperaturas de cada elemento aleante ya que es necesario para obtener una buena aleación final.
- Verificar que el molde no presente humedad, fisuras, y que las piezas estén bien ubicadas ya que si no se toma en cuenta estos factores se pueden presentar sopladuras, costras y grietas entre otros defectos de fundición.
- Controlar los parámetros de fundición para obtener el menor número de elementos fundidos y poder lograr un bloque motor de alta calidad superficial y estabilidad del material.
- Para obtener un mejor acabado superficial del bloque motor, se recomienda utilizar moldes permanentes en su fabricación estos moldes son más costosos, pero se obtienen mejores resultados.
- Se recomienda utilizar máquinas y herramientas que estén en buen estado para evitar imperfectos técnicos o de mediciones.
- Se recomienda a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo adquirir máquinas e instrumentales en el Laboratorio de Fundición y Metalurgia de la Facultad de Mecánica, que faciliten la realización de trabajos de pregrado y posgrado.

## BIBLIOGRAFÍA

**AEADE.** *AEADE*. [En línea] 01 de 2017. [Citado el: 20 de 02 de 2019.] [http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2017/01/Sector-en-cifras-4\\_enero-2017-1.pdf](http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2017/01/Sector-en-cifras-4_enero-2017-1.pdf).

**AMETEK.** *AMETEK*. [En línea] 05 de 05 de 2014. [Citado el: 18 de 09 de 2019.] <https://news.cision.com/ametek/r/creaform-launches-next-generation-of-go-scan-3d-portable-scanners,c9579440>.

**ARRIGHI, PIERRE-Antoine.** *aniwaa*. [En línea] 2016. [Citado el: 18 de 09 de 2019.] <https://www.aniwaa.com/blog/hands-on-test-and-review-of-the-creaform-goscan-50-portable-3d-scanner/>.

**BENQ.** *benq*. [En línea] 07 de 06 de 2017. [Citado el: 19 de 02 de 2019.] <https://blog.benq-latam.com/mx/monitores/como-funciona-modo-cad-cam>.

**BIKER, JOSE EL CURIOSO.** *TIPOS DE REFRIGERACION EN MOTOS*. [En línea] 06 de 01 de 2019. [Citado el: 07 de 05 de 2019.] [https://joseelcuriosobiker.blogspot.com/2019/01/4-tipos-de-refrigeracion-en-motos.html?m=1&fbclid=IwAR197xY7jLeZ3bc5y\\_TJCIVDr4gRqDsGmlbVxdXK531wFbAtW\\_rYl8a03gc](https://joseelcuriosobiker.blogspot.com/2019/01/4-tipos-de-refrigeracion-en-motos.html?m=1&fbclid=IwAR197xY7jLeZ3bc5y_TJCIVDr4gRqDsGmlbVxdXK531wFbAtW_rYl8a03gc).

**CROUSE H, William.** *Mecánica de la Motocicleta*. Barcelona : S.A. MARCOMBO, 1992. S/N.

**DAVIS, J.R.** *Metals Handbook*. s.l. : ASM International, 1998. 978-0-87170-654-6.

**DSPACE.** *DSPACE*. [En línea] 05 de 2016. [Citado el: 20 de 02 de 2019.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6014/1/T-UCE-0011-15.pdf>.

**PADILLA Eusebio, VEGA Víctor, TABUCHI Edgardo.** *INFLUENCIA DEL MOLDE Y EL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LAS PROPIEDADES DEL ALUMINIO*. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2004. 1561-0888 .

**FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL, LABORATORIO DE PRODUCCION. FUNDICIÓN, PROTOCOLO,CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA.** COLOMBIA : ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA, 2008.

**FERNANDEZ ,Javier.** *academia.edu. academia.edu*. [En línea] 02 de 2008. [Citado el: 02 de 10 de 2019.] [https://www.academia.edu/21596885/FUNDICION%20PROTOCOLO\\_CURSO\\_DE\\_PROCESOS\\_DE\\_MANUFACTURA\\_EDICION\\_2008-2\\_FACULTAD\\_INGENIERIA\\_INDUSTRIAL\\_LABORATORIO\\_DE\\_PRODUCCION](https://www.academia.edu/21596885/FUNDICION%20PROTOCOLO_CURSO_DE_PROCESOS_DE_MANUFACTURA_EDICION_2008-2_FACULTAD_INGENIERIA_INDUSTRIAL_LABORATORIO_DE_PRODUCCION).



**GAVILANES Jéssica, CHÁVEZ Héctor.** *Dspace*. [En línea] 25 de 05 de 2016. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5830>.

**GONZALEZ LOPEZ, Adrian.** SCRIBD. [En línea] 03 de 02 de 2013. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <https://es.scribd.com/document/123626829/Motor-de-combustion-interna-pdf>.

**GROOVER P, Mikell.** *Fundamentos de la manufactura moderna*. tercera. Mexico : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2007. S/N.

**KAUFAN J, Gilbert y ROOY L, Elwin.** *Aluminun Alloy Castings, Properties, Processes and Applications*. United States of America : ASM International, 2004.

**MOTT L, Robert.** *Mecánica de fluidos*. México : Pearson Educación, 2016. 970-26-0805-8.

**PORTILLA PAGUAY, JAVIER ADRIAN y TORRES ALMEIDA, MIGUEL RICARDO.** Diseño del proceso de fundición y desarrollo de una aleación para la manufactura de un bloque de motor de motocicleta. *Diseño del proceso de fundición y desarrollo de una aleación para la manufactura de un bloque de motor de motocicleta*. [En línea] 12 de 06 de 2017. [Citado el: 02 de 10 de 2019.] <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/38984>.

**PORTILLA TORREZ, Miguel Javier.** *dspace. dspace*. [En línea] 2017. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/38984/D-CD88516.pdf?sequence=-1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2O9db0PDa5FsBT9eIjikLFHKBKLIxkhujsupxUnxMfFhxXv2rQU2IVO-I>.

**MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD.** Ministerio de Industrias y Productividad. [En línea] 21 de Agosto de 2014. <https://www.industrias.gob.ec/bp-178-el-ministerio-de-industrias-y-la-aeemae-impulsan-mayor-integracion-de-componente-nacional-en-el-ensamblaje-de-motocicletas/>.

**REVISTALIDERES.** 12 ensambladoras de motos se asocian para tomar velocidad. *12 ensambladoras de motos se asocian para tomar velocidad*. [En línea] 2013. [Citado el: 03 de 10 de 2019.] <https://www.revistalideres.ec/lideres/12-ensambladoras-motos-asocian-velocidad.html?fbclid=IwAR2Za6OZeulee0Fsow41fMIZRoNMar9D2OYFggvyX8PnYtLyN9mJHp32J28>.

**RUIZ, Roberto.** *ABOUT ESPAÑOL*. [En línea] 02 de 11 de 2016. [Citado el: 07 de 05 de 2019.] <https://www.aboutespanol.com/tipos-de-motores-de-motos-2401160>.

**TECSUP.** SCRIBD. [En línea] 2017. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <https://es.scribd.com/document/351380390/Ciclo-de-Motores-2-y-4-Tiempos>.

**EL TELEGRAFO, EL TELEGRAFO.** [En línea] 03 de 06 de 2014. [Citado el: 20 de 02 de 2019.] <https://www.itelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/el-70-de-motos-que-se-venden-en-el-pais-se-ensambla-localmente>.

**TIXCE, Mario.** Motor y Racing. [En línea] 2018. [Citado el: 09 de 07 de 2019.] <https://www.motoryracing.com/motos/noticias/partes-piezas-fundamentales-del-motor-de-una-moto/>.

**Unicornio, Aluminios y Metales.** Aluminios y Metales Unicornio, S.A. *Aluminios y Metales Unicornio, S.A.* [En línea] 2019. [Citado el: 02 de 10 de 2019.] <http://www.aluminiosmetalesunicornio.com.mx/7075.html>.

**VILLEGAS MARTÍNEZ, Albert.** *MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA.* Sant Celoni : IES Baix Montseny, 2007.

# **ANEXOS**