



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE POLIETILENO PARA LA  
FABRICACIÓN DE HORMAS DE CALZADO UTILIZANDO MOTOR ELÉCTRICO Y  
VARIADOR DE VELOCIDAD**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Alberto Jesús Acevedo Toloza  
C.C 91529769

Jesús Darío Jaimes Pérez  
C.C 1096202205

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad De Ciencias Naturales E Ingenierías  
Ingeniería Electromecánica  
Barrancabermeja  
27-04-2021



**IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE POLIETILENO PARA LA  
FABRICACIÓN DE HORMAS DE CALZADO UTILIZANDO MOTOR ELÉCTRICO Y  
VARIADOR DE VELOCIDAD**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Alberto Jesús Acevedo Toloza  
C.C 91529769

Jesús Darío Jaimes Pérez  
C.C 1096202205

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Electromecánico**

**DIRECTOR**

Mg. Fredy Alberto Rojas Espinoza

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN – DIANOIA**

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

Facultad De Ciencias Naturales E Ingenierías  
Ingeniería Electromecánica  
Barrancabermeja  
27-04-2021

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

Firma del Evaluador

---

Firma del Director

## DEDICATORIA

A Dios primeramente le doy las gracias y a mis padres por ser el ejemplo y de los cuales aprendí aciertos y de momentos difíciles. A mi familia por su incondicional motivación de perseverancia y a todas aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Alberto Jesús Acevedo Toloza

A Dios por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente, por ayudarme a culminar este gran logro. A mis padres, no hay un día en el que no le agradezca a Dios por haberme colocado entre ustedes, la fortuna más grande es tenerlos conmigo y el tesoro más valioso son todos y cada uno de los valores que me inculcaron.

Jesús Darío Jaimes Pérez

## AGRADECIMIENTOS

Reconocemos indispensablemente a Dios por brindarnos esta oportunidad tan grande, y darnos la inteligencia necesaria para poder llegar a la final de la carrera y culminar un paso más en nuestras vidas.

A las Unidades Tecnológicas de Santander, a los docentes y asesores por todo el esfuerzo y dedicación en cada clase con sus asesorías y al aporte en conocimientos necesarios para que fuésemos profesionales.

Agradecemos a nuestro director y asesor de proyecto de grado al ING. Fredy Alberto Rojas Espinoza por su paciencia, perseverancia y dedicación, ya que, por su experiencia, fue una base fundamental para nuestro desarrollo como profesionales para este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b><u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. OBJETIVOS .....	15
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	15
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4. ESTADO DEL ARTE.....	16
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL .....</u></b>	<b><u>19</u></b>
2.1. MARCO CONCEPTUAL .....	19
2.2.1 MÁQUINA DE INYECCIÓN.....	19
2.2.2 VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN.....	19
2.2.3 SISTEMAS DE LA MÁQUINA DE INYECCIÓN.....	22
2.2.4 VARIADORES DE FRECUENCIA.....	26
2.2.5 POLIETILENO .....	27
<b><u>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</u></b>	<b><u>29</u></b>
3.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL .....	29
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
<b><u>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....</u></b>	<b><u>30</u></b>
4.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA INYECTORA... 30	
4.2 MODELO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN DE POLIETILENO..... 30	
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE LA MÁQUINA. .... 31	
4.4 PRUEBAS AL PROTOTIPO DE MÁQUINA INYECTORA. .... 31	
4.5 GESTIÓN DE UN ACUERDO DE COOPERACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE UNA CONSULTORÍA TÉCNICA CON UNA EMPRESA. .... 32	
<b><u>5. RESULTADOS .....</u></b>	<b><u>33</u></b>

<b>5.1 DATOS BÁSICOS DE LA MÁQUINA. ....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 PROTOTIPO DE MÁQUINA INYECTORA. ....</b>	<b>37</b>
<b>5.3 PRUEBAS Y ANÁLISIS. ....</b>	<b>38</b>
5.3.1 SISTEMA MECÁNICO. ....	38
5.3.2 SISTEMA ELECTRÓNICO. ....	39
5.3.3 VERIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO. ....	40
5.3.4 CORRECCIÓN DE ERRORES Y CALIBRACIÓN. ....	41
FUENTE. AUTORES .....	41
5.3.5 CAPACIDAD PLASTIFICADORA DEL PROTOTIPO. ....	41
<b><u>6. CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>43</u></b>
<b><u>7. RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>44</u></b>
<b><u>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>45</u></b>
<b><u>9. ANEXOS.....</u></b>	<b><u>47</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Máquina moldeo de inyección .....	19
<b>Figura 2.</b> Componentes de la máquina inyectora .....	23
<b>Figura 3.</b> Unidad de inyección .....	24
<b>Figura 4.</b> Molde .....	24
<b>Figura 5.</b> Unidad en cierre de rodillera sistema hidráulico .....	25
<b>Figura 6.</b> Unidad de control .....	26
<b>Figura 7.</b> Variador de frecuencia .....	26
<b>Figura 8.</b> Material polietileno de baja densidad .....	28
<b>Figura 9.</b> Material polietileno de alta densidad .....	28
<b>Figura 10.</b> Ubicación de la empresa HORMAS ACEVEDO .....	29
<b>Figura 11.</b> Proceso para pruebas al prototipo de máquina .....	31
<b>Figura 12.</b> Plano con vista superior, lateral y frontal .....	36
<b>Figura 13.</b> Montaje máquina inyectora .....	37
<b>Figura 14.</b> Verificación y calibración de temperatura .....	41
<b>Figura 15.</b> Molde y obtención del molde .....	42



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Revisión estado del arte de investigaciones relacionadas con el proceso de moldeo de inyección.....	16
<b>Tabla 2.</b> Características de las etapas de los variadores de frecuencia.....	27
<b>Tabla 3.</b> Parámetros para la elección de la máquina .....	33
<b>Tabla 4.</b> Parámetros generales de la máquina inyectora de plásticos .....	35

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto tiene como finalidad la implementación de una máquina inyectora de Polietileno de baja densidad (PEBD) para la Empresa HORMAS ACEVEDO, que busca fabricar y producir sus propios moldes. Esta investigación se basó en estudios, teorías, definiciones de diversos autores. Inicialmente, establecen o identifican los elementos mecánicos y eléctricos que se requieren en la implementación de la máquina inyectora, se procede al diseño del prototipo que se llevó a cabo por medio del software SOLIDWORK, que permitió el desarrollo de planos, obteniendo resultados de una máquina inyectora de plásticos tipo horizontal para polietileno de baja densidad.

Además, se establecieron los sensores utilizados en el prototipo, el tipo de controlador más adecuados para el proceso: manejar la temperatura y presión, estos actuadores tiene su respectiva etapa de potencia y se analiza en base a lo investigado en el campo de la utilización de Variadores de Velocidad y Electrico.

Por último, se realizaron las pruebas necesarias para el funcionamiento de la máquina, donde finalmente se realizó la validación y se obtuvo un equipo funcional y seguro, también se realizó una gestión de un acuerdo de cooperación para la ejecución de una consultoría técnica con una empresa.

**PALABRAS CLAVE.** Máquina inyectora, Polietileno, Sensores, Potencia, Variadores.

## ABSTRACT

This project aims to implement a low density polyethylene injector (PEBD) machine for the COMPANY HORMAS ACEVEDO, which seeks to manufacture and produce its own molds. This research was based on studies, theories, definitions of various authors. Initially, they establish or identify the mechanical and electrical elements that are required in the implementation of the injector machine, we proceed to the design of the prototype that was carried out through the SOLIDWORK software, which allowed the development of plans, obtaining results of a horizontal type plastic injector machine for low density polyethylene.

In addition, the sensors used in the prototype were established, the most suitable type of controller for the process: temperature and pressure management, these actuators have their respective power stage and are analyzed based on what is investigated in the field of the use of Speed and Electric Drives.

Finally, the necessary tests were carried out for the operation of the machine, where validation was finally carried out and a functional and safe team was obtained, a management of a cooperation agreement was also carried out for the execution of a technical consultancy with a company.

**KEYWORDS.** Injector Machine, Polyethylene, Sensors, Power, Drives.

## INTRODUCCIÓN

Hormas Acevedo, es una empresa cuya actividad se encuentra vinculada con la producción de hormas para calzado. Su manufactura abarca línea de producción con termoplásticos, usando como materia prima el Polietileno de Baja Densidad (PEBD). Sin embargo, con la implementación de una máquina de inyección tiene como finalidad fabricar y producir hormas mediante el proceso de inyección, además de garantizar la calidad de la pieza.

El proceso de inyección es uno de los más importantes en el sector del plástico, lo que ha aportado directamente en el proceso de producción, almacenamiento y distribución de productos, cuya forma, resistencia y confiabilidad ha hecho como parte fundamental en hogares a nivel mundial, gracias a la máquina denominada inyectora, “cuya función principal es el procesamiento de la materia prima con que se moldea el plástico y luego dar la forma del molde deseado” (Paucar, 2007).

El uso de variadores especialmente de frecuencia o también llamados variadores de velocidad son una necesidad en las máquinas inyectoras, ya que son métodos que permiten mejorar los procesos de productividad y eficiencia del proceso, manteniendo una calidad determinada para un producto, y se podrá racionalizar la potencia demandada.

Esta investigación permitirá realizar prácticas necesarias para aquellos estudiantes interesados en estudiar los procesos de inyección, lo que permite la apreciación de componentes de la máquina inyectora a partir proyectos de innovación tecnológicas, convirtiéndose en un avance mayor en la investigación en el campo de la ingeniería.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa **Hormas Acevedo** empresa Santandereana ubicada en la calle 30 # 13-51 barrio Centro de la ciudad de Bucaramanga, anteriormente enfocada la reparación de hormas, se vio en la necesidad de incursionar en la producción de hormas para la fabricación del calzado, con el afán de ampliar su actividad económica y así aprovechar los conocimientos obtenidos durante la etapa de reparación de hormas, para generar más recursos económicos, ya que el sector del calzado ha sido uno de los más afectados por la pandemia que se vive actualmente.

La implementación de la maquina inyectora de polietileno, responde a las necesidades actuales de la empresa **Hormas Acevedo** y a su vez, mejora el incremento de la capacidad productiva de la misma y debe realizarse de forma eventual, sin embargo la falta de recursos tecnológicos han generado que en la empresa, presenten falencias, falta de control en los procesos internos y en muchas ocasiones no se tiene el control de estas situaciones llevando a pérdidas económicas, disminución en la calidad de los productos y consumos energéticos, causando una baja productividad y posibles clientes insatisfechos para la empresa. Es así, como con la búsqueda de generar un rendimiento en el área de la manufactura, para mejorar la demanda actual en la empresa **Hormas Acevedo** Se genera la siguiente pregunta de investigación:

¿Es viable el diseño e implementación de una maquina inyectora de polietileno para mejorar la producción de hormas y la cantidad de pares inyectados en empresas de calzado?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Las máquinas de inyección son máquinas universales empleadas en la actualidad en la producción de piezas de plásticos. A través de los años y con el avance tecnológico, el 60% del proceso de transformación de polietileno se ha ido empleando por medio de máquinas de inyección, ya que permite obtener, de manera discontinua, partes y componentes de formas que se desea obtener, a partir del moldeo de plástico fundido y con la acción de altas presiones.

Con la implementación de nuestro proyecto, se busca generar un impacto ambiental ya que las máquinas de inyección permiten reutilizar materia prima como lo son envases plásticos, tapas de botellas, sillas plásticas, y demás derivados del polietileno, etc. Que ya cumplieron con su ciclo útil y convertirlo en nuevas piezas de producción, de esta manera se estará contribuyendo al mejoramiento del medio ambiente.

Este proyecto tiene como finalidad buscar una solución efectiva al problema de la empresa la cual no cuenta con un equipo propio y se ve en la obligación de contratar el servicio a terceros. De esta manera, es necesario la elaboración e implementación de una máquina inyectora de polietileno en donde se lleve a cabo la producción de hormas según la talla del calzado, esta máquina será la encargada de inyectar el polietileno procesado en los moldes diseñados para dar la forma y el tamaño que se requiera en el producto y a su vez, reducir el impacto económico, ambiental, retrasos en entregas y calidad.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar una máquina de inyección de polietileno para la fabricación de hormas de calzado utilizando motor eléctrico y variador de velocidad.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los requerimientos del sistema para la selección de componentes y desarrollo de cálculos necesarios para la implementación de la máquina inyectora aplicando ingeniería de detalle.
- Diseñar el modelo del sistema de inyección de polietileno teniendo en cuenta parámetros físicos y de potencia para la implementación de la máquina mediante la herramienta de software Solidworks.
- Implementar un prototipo de máquina de inyección de polietileno para fabricación de hormas de calzado utilizando sensores, actuadores, motor eléctrico y variador de velocidad.
- Realizar las pruebas al prototipo de máquina con el fin de evaluar la funcionalidad y desempeño mediante el análisis de los resultados.
- Gestionar un acuerdo de cooperación para la ejecución de una consultoría técnica con una empresa del sector industrial con el fin de proponer mejoras que aumenten su productividad, mediante una inspección del proceso basado en el desarrollo e implementación de un prototipo de fabricación de hormas de calzado.

## 1.4. ESTADO DEL ARTE

Se han desarrollados a nivel internacional y nacional tesis de grado sobre diseño, implementación y análisis de máquinas inyectoras con diferentes tipos de materiales (Ver tabla 1).

**Tabla 1.** Revisión estado del arte de investigaciones relacionadas con el proceso de moldeo de inyección

REFERENCIA	OBSERVACIONES
<b>Coy, S. (2018)</b>	Diseñar e implementar un sistema que complementará y optimizará su actual forma de trabajo, el cual se ha detectado una carencia en una empresa del sector del diseño y fabricación de moldes: no se emplean las nuevas tecnologías para ayudar al diseño de estos. Con este proyecto se ha ayudado a resolver el déficit gracias a la introducción de un programa CAE, Moldex3D. Se han realizado explicaciones exhaustivas sobre cómo utilizar esta plataforma y cómo interpretar sus resultados; además de proporcionar un guion orientativo acompañado de un caso práctico. Se ha obtenido un resultado satisfactorio tanto por parte de esta, como por parte del cliente.
<b>Agirre, C. &amp; Proaño, J. (2018)</b>	El proyecto consistió en el desarrollo de un sistema de automatización para una inyectora de plástico MIR 65, perteneciente a la Empresa Insoplastic con la finalidad de lograr que la inyectora antes mencionada sea controlada por un PLC pudiendo así añadir nuevos procesos de control dependiendo de la producción. Este proceso permitió obtener resultados al eliminar el excesivo cableado existente al utilizar contactores mecánicos y temporizadores para su funcionamiento y que al ser reemplazados por un PLC e interfaz HMI se facilitó la interacción entre el proceso y el operario al obtener una interfaz gráfica de fácil interpretación y acorde a las necesidades de cada producto en fabricación. La automatización de la MIR65 brindó ventajas y beneficios económicos y sociales debido a que se aseguró una mejor calidad del trabajo realizado por el operario en el nuevo sistema implementado.



- 
- Saavedra, O. (2014)** Elaborar un plan de mantenimiento para las maquinas inyectoras para el mejoramiento del proceso productivo en la producción de suelas PVC, dando resultados de ciertos factores que originan la baja confiabilidad en el proceso de producción que son el desconocimiento del funcionamiento de máquinas inyectoras y por no realizar un buen proceso de selección y capacitación del personal operativo en el departamento de Talento humano. La falta de control de calidad de pelet de materia prima que genera degradación del PVC en las maquinas inyectoras provocando descomposición del PVC quemándose y liberando el cloro que es altamente corrosivo y genera partículas abrasivas que dañan las partes móviles de las maquinas inyectoras, que genera un costo de repotenciación de 60000 dólares americanos por máquina.
- 
- Vallejo, M. (2010)** Mejoramiento mecánico y tecnológico en una maquinaria inyectora, debido a que, por el avance y el mejoramiento de la tecnología, muchas máquinas quedan en desuso. Concluyendo que para el control de los diferentes tiempos en que se realiza el proceso de inyección esta tomado en cuenta un PLC SIEMENS LOGO 230 RC, con el mismo y una correcta programación permitirá un eficiente desempeño de la maquina inyectora y el control de las temperaturas de fusión del material se la realiza por medio de un pirómetro de características FUJI-ELECTRIC PXV-4 que controla las resistencias del cañón de inyección, el control de las diferentes temperaturas ayuda a que el material al momento de ser inyectado, enfriado y expulsado, no presenten grietas o deformaciones en el producto final.
- 
- Nova, M & Peinado, W. (2019)** Se diseña y construye una máquina de inyección de materiales termoplásticos con disposición vertical para la inyección, el material seleccionado para su uso es el polipropileno y puede inyectar hasta 120 gramos de este material en molde con diversas formas y diseños. Se seleccionaron los parámetros de diseño, luego se utilizó herramientas de diseño asistido por computador y criterios de diseño de máquinas y
-

---

finalmente se realizó la validación, con lo que finalmente se obtuvo un equipo funcional y seguro.

---

**Quijano, C. & Salamanca, J. (2017)** Propone como solución el diseño de un sistema de inyección de doble boquilla, que duplique la producción (alimentando dos moldes simultáneamente) y pueda ser montado sobre las maquinas existentes, el cual presentó como mejor opción la selección e implementación para la boquilla de doble salida el diseño en “Y”, esto se debe a que cuando el material fluya a través de esta, es la alternativa en la que la geometría de la boquilla no afecta las propiedades del material inyectado, ni la presión ni la temperatura; es de fácil mantenimiento y barata de reemplazar, por lo que el producto final tendrá un alto grado de confiabilidad y ofreciendo a las empresas de fabricación de calzado un aumento en la producción, gracias a que el proceso de inyección se realiza en menor tiempo.

---

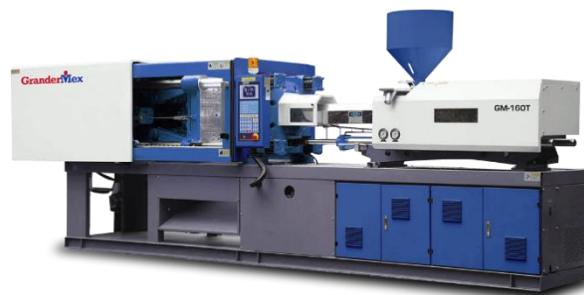
Nota: Tabla elaborada por autores a partir de referencias bibliográficas

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. Marco conceptual

**2.2.1 Máquina de inyección.** También llamado prensa de inyección, es una máquina para la fabricación de productos plásticos mediante el proceso de moldeo de inyección. Consiste en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde, donde luego se enfría hasta a una temperatura a las que las piezas puedan ser extraídas sin llegar a deformarse (Beltrán y Marcilla, 2012).

**Figura 1.** Máquina moldeo de inyección



**Fuente.** “Máquinas de inyección de plástico”, GranderMex (2020)

**2.2.2 Variables que intervienen en el proceso de inyección.** Existen diversas variables que afectan de forma directa o indirecta el proceso de inyección. Sin embargo, para simplificar, se puede hacer una clasificación de estas variables en 4 categorías: temperaturas, distancias, tiempos y presiones. Lamentablemente estas variables no son independientes, de modo que cada uno depende de los demás. A continuación, se describen las principales variables que afectan el proceso de adsorción:

- **Temperatura de inyección:** Es la temperatura a la que se calienta el material para introducirlo en el interior del molde (Beltrán y Marcilla, 2012). Esta variable es importante, ya que los materiales poliméricos requieren alcanzar cierto valor de temperatura, para obtener condiciones idóneas de viscosidad y fluidez para poder inyectarlo (Inyección de materiales plásticos II, 2011). Una vez introducido a la tolva, la temperatura del material empieza a aumentar gradualmente. Sin embargo, la temperatura del material no debe ser mayor a la temperatura que empieza a descomponerse, pero debe ser suficientemente elevada para permitir que el material tenga una mejor compactación.
- **Temperatura de molde:** Es la temperatura a la que se encuentra la superficie de la cavidad de moldeo (Beltrán y Marcilla, 2012). Esta variable es muy importante en el proceso de inyección, debido a que afecta la calidad de la pieza inyectada de forma directa. Cuando se usa una temperatura del molde muy alta, tiende a aumentar la contracción del producto por lo que se deformaría fácilmente después del desmoldeo. El objetivo del enfriamiento del molde es extraer calor de la cavidad, a fin de disminuir la temperatura hasta la solidificación del material plástico; de forma que este enfriamiento se produzca homogéneamente en toda la pieza (Inyección de materiales plásticos II, 2011). Cabe resaltar que la velocidad a la que se enfría el material es un factor importante puesto que va a determinar la forma del material.
- **Presión inicial o de llenado:** Es la presión que se aplica inicialmente al material fundido y que se desarrolla como consecuencia del movimiento (Beltrán y Marcilla, 2012). La presión de inyección durante la fase de llenado es consecuencia entre otras variables de viscosidad del material, recorrido de flujo, espesores, velocidad de inyección, etc. En una situación ideal la presión inicial

debe ser mayor posible para conseguir las velocidades programas y así obtener el tiempo de llenado deseado.

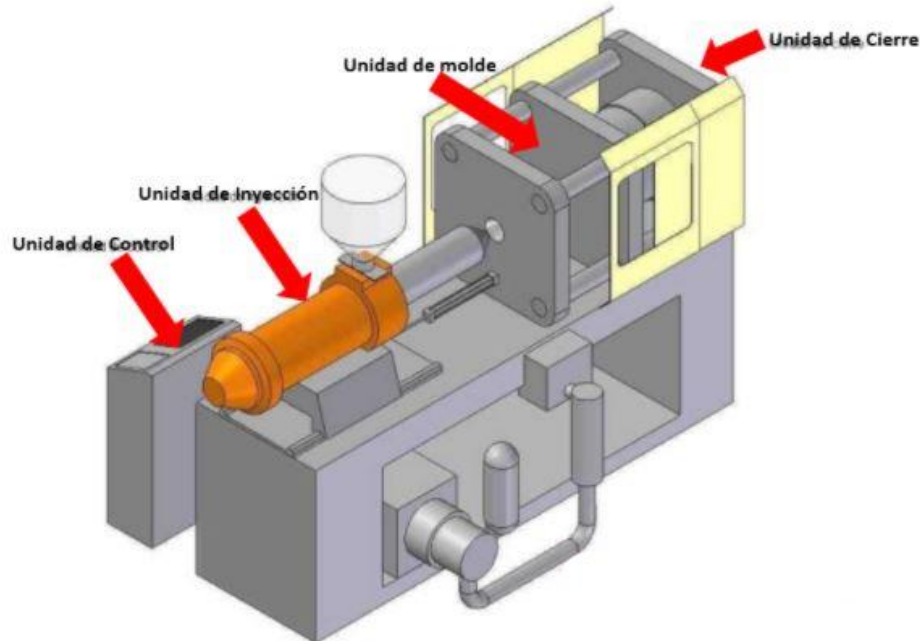
- **Presión de mantenimiento o compactación (holding pressure):** Es la presión que se aplica al final de la inyección del material, cuando algunas partes de este han comenzado a enfriarse y contraerse. Si la presión de mantenimiento resulta ser excesivamente alta puede producirse una sobrecompactación de la pieza, lo que implicaría un aumento de las tensiones residuales, además de una posible disminución de las propiedades mecánicas y aparición de deformaciones en la pieza o alabeos (Inyección de materiales plásticos II, 2011).
- **Presión posterior o de retroceso (back pressure):** Es la presión que se ejerce al tornillo mientras retrocede, una vez finalizada en la fase de carga. La compresión sobre el material aumenta, lo que incrementa la temperatura del fundido (Daya, s.f). Sin embargo, no se permite que el tornillo retroceda libremente, se aplica una cierta presión de entre 5 y 10 MPa, ya que si son valores muy bajos se pueden tener piezas inconsistentes y con poca homogenización del material.
- **Tiempo de inyección inicial:** Es el tiempo necesario para que el tornillo realice el recorrido hacia adelante, forzando a que el material entre al molde. Esta variable se relaciona con la velocidad de inyección de manera inversa. Así, tiempos de inyección pequeños implican velocidades muy elevadas (Inyección de materiales plásticos II, 2011). A medida que se inyecta el material a una velocidad menor, el plástico se va solidificando, aumenta la viscosidad y disminuye la sección de paso.
- **Tiempo de mantenimiento o compactación:** Es el tiempo que después de realizar la inyección inicial del material, el tornillo permanece en posición

avanzada, para mantener la presión del material dentro del molde (Beltrán y Marcilla, 2012). El tiempo de mantenimiento dependerá directamente de la temperatura de inyección y de la temperatura del molde. Cuando la temperatura del material fundido sea elevada, la entrada del molde permanecerá abierta por más tiempo y deberá aumentar el tiempo de mantenimiento, mientras si la temperatura de la pared del molde es alta, la pieza enfriará más lentamente y también será necesario un tiempo de mantenimiento superior (Molina, 2009).

- **Tiempo de enfriamiento:** Es una de las variables más importante de este proceso para obtener una pieza de buena calidad. Cuando el material se solidifica en la pared del molde comienza la fase de inyección. Un aspecto decisivo para la economía de un proceso de inyección es el número de piezas producidas por unidad de tiempo, que depende en gran medida del tiempo de enfriamiento y éste, a su vez, varía proporcionalmente en relación con el cuadrado del espesor de la pared de la pieza (Molina, 2009).

**2.2.3 Sistemas de la máquina de inyección.** La máquina de inyección consta de 4 unidades principales: Unidad de inyección, molde, cierre y control, son las más importantes en el proceso de moldeado por inyección de plástico todas y cada una de las partes cumplen su función específica.

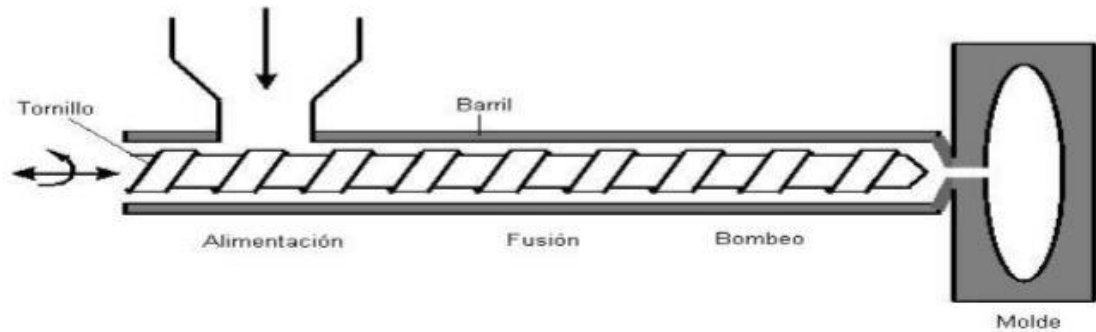
**Figura 2.** Componentes de la máquina inyectora



**Fuente.** "Partes de una Inyectora de Plástico" Jorge Pérez, (2019)

- **Unidad de Inyección:** Este sistema es el encargado de recibir la materia prima a temperatura ambiente (Cadena y Meza, 2006). Su función principal es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero y consta de un sistema de alimentación (tolva) y cubierta del tornillo de inyección; el material entra por la tolva a la zona de alimentación del tornillo y por efecto de la rotación de este, el material es transportado hacia la zona de fusión donde se plastifica.

**Figura 3.** Unidad de inyección



**Fuente.** “Unidad de inyección”, Jorge Pérez, (2019)

- **Unidad de molde:** Este sistema consiste en recibir el material inyectado a presión, permitir la rápida evacuación del calor para que solidifique y disponer de algún sistema para poder extraer la pieza de la cavidad (Latinstock, 2020). El molde es uno de los elementos clave en la producción de una pieza plástica mediante el moldeo por inyección y consiste en de dos mitades que se fijan respectivamente a las placas de sujeción de la unidad de cierre (la mitad móvil) y de la unidad de inyección (la mitad fija).

**Figura 4.** Molde

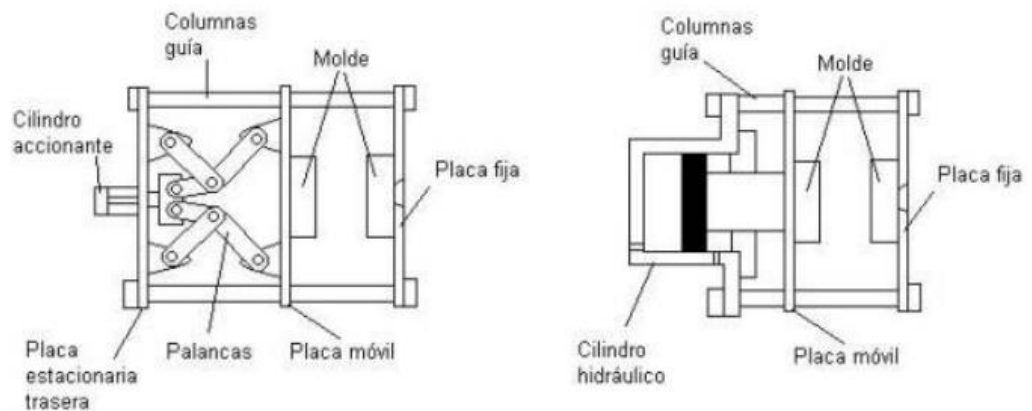


**Fuente.** “Moldes” Latinstock (2020)



- **Unidad de cierre:** Es la encargada de la apertura y cierre del molde. Un parámetro fundamental para dimensionar una unidad de cierre es su fuerza para mantener el molde cerrado y otras importante son la distancia mínima entre placas, la distancia máxima de apertura, las dimensiones de las placas y la distancia entre columnas (Pérez, 2019). Este sistema se clasifica en cierre por sistema hidráulico y rodillera.

**Figura 5.** Unidad en cierre de rodillera sistema hidráulico



**Fuente.** “Máquina de inyección Unidad de cierre” Pérez (2019)

- **Unidad de control:** Este sistema contiene un controlador lógico programable (PLC) que permite programar secuencia del ciclo de inyección y están los controladores (PID) para resistencias eléctricas de barril y boquilla (Pérez, 2019). Son adecuados para el monitorea variables como: temperatura en las diferentes etapas, presiones y tiempos, así como posiciones (como la apertura o cierre del molde).

**Figura 6.** Unidad de control



**Fuente.** “Plástico”, Interempresas (2010)

**2.2.4 variadores de frecuencia.** También denominado variador de velocidad, son equipos utilizados en sistemas de accionamiento electromecánicos para controlar la velocidad que alcanza un motor en su acción de giro (CLR, 2016). Los variadores de velocidad pueden ser: eléctricos, hidráulicos, mecánicos o incluso electrónicos.

**Figura 7.** Variador de frecuencia



**Fuente.** “Variador de frecuencia”, zuendo (2015)

Los variadores de frecuencia se emplean en gran escala de aplicaciones domésticas e industriales tales como cintas transportadoras, bombas y ventiladores centrífugos para controlar el caudal, bombas de desplazamiento positivo, ascensores y elevadores, extrusoras, prensas mecánicas, entre otras.

**Tabla 2.** Características de las etapas de los variadores de frecuencia

ETAPAS	FUNCIÓN
<b>Etapa Rectificadora</b>	Convertir el voltaje alterno en continuo
<b>Etapa Intermedia</b>	Reduce el número de armónicos
<b>Etapa Inversora</b>	Convierte el voltaje continuo en alterno variando la tensión y frecuencia mediante la generación de pulsos realiza un control PWM
<b>Etapa de Control</b>	Es controlada por IGBT's para generar los pulsos variables

Nota: Tabla elaborada por autores a partir de referencia bibliográfica

**2.2.5 Polietileno.** Es un polímero económico, más común y usado a nivel mundial para la fabricación de envases, bolsas, tuberías, cables, entre otros. El polietileno tiene una densidad variable, por lo tanto, se pueden encontrar dos tipos de polietileno:

- **Polietileno de baja densidad (PEBD):** ofrece grados de alto rendimiento para todas las tecnologías de extrusión e inyección y es apto para los estándares de alimentación y farmacéuticos (Resinex, 2020).

**Figura 8.** Material polietileno de baja densidad



**Fuente.** “Polietileno de baja densidad” Resinex (2020)

- **Polietileno de alta densidad (PEAD):** Los grados de HDPE están disponibles con estabilización UV y certificación para cumplir con los estándares UN de contenedores químicos de moldeo por soplado (Resinex, 2020).

**Figura 9.** Material polietileno de alta densidad



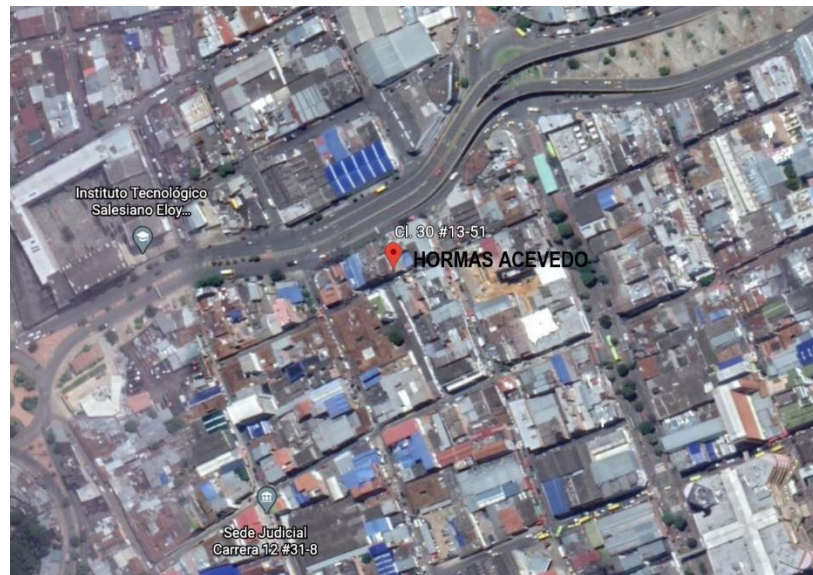
**Fuente.** “Polietileno de alta densidad” Resinex (2020)

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

#### 3.2 Delimitación espacial

El desarrollo y construcción del proyecto se realizó en la empresa HORMAS ACEVEDO ubicada en la ciudad de Bucaramanga en la calle 30 # 13 – 51 barrio centro.

**Figura 10.** Ubicación de la empresa HORMAS ACEVEDO



**Fuente.** "Google Earth" (2020)

#### 3.3 Tipo de investigación

La investigación es de tipo descriptiva. Se considera descriptiva ya que, permite predecir de una manera exacta el funcionamiento de la máquina inyectora.

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

**4.1 Selección de componentes para la implementación de la máquina inyectora.** Para mejorar la capacidad de producción de inyección de polietileno de baja densidad para la fabricación de hormas en la empresa HORMAS ACEVEDO, se implementó una nueva máquina inyectora de polietileno de baja densidad.

La estructura de la máquina inyectora debe ser capaz de soportar los esfuerzos producidos por el peso muerto de la máquina y el de la propia estructura y las cargas dinámicas producidas por el funcionamiento (Cadena y Meza, 2007). Además, para las características de la pieza y necesidades de la máquina de inyección, hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

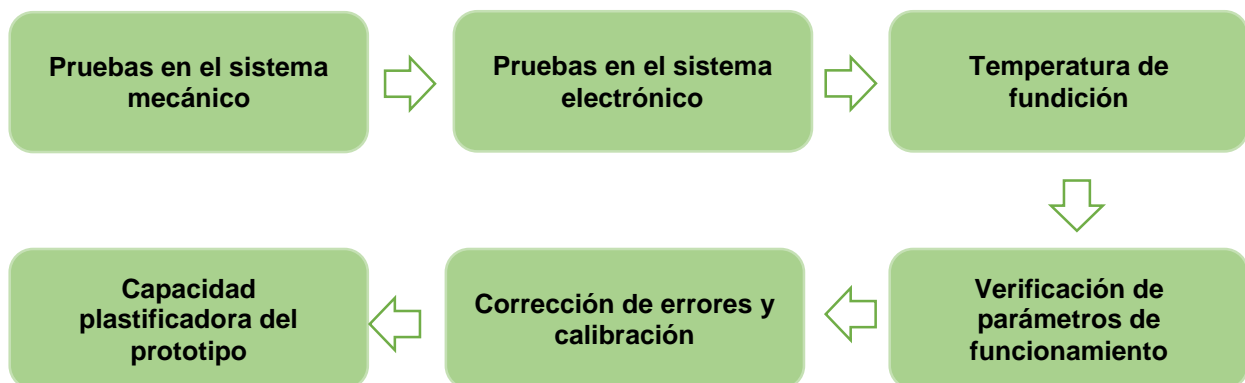
- Fuerza de cierre.
- Gramaje de inyección.
- Presión de inyección.
- Velocidad de inyección.
- Distancia entre barras.
- Carrera de apertura.
- Tamaño mínimo y máximo del molde.

**4.2 Modelo del sistema de inyección de polietileno.** Se definen los parámetros o valores que tomarán las variables críticas del proceso para empezar la producción, estos son las temperaturas de fundición en la zona de calentamiento, presión de inyección, presión de empaquetamiento, fuerza de cierre, peso de inyección y tiempo de enfriamiento, estos parámetros tienen un efecto directo en la calidad del producto. Sin embargo, Según Duque, s.f: “hay que tener en cuenta ciertos variables como carrera de inyección, velocidad de inyección, tiempo de inyección, presión de sostenimiento de inyección, velocidad del husillo y tiempo del ciclo”.

**4.3 Implementación de un prototipo de la máquina.** Se procede a la implementación de un prototipo de la máquina mediante elementos eléctricos que intervienen en la producción de temperatura, movimiento y análisis de presión. Los sensores, el acondicionamiento, forma de instalación, el tipo de control y el tipo de controlador más adecuados para el proceso y necesarios para manejar la temperatura, presión y sentido de giro del motor, estos actuadores tienen su respectiva etapa de potencia (Paucar, 2007), utilizados en el prototipo. Además, el empleo de un variador de frecuencia para disminuir la velocidad angular del motor.

**4.4 Pruebas al prototipo de máquina inyectora.** Una vez implementado el prototipo de máquina inyectora para la fabricación de hormas, se llevó a cabo algunas pruebas de acuerdo con el procedimiento para moldeo de inyección propuesto por Paucar, 2007:

**Figura 11.** Proceso para pruebas al prototipo de máquina



**Fuente.** Autores

Esto permitió verificar que el diseño desarrollado fue el correcto y que los componentes seleccionados satisfacen los parámetros establecidos. Obteniendo



una serie de resultados que sirven como soporte para demostrar que todos lo sistema diseñados para el molde son los adecuados.

Se realizó esta prueba con el fin de establecer tiempos de calentamiento y rangos de temperatura en las resistencias eléctricas para lograr resultados favorables al momento de inyectar (Nova & Peinado, 2019).

**4.5 Gestión de un acuerdo de cooperación para la ejecución de una consultoría técnica con una empresa.** Se realizó con el fin de brindarle a la empresa un conocimiento más a fondo de cómo puede mejorar y hacer uso de los recursos de forma más efectiva y así tener mejor rendimiento en su producción, maximizar las posibilidades de éxito y elevar los niveles de competitividad.



## 5. RESULTADOS

A continuación, se definen los resultados de los elementos propuestos en este proyecto de la máquina inyección de polietileno de baja densidad.

**5.1 Datos básicos de la máquina.** La elección de la máquina se realizó utilizando los parámetros y datos obtenidos de la simulación del proceso de inyección (Baeza, 2014), se presentan algunas especificaciones técnicas importantes a tener en cuenta para la elección de la máquina inyectora.

**Tabla 3.** Parámetros para la elección de la máquina

FUERZA DE CIERRE	KN	500
GRAMAJE DE INYECCIÓN	gramos	20000
PRESIÓN DE INYECCIÓN	Mpa	38.6
VELOCIDAD DE INYECCIÓN	mm/s	330
DISTANCIA ENTRE BARRAS	mm	510 x 510
TIPO DEL MOLDE	-	Aluminio AW 7022

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de referencia bibliográfica Baeza, 2014

De acuerdo con comparación con otras máquinas en estudios realizados, el peso estimado de la unidad estructural es de unos 400 kg, carga que fue analizada en el software, al ser multiplicada por el factor de seguridad de entre 1 y 2 (donde se puede saber la medida de seguridad relativa, con la cual se diseñó la estructura y que esta no va a fallar mientras esté en funcionamiento) (Quijano & Salamanca, 2017).

Según Nova & Peinado, 2019. Para la construcción de la estructura de plastificación son: El torpedo de inyección, el cilindro de plastificación, la tolva de alimentación y la boquilla de inyección.

En términos generales, el cilindro de plastificación se introduce por el orificio de la placa superior y se sitúa a la altura que se muestra en el plano de construcción y se une de forma circundante (soldadura) en la parte inferior en donde hacen contacto ambos elementos. Además, la boquilla de inyección se rosca, uniéndose en la parte inferior cónica del cilindro de plastificación. Por último, el torpedo se introduce en el acople del cilindro hidráulico, siendo esta la zona del torpedo de menor diámetro en la cavidad de iguales dimensiones del acople.

Para el tipo de molde con el que se pretende elaborar la horma depende de varios factores como son las exigencias que se le piden a la pieza, el tiempo de ciclo, el número de piezas que se quiere fabricar con el molde, los costes de fabricación del molde y el tiempo de ciclo. Además, dependerá el tipo de material a utilizar que es el Polietileno de baja densidad (PEBD).

De acuerdo con Quijano & Salamanca, 2017. El material más adecuado para la fabricación de moldes es el Aluminio AW 7022 (ver Anexo A), debido a que presenta conductividad térmica y resistencia a la corrosión, también una temperatura media y obtener una media resistencia al desgaste, con una alta resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica y una alta maquinabilidad. También teniendo cuenta otro factor determinante para la selección es su baja densidad en comparación, ya que la masa del molde en aluminio sea menor y se facilite el montaje y desmontaje de este a la máquina.

En la siguiente tabla se muestran los parámetros y características definidos para la máquina de inyección de polietileno de baja densidad de tipo horizontal.

**Tabla 4.** Parámetros generales de la máquina inyectora de plásticos

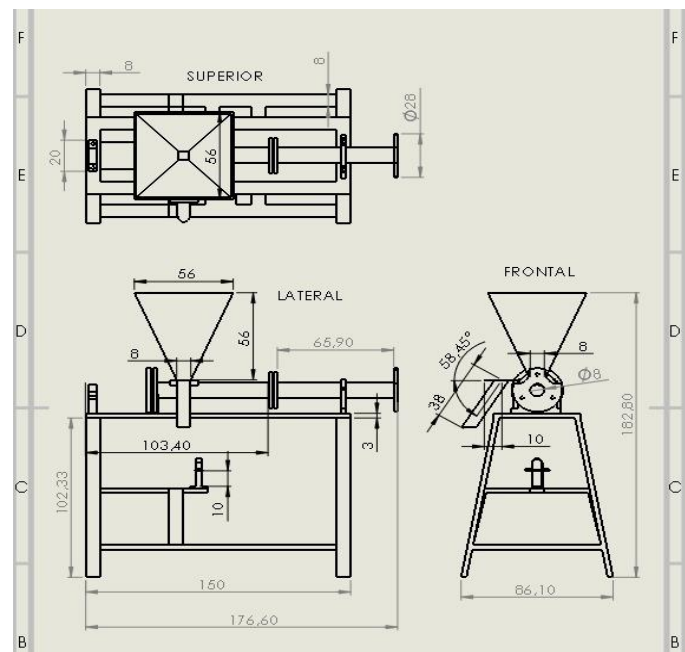
PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN	CRITERIOS
<b>Presión de inyección máxima teórica</b>	38.6 Mpa	Recomendación de la literatura
<b>Cantidad de masa inyectada máxima</b>	20000 g	Diseñadores
<b>Diámetro del torpedo de inyección</b>	100 mm	Diseñadores, diámetro comercial y cantidad de material a inyectar
<b>Volumen de inyección calculado</b>	24175.8 cm <sup>3</sup>	Cantidad máxima de material a inyectar
<b>Sistema de inyección</b>	Cilindro – Tornillo sin fin	Diseñadores, recomendación de la literatura
<b>Fuente de potencia</b>	Motor eléctrico de 15	Diseñadores, disponibilidad del equipo
<b>Tipo de alimentación</b>	Manual	Recomendación de la literatura
<b>Disposición de inyección</b>	Horizontal	Recomendación de la literatura, llenado efectivo del molde
<b>Unidad de fundición</b>	Resistencias cerámicas cilíndricas de 800 – 1000 - 1500	Recomendación de la literatura, sugerencia de expertos
<b>Dispositivo de control de temperatura</b>	PID	Diseñadores, recomendación de la literatura
<b>Dispositivo de medición de temperatura</b>	Pirómetros digitales	Diseñadores, sugerencia de expertos

<b>Dimensiones generales de la máquina</b>	177 cm x 87 cm x 183 cm	Medidas del equipo de troquelado, cantidad máxima de material a inyectar
<b>Dimensiones máximas para el molde de inyección</b>	39 cm x 24 cm x 21 cm	Diseñadores, máxima cantidad de material a inyectar

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de referencia bibliográfica Quijano & Salamanca (2017).

Esta máquina con sus dimensiones descritas en el plano (ver Figura 12), es de tipo tornillo sin fin y se encuentra comprendido por un sistema de manual tipo tolva por donde se recibe y transporta el material granulado (polietileno), una cámara de calefacción que permite calentar de forma uniforme el material granulado, un sistema hidráulico que impulsa y un sistema de control en donde se monitorea y controla la temperatura.

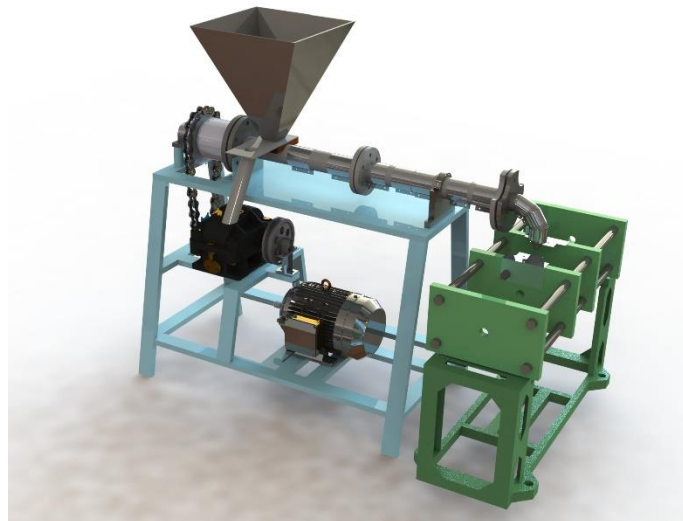
**Figura 12.** Plano con vista superior, lateral y frontal



**Fuente.** Autores

**5.2 Prototipo de máquina inyectora.** A partir de los datos obtenidos, mediante la utilización del software solid Works 3D CAD y autoCAD, se realizó los planos de construcción de la máquina inyectora de polietileno, se elaboró los planos con tres vistas (ver Anexo B): superior, lateral y frontal y la vista isométrica de la máquina completa (unidad de cierre, unidad de inyección y estructura), lo que proporcionará vistas en detalle de los diferentes ensambles para facilitar de alguna forma su análisis y comprensión.

**Figura 13.** Montaje máquina inyectora



**Fuente.** "SolidWorks", Autores

A la hora de seleccionar un variador se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

**Características de motor.**

- Potencia nominal: 15 HP
- Voltaje: 220 V
- Corriente nominal: 40 A
- Factor de potencia: 0.8
- Velocidad del motor: 1750 RPM

- Frecuencia: 60 HZ

**Par constante:** se requiere que en el arranque se produzca un pico de fuerza para vencer la aceleración, y que después el par o fuerza de giro permanezca constante independientemente de la velocidad a la que trabaje; para este proceso de inyección se requiere de una presión constante durante todo el proceso, para que no se genere porosidad en la horma y posibles afectaciones al tornillo.

**Par en el arranque:** El variador debe ser capaz de proporcionar en el arranque un par como mínimo un 50 % mayor al par nominal.

**Frenado regenerativo:** La resistencia de frenado debe permitir que el variador de frecuencia produzca un par de frenado adicional al reducir el voltaje generado por un motor de desaceleración, para evitar desprendimiento o descontrol de la carga.

**Condiciones ambientales:** El variador se debe ubicar en condiciones libres de humedad y contaminación, a temperatura ambiente y ventilación adecuada.

Para este caso, se tiene un motor de 15 HP/ 11,2 kW con una corriente aproximada de 40 A, se debe considerar un variador de a lo menos la misma corriente para par constante. En forma general, deberá ser un variador de 15 kW.

**5.3 Pruebas y análisis.** Luego del ensamble y montaje de la máquina se procedió al funcionamiento y comprobar sus diferentes sistemas.

#### **5.3.1 Sistema mecánico.**

1. Precalentar el tornillo a través de las resistencias a 90 minutos en 150 °C, 160 °C Y 170 °C.
  - Tornillo sin fin de con diámetro de 7,9 cm y un paso de 7 cm: el tornillo se calienta a una temperatura máxima de 190 °C.
  - Cilindro o camisa: el material del cilindro soporta altas temperaturas.

2. Mantener la velocidad e incluir carga. Pasado el tiempo de 120 minutos se incluye la carga
  - Tornillo sin fin y cilindro: Entre el tornillo y el cilindro no hay ruido irregular, lo que da pauta para establecer que el espacio existente es regular, el tornillo no choca el cilindro.
  - Caja de cambios: Este dispositivo trabaja normalmente.
  - Estructura soporte: No presenta alteración alguna, la placa soldada a la estructura y empernado a la caja de cambios, funcionando en excelentes condiciones.
  - Rodamientos y cadena: Tienen un comportamiento normal.
  - Catalinas: Sin generación de alteraciones en el movimiento.

**5.3.2 Sistema electrónico.** Para la comprobación de este sistema, se efectuó las mismas acciones presentados en el sistema mecánico.

1. Precalentar el tornillo a través de las resistencias a 90 minutos en 150 °C, 160 °C y 170 °C.
  - Termocuplas: Estos transductores captan sin ninguna anomalía, se inspecciona la temperatura con una termocupla externa.
  - Resistencias: Las resistencias funcionan normalmente y a medida que pasa el tiempo, estas se calientan más.
  - Controles digitales de temperatura (pirómetros): Los pirómetros trabajan sin ninguna irregularidad, se refleja claramente la temperatura que miden las termocuplas.
  - Contactores (controles): Estos funcionan perfectamente, cuando la temperatura supera lo establecido, los controles de temperatura se apagan o cuando se encienden, se bajan de lo señalado con el indicador manual.

**2. Mantener la velocidad e incluir carga.** Pasado el tiempo de 120 minutos se incluye la carga.

- Variador de velocidad o frecuencias: Mediante una perilla el variador se dispone la velocidad a la que trabajará y se mantiene constante mientras se requiera sin ningún imprevisto.
- Caja de cambios: Este continúa trabajando normalmente.
- Termocuplas: Estos transductores captan sin ninguna anomalía, se inspecciona la temperatura con una termocupla externa.
- Resistencias: Funcionan normalmente a la temperatura esperada y funden el material.
- Controles digitales de temperatura (pirómetros): Los controles funcionan normalmente, la temperatura baja o sube según requerimientos visuales en el material.
- Contactores: Los contactores mantienen la temperatura y esta es indicada por medio de controles de temperatura, encendiendo o apagando el paso de corriente según corresponda.

**5.3.3 Verificación de parámetros de funcionamiento.** Para un buen funcionamiento de la máquina, se procedió a verificar importantes parámetros en el proceso de inyección, las temperaturas a las que se trabajó en la máquina fueron de 150 °C, 160 °C, 170 °C y 190 °C, teniendo un buen funcionamiento sin falla alguna, además los contactores, pirómetros y controles digitales han trabajado de la forma esperada. Se comprobó que a pesar de las altas temperaturas no se degrada el material del molde ya que es en acero inoxidable.



**5.3.4 Corrección de errores y calibración.** Temperatura, se calibró el ajuste térmico mediante los pirómetros para obtener un producto sin porosidad.

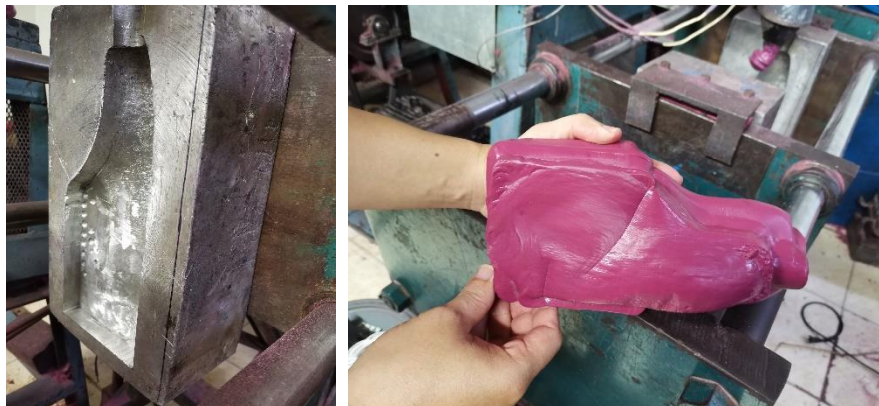
**Figura 14.** Verificación y calibración de temperatura



**Fuente.** Autores

**5.3.5 Capacidad plastificadora del prototipo.** Una vez finalizado el montaje del prototipo y las pruebas de funcionamiento terminadas, se procede a seleccionar el material del molde (ver Anexo A). La mayor temperatura de procesamiento para obtener piezas idóneas en este equipo es de 190 °C. En la figura 15, se observa el material aglutinado que se obtuvo luego del proceso.

**Figura 15.** Molde y obtención del molde



**Fuente.** Autores

**5.4 Acuerdo de cooperación.** Se elaboró el documento (ver Anexo C) con el objetivo de proporcionar saber práctico a las empresas con potencial de crecimiento y vocación. También para fines educativos, terminar la etapa educativa con éxito y acceder al diploma de graduación de carrera de Ingeniería.

## 6. CONCLUSIONES

- Por medio del arduo trabajo realizado y la dedicación de los estudiantes y del docente, se implementó una máquina de inyección de material plástico del tornillo sin fin con disposición horizontal para la inyección, el material seleccionado para su uso es el polietileno de baja densidad (PEBD) y Con la utilización del software de SOLIDWORKS se realizó rectificaciones en el diseño conceptual de la máquina, obteniendo un producto tangible.
- Se realiza las pruebas pertinentes a los componentes eléctricos de la maquina inyectora, verificando conexiones y evitar alguna mala conexión que pueda ocasionar fallas.
- El variador de velocidad y el motor eléctrico presentan excelente capacidad para realizar un control digital de cualquier tipo de procesos, obteniendo un mejor control de los parámetros que influye en los procesos como son la temperatura y la presión de inyección.
- En la gestión de cooperación con la empresa Hormas Acevedo, se permite a los estudiantes, profesionales a idear nuevas formas de realizar consultorías con otras empresas, que sean de mutuo beneficio para la universidad y la región.

## 7. RECOMENDACIONES

- El material (polietileno de baja densidad) aglutinado debe ingresar precalentado y se trabaja bajo las siguientes temperaturas segmento 1 150 °C, segmento 2 160 °C, segmento 3 170 °C y salida de boquilla 190 °C.
- Se debe introducir el material en escamas o peletizado aglutinado para no estancar la máquina y no se generen roturas o fisuras en el tornillo, además para evitar la producción de poros en el producto final.
- La máquina debe estar conectada a una red de 220 v trifásica regulada, para obtener un óptimo funcionamiento del equipo.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nova, M & Peinado, W. (2019). *Diseño y construcción de una máquina inyectora de polipropileno para fines académicos e investigativos en el programa de ingeniería mecánica de la universidad de córdoba* [tesis de pregrado, Universidad de Córdoba].

Repositorio Institucional Unicórdoba  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/2592>

Canteros, M & Huwel, E. (2018). *Diseño de máquina inyectora de plástico para uso de laboratorio* [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)].

[https://www.researchgate.net/publication/340886391\\_DISENO\\_Y\\_CALCULO\\_DE\\_UNA\\_INYECTORA\\_DE\\_PLASTICOS\\_PARA\\_USO\\_DE\\_LABORATORIO](https://www.researchgate.net/publication/340886391_DISENO_Y_CALCULO_DE_UNA_INYECTORA_DE_PLASTICOS_PARA_USO_DE_LABORATORIO)

Coy, S. (2018). *Desarrollo e implantación de un sistema para la optimización del diseño de moldes de inyección en la industria del plástico basado en programas de ayuda a la ingeniería* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112812/Coy%20-%20Desarrollo%20e%20implantaci%3%b3n%20de%20un%20sistema%20para%20la%20optimizaci%3%b3n%20del%20dise%3%b1o%20de%20moldes%20de%20inyecc....pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Saucedo, F. (2018). *Desarrollo de un sistema de pre evaluación de moldes para piezas plásticas automotrices que conforman el interior de un vehículo* [tesis de maestría, Centro de Tecnología Avanzada]. Repositorio Digital CIATEQ

<https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:ciateq.repositorioinstitucional.mx:1020/251>

Vallejo, M. (2010). *Implementación de un sistema automatizado de expulsión en una máquina inyectora para el mejoramiento de la producción de piezas inyectadas de plástico por hora* [tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Digital UTA

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1826>

Agirre, C. & Proaño, J. (2018). *Desarrollo de un sistema de automatización para una inyectora de plástico MIR 65 en la empresa Insoplastic* [tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional Universidad Politécnica Salesiana

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15183>

Saavedra, O. (2014). *Análisis de los factores que inciden en el envejecimiento prematuro de máquinas inyectora para suelas de PVC que afectan la confiabilidad para el proceso de producción en la industria de plástico Garcés ubicado en la*

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

*Ciudad de Guayaquil* [tesis de pregrado, Universidad Estatal de Milagro].  
Repositorio Digital Dspace  
<http://repositorio.unemi.edu.ec/xmlui/handle/123456789/1850>

Llumiquina, F. (2006). *Modernización de la inyectora Triulzi, para la fabricación de manijas en la industria exportadora San Pietro* [tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional]. Repositorio Digital  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2431>

Quijano, C. & Salamanca, J. (2017). *Diseño de máquina inyectora de termoplásticos para fabricación de suelas, con doble boquilla de salida* [tesis de pregrado, Fundación Universidad de América]. Repositorio Institucional Universidad de América <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6502>

Brenes, J. (2018). *Propuesta de diseño de sistema de control para el sistema térmico de una máquina inyectora de plástico FLLI. Sandretto 6GV/70T* [tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio Institucional <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10447>

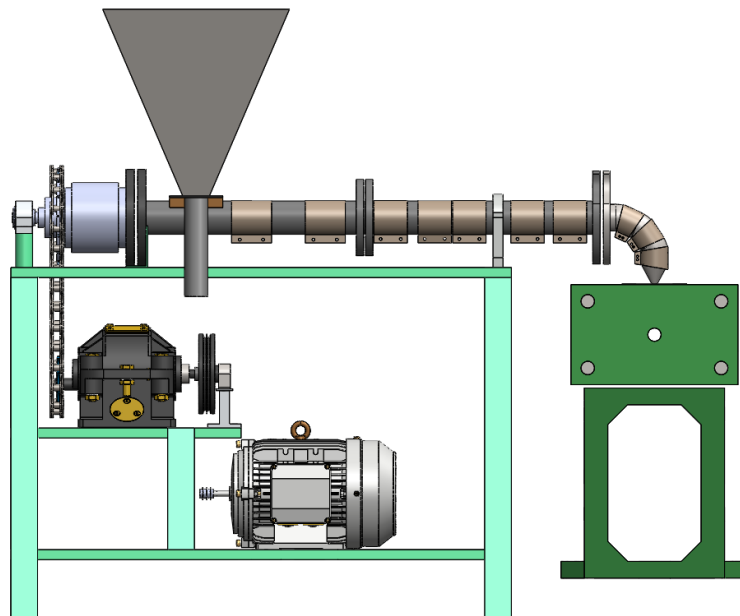
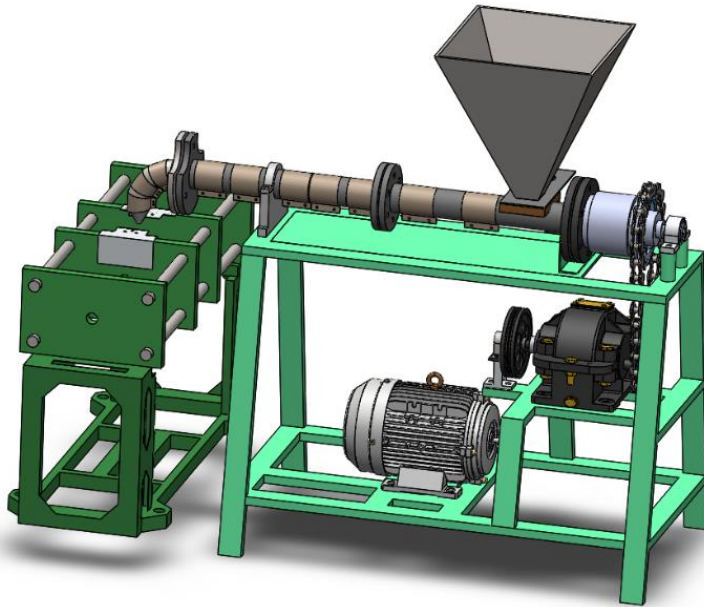
## 9. ANEXOS

### Anexo A. Propiedades de los materiales para moldes

Material	Resistencia al desgaste	Resistencia a corrosión	T° de fusión	Conduc. Termica	Maquinabilidad	Densidad
<b>Acero bonificado AISI 434014</b>	Alta	Baja	1510°C	Media	Media	7850 Kg/m3
<b>Acero inoxidable ASTM24015</b>	Alta	Alta	1400°C	Media	Media	8000 Kg/m3
<b>Acero AISI 414016</b>	Alta	Baja	1585°C	Media	Media	7850 Kg/m3
<b>Cobre17</b>	Baja	Alta	1085°C	Alta	Alta	8960 Kg/m3
<b>Aluminio AW 702218</b>	Media	Alta	660°C	Alta	Alta	2700 Kg/m3

De acuerdo con Quijano & Salamanca, 2017. El material más adecuado para la fabricación de moldes es el Aluminio AW 7022, debido a que presenta conductividad térmica y resistencia a la corrosión mucho mejor que la que presenta el acero, también una temperatura media y obtener una media resistencia al desgaste, con una alta resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica y una alta maquinabilidad. Hay que tener en cuenta otro factor determinante para la selección es su baja densidad en comparación con los otros materiales, ya que la masa del molde en aluminio sea menor y se facilite el montaje y desmontaje de este a la máquina.

## Anexo B. Montaje máquina inyectora mediante el software SolidWorks





## Anexo C. Documento Acuerdo de Cooperación

### ACUERDO DE COOPERACIÓN

Entre los suscritos **HORMAS ACEVEDO** identificado tributariamente con el NIT 91520550-1 legalmente constituida y con domicilio principal en la ciudad de Barrancabermeja, representado por **PABLO EMILIO ACEVEDO TOLOZA**, representante legal, identificado con cédula de ciudadanía 91.520.550 de Bucaramanga, Santander y quien para efectos de este documento se denominará **EMPRESA**, y por otra parte **LUIS OMAR SARMIENTO ÁLVAREZ** con cédula de ciudadanía 91.267.002 de Bucaramanga, líder del grupo de investigación en Ingenierías y Ciencias Sociales – DIANOIA de las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja, y el docente **FREDY ALBERTO ROJAS ESPINOZA** identificado con cédula de ciudadanía 91.078.107 de San Gil junto con los estudiantes ALBERTO JESÚS ACEVEDO TOLOZA identificado con cédula de ciudadanía 91.529.769 de Bucaramanga, JESÚS DARIO JAIMES PEREZ identificado con cédula de ciudadanía 1.096.202.205 de Barrancabermeja, integrantes de semillero de investigación GITEDI adscrito al Grupo de Investigación DIANOIA, quienes en adelante se denominarán **CONSULTOR**, hemos acordado la ejecución de una consultoría bajo las siguientes cláusulas reguladas por el Código Civil y el Código de Comercio:

**Primera.** Objeto: el CONSULTOR de manera independiente, sin subordinación o dependencia, utilizando sus propios medios, elementos de trabajo y personal a su cargo, prestará los servicios de consultoría científica relacionada con la propuesta **“Implementación de una máquina de inyección de polietileno para la fabricación de hormas de calzado utilizando motor eléctrico y variador de velocidad” para la empresa HORMAS ACEVEDO en Bucaramanga.**

**Segunda.** Término de la consultoría: este acuerdo se extenderá por un periodo de **4 meses**, contados a partir del **09 de diciembre del año 2020 al 23 de abril del año 2021** y podrá prorrogarse por acuerdo entre las partes con la antelación a la fecha de su expiración mediante la celebración mediante un acuerdo adicional que deberá constar por escrito.

**Tercera.** La consultoría a realizar no genera ningún concepto de pago de honorarios.

**Cuarta.** Prórroga: si vencido el plazo establecido para la ejecución del acuerdo la EMPRESA decide ampliar el plazo de vencimiento, se suscribirá minuta suscrita por las partes, que hará parte integral de este documento.

**Quinta.** Nuevo servicio: si finalizada la consultoría, la EMPRESA necesita un nuevo servicio del CONSULTOR, se deberá hacer un nuevo acuerdo y no se entenderá como prórroga por desaparecer las causales que le dieron origen a este documento.

**Sexta.** Obligaciones del CONSULTOR y del personal de apoyo: son obligaciones del CONSULTOR y del personal de apoyo:

1. Obrar con seriedad y diligencia en el servicio acordado.
2. Establecer alcances de la consultoría.
3. Elaborar el documento final relacionado con la labor acordada.
4. Atender las solicitudes y recomendaciones que haga la EMPRESA o sus delegados con la mayor prontitud.
5. Permitir que la EMPRESA o un delegado realice visitas a las instalaciones del CONSULTOR o al sitio en que esté realizando la labor pactada.
6. Las demás que pacten las partes sin que exista subordinación.

**Séptima.** Obligaciones de la EMPRESA: son obligaciones de la EMPRESA:

1. Entregar la información que solicite el CONSULTOR y el personal de apoyo para desarrollar con normalidad su labor independiente.
2. La empresa debe otorga certificado en hoja membretada de la empresa y firmada por el representante legal donde menciona la consultoría realizada por el Consultor y su personal de apoyo de las Unidades Tecnológicas de Santander regional Barrancabermeja

**Octava.** Terminación anticipada o anormal: incumplir las obligaciones propias de cada una de las partes, dará lugar a la otra para terminar unilateralmente el acuerdo de consultoría.

**Novena.** Reserva sobre información confidencial: el CONSULTOR se obliga a guardar las reservas debidas a la información y documentos que la EMPRESA le suministre, así como de los resultados obtenidos.

En prueba de conformidad se firman dos ejemplares de un mismo tenor, en la ciudad de Barrancabermeja a los 09 días del mes de diciembre del año 2020.

## LA EMPRESA

*PABLO EMILIO ACEVEDO TOLOZA*

**PABLO EMILIO ACEVEDO TOLOZA**

Representante Legal Hormas Acevedo

## EI CONSULTOR

**FREDY ALBERTO ROJAS ESPINOZA**

Docente del semillero GITEDI adscrito al Grupo DIANOIA

**LUIS OMAR SARMIENTO ÁLVAREZ**

Líder Grupo de Investigación DIANOIA

**Anexo D. Evidencias fotográficas**

Instalación de motor, resistencias de calor y ajustes de componentes



Instalación de sistema de control térmico y de potencia





### Verificación de temperaturas

