



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga  
Departamento de Ingeniería Industrial



Reporte final de Residencias Profesionales de  
la carrera de Ingeniería Industrial.

## **INGENIERIA INDUSTRIAL**

### **Título del Proyecto** **Modificación en molde de inyección plástica para** **cambio de modelo Sealing Plate**

Empresa. -Flextronics Manufacturing

Alumno. - Armando Reyes Chávez

Numero De Control. -A191050777

Asesor Externo. –Ing. Alejandro Puga Vargas

Asesor Interno. –Ing. Juan Luis Reyes Delgado

Diciembre 2023

## CAPITULO 1

### Agradecimientos

Primeramente, a mi padre dios por darme salud que sin ella es imposible realizar los sueños y metas que nos imponemos, la fortaleza de no caer y desistir en el camino, de seguir adelante, de darme 3 hijos maravillosos que en todo momento me demostraron su apoyo incondicional. A mi amada esposa que fue el pilar fundamental de esta larga travesía, que con su amor y ánimos estuvo conmigo en todo momento, demostrándome que cuento con ella para cualquier adversidad que se presente.

A mi amada madre que con sus palabras de aliento y frases de no desistir y de echarle ganas al estudio, a mi amado padre que primeramente dios le dará su salud y fortaleza de salir de esta penumbra en la que él se encuentra.

Gracias a todos y cada uno de mis docentes por compartirnos sus conocimientos, sus experiencias laborales y sus grandes deseos hacia nosotros de conseguir y alcanzar las metas que nos propongamos.

## Resumen

Las modificaciones o mejoras que se realizan a moldes de inyección plástica, se realizan muchas de ellas cuando el molde ya está en producción inyectando piezas plásticas y nos damos cuenta como se está comportando el funcionamiento de dicho molde, es aquí en donde se realizan análisis de mejoras que podemos aplicarlas para obtener resultados óptimos.

Las mejoras siempre serán para optimizar tiempos, mejorar procesos, producción, eliminar defectos, como su nombre lo indica es mejorar cualquier actividad o proceso.

En el presente documento se trataron la problemática del tiempo tan extenso que se emplea para el cambio de versión de piezas plásticas de un molde de inyección, el cual realiza 2 versiones (current y pig tail), donde el hacer cambio de versión conlleva a bajar molde de máquina inyectora la cual trabaja solo al 20% y posterior mente trasladar dicho molde al área de tool room para que el técnico realice el cambio desensamblando y cambiando insertos correspondientes a la versión requerida, puesto que los insertos vienen atornillados de la parte posterior y para optimizar este proceso se realizó el análisis correspondiente a dicho molde, donde definimos que para hacer el cambio de insertos sería necesario modificar la cavidad, realizar alojamientos y barrenados para roscas dicho y haciendo todo este proceso, el cambio de insertos sería de la parte frontal sin necesidad de bajar el molde de la máquina inyectora, cambiando la versión requerida por planeación sin ningún contratiempo e incrementando hasta en un 95% el uso de la máquina. Y cumpliendo en tiempo y forma con las ordenes requeridas. De igual forma se implementó una de las metodologías más empleadas como es SMED, que nos indicó las técnicas para la realización de cambio de configuración en el menor tiempo posible.

# Índice

## Tabla de contenido

<b>CAPITULO 1</b> .....	2
Agradecimientos .....	2
Resumen .....	3
<b>CAPITULO 2</b> .....	8
2.1: - Introducción .....	8
2.2:-Descripción de la empresa .....	9
2.3: - Descripción del problema .....	10
2.4.- Justificación .....	12
2.5: - Objetivo general. ....	13
2.6:-Objetivos específicos.....	13
<b>CAPITULO 3</b> .....	14
<b>MARCO TEORICO</b> .....	14
3.1. Moldeo por inyección plástica.....	14
3.2:- Molde.....	15
3.3: -Molde colada caliente.....	16
3.4; -Molde colada fría .....	18
3.5: -Materiales de construcción de molde .....	19
3.6: -Cambio rápido y fácil de insertos de un molde .....	20
3.7: - Maquina inyectora 85 toneladas.....	21
3.8: -. Material plástico (POLIMEROS) .....	22
3.9: -. ¿Qué es el SMED?.....	24
3.10: -. Uso de software para diseño.....	25
3.11: -Software Camworks .....	26
3.12: -Códigos G en CNC.....	28
3.13: -Códigos M en CNC.....	28
3.14: - Centros de maquinado CNC .....	30
3.15: -Ejemplos prácticos en el manejo, diseño y aplicación de la metodología SMED en moldes de inyección plástica. ....	32
<b>CAPITULO 4</b> .....	38
<b>DESARROLLO</b> .....	38
4.1: -Cronograma de actividades.....	39
4.2: -Sketch y maquinado de alojamientos de cavidades .....	41
4.3: -Maquinado de insertos versión anterior y nueva versión.....	46

4.4: -Proceso de ensamble, inserto y cavidad .....	48
CAPITULO 5 .....	50
RESULTADOS .....	50
5.1-Tiempo anterior al cambio de configuración .....	51
5.2-Tiempo actual al cambio de configuración. ....	52
5.3- Costos .....	53
5.4-Costo anterior generado al cambio de configuración .....	54
5.5-Costo actual generado al cambio de configuración .....	55
CAPITULO 6 .....	56
CONCLUSIONES .....	56
CAPITULO 7 .....	57
Competencias desarrolladas .....	57
CAPITULO 8 .....	58
REFERENCIAS .....	58
CAPITULO 9 .....	61
ANEXOS .....	61
Dibujos 2D .....	61

## Índice de imágenes

IMAGEN 1.EFICIENCIA DE MÁQUINA INYECTORA.....	10
IMAGEN 2.MEDICION DE TIEMPOS POR DEPARTAMENTO .....	11
IMAGEN 3.TIEMPO ESTIMADO DEL CAMBIO DE MODELO .....	12
IMAGEN 4.PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO .....	14
IMAGEN 5.MOLDE DE INYECCIÓN PLÁSTICA .....	15
IMAGEN 6.MANIFOLD DE COLADA CALIENTE .....	17
IMAGEN 7.COMPONENTES DEL SISTEMA DE COLADA CALIENTE .....	17
IMAGEN 8.MOLDE DE COLADA FRÍA .....	18
IMAGEN 9.ACEROS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE MOLDES .....	19
IMAGEN 10.CAMBIO DE INSERTOS .....	20
IMAGEN 11.CAMBIO DE INSERTOS. ....	21
IMAGEN 12. MAQUINA INYECTORA DE PLÁSTICO .....	21
IMAGEN 13.ESTRUCTURA QUÍMICA DEL POLICARBONATO .....	23
IMAGEN 14.SOFTWARE SOLIDWORKS .....	26
IMAGEN 15.TRAYECTORIA DE MAQUINADOS EN CAMWORKS.....	27
IMAGEN 16.CODIGOS G .....	29
IMAGEN 17.CÓDIGOS M .....	29
IMAGEN 18.CENTRO DE MAQUINADO EN CNC .....	31
IMAGEN 19. PANEL DE CONTROL DE UN CENTRO DE MAQUINADO CNC .....	31
IMAGEN 20.MOLDE A MODIFICAR .....	38
IMAGEN 21.CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	39
IMAGEN 22.MODELO DE PLACA PORTA CAVIDAD .....	40
IMAGEN 23.CAVIDAD .....	40
IMAGEN 24.INSERTO INTERCAMBIABLE.....	41
IMAGEN 25.SKETCH REALIZADO PARA MAQUINADO DE ALOJAMIENTO.....	42
IMAGEN 26..ALOJAMIENTO DE INSERTO.....	42
IMAGEN 27.PROCESO DE MAQUINADO DE ALOJAMIENTO.....	43
IMAGEN 28.GENERACIÓN DE CÓDIGOS PARA EL ALOJAMIENTO DE INSERTOS .....	44
IMAGEN 29.ALOJAMIENTO PARA ROSCA DE TORNILLO M5 .....	45
IMAGEN 30.INSERTO DE VERSIÓN PIG TAIL .....	46
IMAGEN 31.INSERTO DE VERSIÓN CURRENT.....	46
IMAGEN 32.SIMULACION DE MAQUINADO DE INSERTOS .....	47
IMAGEN 33.AJUSTE DE INSERTOS EN CAVIDAD .....	48
IMAGEN 34.EXTRACCIÓN DE INSERTO CURRENT DE CAVIDAD .....	49
IMAGEN 35.EXTRACCIÓN DE INSERTO PIG TAIL DE CAVIDAD .....	49
IMAGEN 36 MOLDE MONTADO EN MÁQUINA INYECTORA .....	50
IMAGEN 37.COSTO POR HORA DE MANTENER MÁQUINA INYECTORA DETENIDA DEPENDIENDO DEL TONELAJE .....	53
IMAGEN 38.COSTO QUE SE GENERABA AL CAMBIO DE MODELO .....	54
IMAGEN 39.COSTO ACTUALIZADO, DESPUÉS DE LA MEJORA.....	55
IMAGEN 40.ANEXOS .....	61
IMAGEN 41.ANEXOS .....	62
IMAGEN 42.ANEXOS .....	63
IMAGEN 43.ANEXOS .....	64
IMAGEN 44.ANEXOS .....	65

## Índice de tablas.

TABLA 1, GRAFICA DE TIEMPOS DE CAMBIO DE INSERTOS ANTES DE LA MEJORA .....	51
TABLA 2.CAPACIDAD ANTES DE LA MEJORA, DE MÁQUINA INYECTORA.....	51
TABLA 3.GRAFICA DE TIEMPOS DESPUÉS DE LA MEJORA .....	52
TABLA 4.CAPACIDAD DESPUÉS DE LA MEJORA DE INYECTORA.....	52

## CAPITULO 2

### 2.1: - Introducción

La industria de moldeo por inyección de plástico día a día se ha ido extendiendo en todos los ramos laborales, industriales, médicos, accesorios del hogar etc., para cualquier parte que mires veras infinidad de productos de plástico, las demandas de estos productos han ido en aumento, sea cual sea su uso.

Como industria inyectora de plástico se busca la manera de satisfacer todos y cada uno de los requerimientos de nuestros clientes, en tiempo de entrega, calidad, cantidad y por ende cumpliendo con estos aspectos los clientes se sentirán con la seguridad y confianza de que sus productos llegarán en tiempo y forma. Para esto se tienen que buscar las maneras de cumplir con estos objetivos, y como lo vamos a realizar? una de las mejoras que se aplicaron para cumplir con los objetivos antes mencionados, son estudios realizados a moldes de inyección plastica, en donde se definen los puntos que pueden ser mejorados y aplicarlos, utilizando softwares de diseño que nos ayudan a realizar los ensambles y todo tipo de maquinado que se necesite realizar, detectando las posibles fallas que pudieran existir y hacer corrección de ellas, los cambios de insertos realizados a moldes montados en máquina, son un proceso eficiente y rápido en los cuales el factor tiempo es el principal elemento a optimizar, SMED fue una parte importante en el desarrollo del presente documento aplicando sus técnicas que hicieron posible obtener resultados muy positivos, día a día los clientes exigen calidad, precio, tiempos de entrega rápidos y esta metodología nos ayuda a cumplir y satisfacer estos requerimientos.

## 2.2:-Descripción de la empresa

Flextronics Manufacturing es una empresa de clase mundial que se dedica a la fabricación de camas de hospital, componentes médicos y una gran variedad de componentes industriales como son medidores de agua, gas y luz, así como complejos ensambles de máquinas de juegos para casinos y que son distribuidos en Latinoamérica y parte de Europa.

Flextronics es reconocida por sus políticas de gestión al cuidado del medio ambiente con dos objetivos principales, el primero la reducción de agua y el segundo la reducción de energía eléctrica.

Nuestros clientes que se han mantenido con nosotros y han tenido la satisfacción de adquirir productos de la más alta calidad del mercado y que cuente con todas las normas de seguridad requeridas, esto le ha dado confianza de permanecer con nosotros.

Las marcas de nuestros principales clientes son sensus agua, sensus gas, axis, selec confort, stratasis, Abbott, assa abloy, striker, pitney bowes, etc.

El proyecto a desarrollar se ejecutará en el área de tool room que está ubicado en el departamento de inyección de plásticos, básicamente está relacionado con el manejo y cambios de ingeniería aplicados a moldes de inyección plástica.

**PROBLEMAS A RESOLVER PRIORIZANDOLOS**

2.3: - Descripción del problema

1.- Cuando se termina de producir la versión current y se requiere pasar a la segunda versión (pig tail) es necesario bajar el molde de máquina inyectora, lo cual tiene un tiempo estimado de **4 hrs** con 2 técnicos realizando dicha actividad.

Cuando el molde llega a tool room se programa un técnico para realizar **el cambio de insertos**, (Es lo que se diferencia de una versión a otra) lo cual le lleva un tiempo estimado de **10 hrs** puesto que se tiene que desensamblar la parte móvil del molde y volverlo a ensamblar.

Para volverlo a montar en máquina inyectora y realizar el “setup” se requieren de 2 técnicos y 1 especialista para arrancar la máquina y comenzar con el proceso de inyección lo cual este proceso tiene un tiempo estimado de **5 hrs**.

**El tiempo que se lleva Para el cambio de modelo es de 16 hrs.**

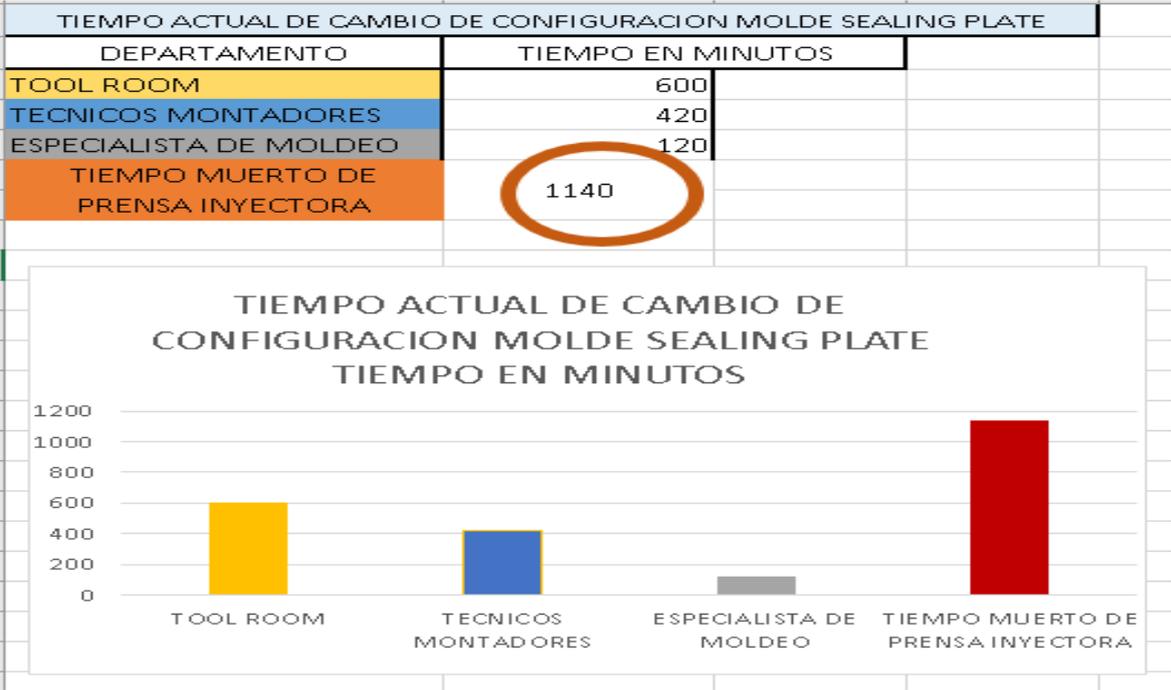
2.-El reclamo del cliente por incumplimiento de órdenes de trabajo. Este es uno de los problemas principales que está impactando la producción y entregas a tiempo de producto terminado.

Imagen.1. representativa de eficiencia de la máquina inyectora.

MAQUINA INYECTORA	TIEMPO CICLO	NUMERO DE CAVIDADES	MATERIAL	CANTIDAD DE PZS POR DISPARO
ENGEL	65 SEG	4	POLICARBONATO	4
TIEMPO	CANTIDAD DE PIEZAS PRODUCIDAS/HR5			
1 HORA (3600 SEG)	222 PZS			
TIEMPO DE PARO DE PRODUCCION POR CAMBIO DE MODELO	CANTIDAD DE PZS PERDIDAS POR CAMBIO DE MODELO	% DE EFICIENCIA DE INYECTORA AL CAMBIO DE MODELO		
19 HRS	4218 PZS	20.83%		
<div style="border: 2px solid red; border-radius: 50%; padding: 10px; display: inline-block;">                 MQUNA INYECTORA TRABAJANDO UNICAMENTE AL <b>20.83%</b> DE SU CAPACIDAD             </div>				

imagen 1.Eficiencia de máquina inyectora

Imagen.2 se muestran tiempos de montaje y cambio de configuración actualmente.



*imagen 2.Medicion de tiempos por departamento*

## 2.4.- Justificación

Ya conociendo los antecedentes de este molde y la complejidad que tiene para realizar el cambio de versión, es de suma importancia que realicemos una modificación al molde y que previamente he realizado un estudio de funcionamiento sin afectar ningún componente de tal forma que el **cambio de insertos** sea realizado con la disminución del 50% del tiempo programado

El reducir el cambio de versión en tan poco tiempo nos traerá grandes beneficios, principalmente el producto terminado se entregará al área de ensamble y por ende las ordenes de trabajo se cumplen en tiempo y forma sin crear afectaciones a nuestros clientes.

Al igual incrementaremos la eficiencia de uso de la prensa inyectora y la mano de obra se ocupará en otras actividades.

Proyección del tiempo implementado al cambio de configuración en la sig. imagen.3

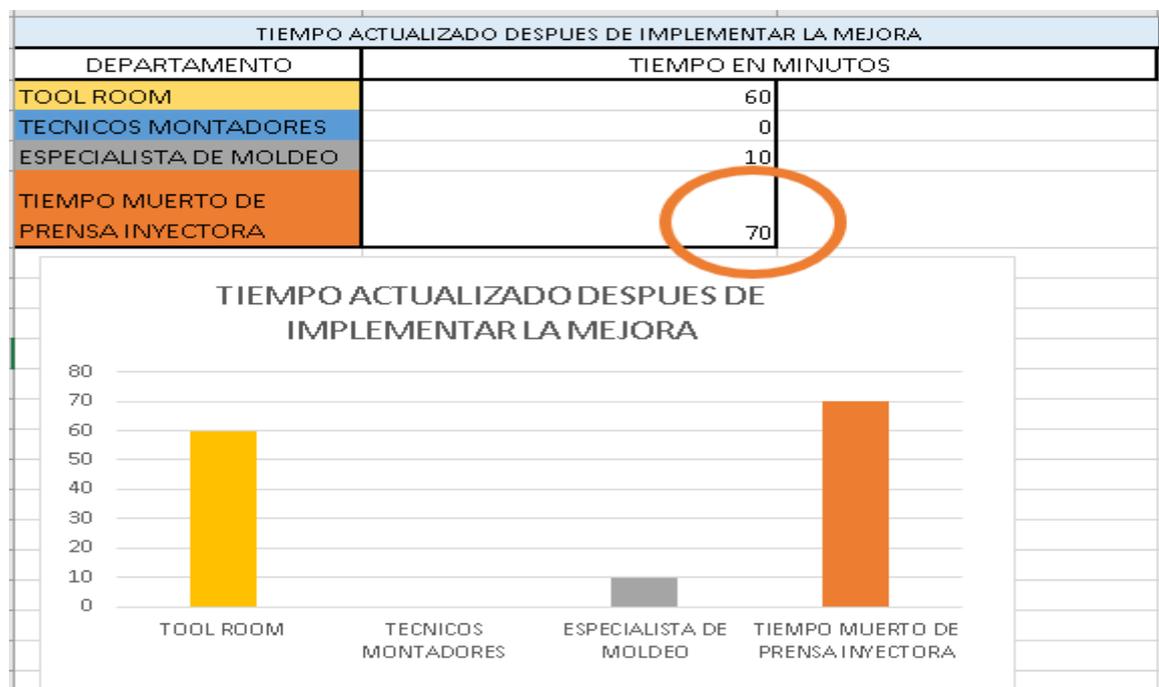


imagen 3. Tiempo estimado del cambio de modelo

### 2.5: - Objetivo general.

- 1.-Cambio de configuración de pieza plástica en una reducción de tiempo del 50%
- 2.-Incremento de producción

### 2.6:-Objetivos específicos

- Maximizar uso de prensa inyectora
- Cumplir con órdenes de trabajo en tiempo y forma
- Reducción de mano de obra en esta actividad
- Implementación de la herramienta SMED
- Cambio de insertos (cambiar versión current a pig tail)

## CAPITULO 3

### MARCO TEORICO

Existen una gran variedad de tipo de moldes de inyección plástica, colada fría, colada caliente en diferentes pesos y tamaños y en más de una ocasión todos hemos utilizado un componente o producto que se ha moldeado con este tipo de moldes.

#### 3.1. Moldeo por inyección plástica

“Es la actividad en la cual se le da forma deseada al plástico con el apoyo de moldes, dichos moldes cuentan con cavidades en las cuales se introduce el material para que el plástico adquiera su forma a base de presión, la cual se ejerce mediante maquinas hidráulicas.” **Invalid source specified.** como se muestra en la siguiente fig.4

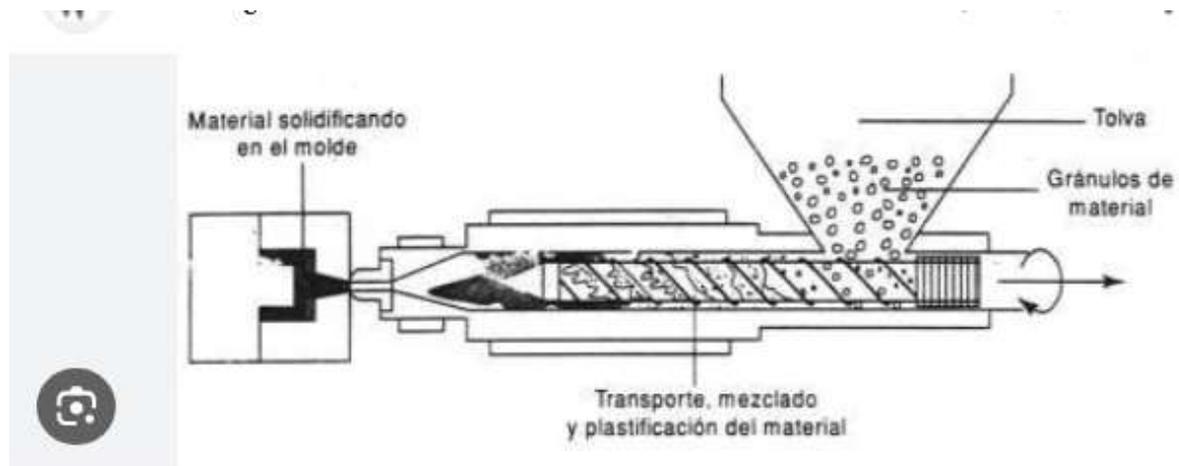


imagen 4.proceso de inyección de plástico

“EL moldeo por inyeccion es una tecnica muy popular sobre todo en la fabricacion con materiales polimericos.Ofrece un modo relativamente simple de producir componentes con geometrias de alta complejidad,con un coste e inversion de tiempo muy baja.Se fabrica un molde con la forma que deseamos obtener aplicando un factor de contraccion que debemos agregar alas medidas de la cavidad para que al enfriarse la pieza moldeada se obtengan las dimenciones deseadas” (Sanchez, 2014)

### 3.2:- Molde

El molde es la herramienta principal para realizar este proceso de inyección.” La palabra molde, se deriva en su etimología del latín “modulus” y su significado es medida.”**Invalid source specified.**

Los moldes de inyección son idóneos para producir grandes volúmenes de piezas de plástico, debido a la posibilidad de realizar moldes de inyección de varias cavidades, donde varias piezas son fabricadas en un solo ciclo. Algunas ventajas del moldeo por inyección son las altas tolerancias, repetitividad, una amplia gama de materiales, poca mano de obra, mínima producción de desechos, y poca necesidad de operaciones de acabado después del moldeo.

El molde o matriz son términos comunes utilizados para describir el utillaje utilizado para producir piezas de inyección de plástico. En los moldes es posible diferenciar tres partes principales: bebedero, canal de alimentación y cavidad del molde. Con el fin de mejorar la calidad de la pieza final y la vida útil del molde, es importante diseñar éste último con el ángulo de desmolde correcto para facilitar la separación de las piezas moldeadas, así como que permita la salida de los gases atrapados dentro del molde. Como se muestra en la figura.5



imagen 5.Molde de inyección plástica

### 3.3: -Molde colada caliente

El sistema de inyección de colada caliente, apoya su tecnología en mantener el material fundido en las diferentes boquillas o inyectoros, expulsando los productos del molde dispuestos para ensamble, decorado o uso final, eliminando la colada de alimentación, entre otras ventajas, como, por ejemplo.

- Ahorro de material
- Menor tiempo de enfriamiento
- No hay que separar piezas de la colada
- No hay coladas para molienda
- Tiempos de apertura de molde más corto
- Reducción del ciclo de moldeo
- Presiones y temperaturas uniformes
- Reducción de tensiones en el producto

Algunos productos deben ser inyectados a través de numerosos puntos, lo cual representa mayor longitud del sistema distribuidor, y una cantidad elevada de material plástico que forma la colada y que será reprocesada. (Gutiérrez García, 2006)

Como respuesta a estos problemas comenzó el desarrollo de sistemas de colada caliente, en los cuales, el principio de funcionamiento es mantener el material fundido hasta el punto de inyección del producto y de esta forma se eliminan las coladas que representan material desechado en una primera instancia y por otra parte el tiempo de ciclo se puede reducir al ingresar al molde solamente el material de las piezas.

Los moldes con canales calientes son sistemas ambiciosos en el sentido tecnológico. Son de diseño complejo, para cumplir su función principal de conducir el material fundido al bebedero sin dañar el material.

Un sistema de canales calientes consiste en un bebedero de mazarota, la conexión con la unidad de inyección, el colector, que distribuye el fundido dentro del molde, y las boquillas que guían al material al interior de la cavidad.

El sistema debe calentarse por medios adecuados (cartuchos calentadores) y se precisa instalar termopares para controlar la temperatura. Los cables para los cartuchos y termopares deben de conducirse al exterior del molde. (Gutiérrez García, 2006)

En las siguientes imágenes 6 /7 se aprecia un sistema de colada caliente

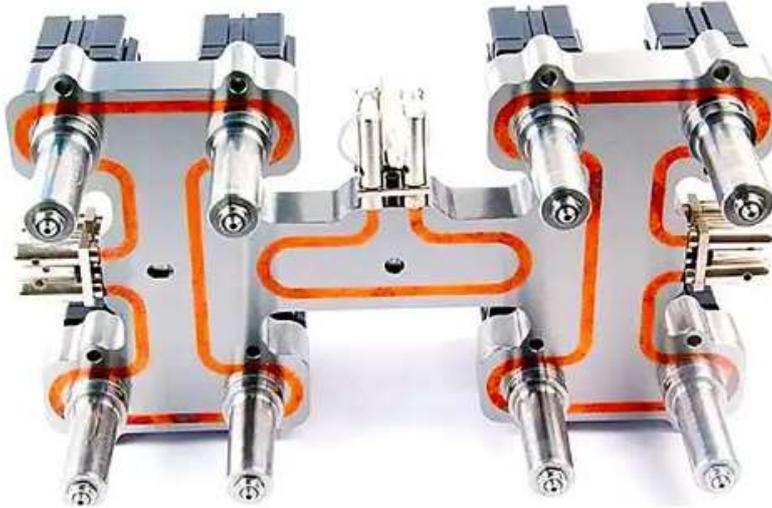


imagen 6. Manifold de colada caliente

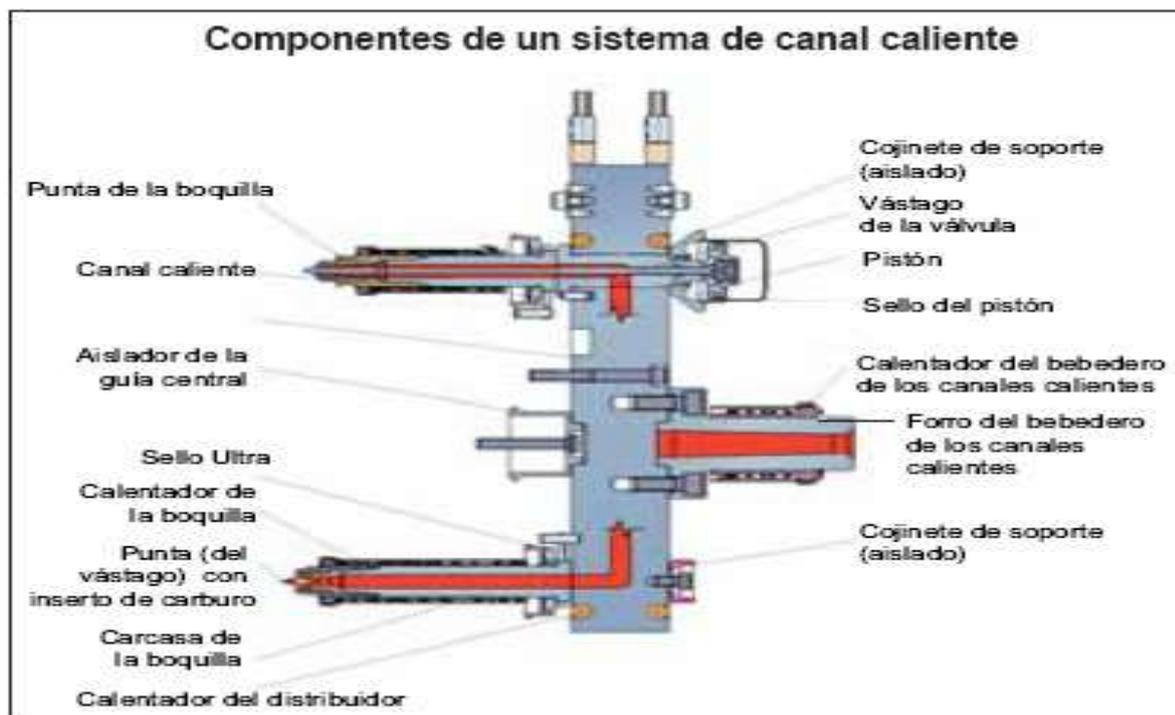


imagen 7. Componentes del sistema de colada caliente

### 3.4; -Molde colada fría

La colada fría es un proceso basado en la ubicación de 2 o 3 placas, las cuales estarán posicionadas en la base del molde, en el momento en el que el plástico está a punto de circular por medio del bebedero este se desplazara por la colada previamente al llegar a la boca de la cavidad.

En un molde de 2 placas, la estructura, la colada y las partes de la cavidad están unidas y para separarlas del molde, se tiene que usar un sistema de expulsión. Por otra parte, en un molde de 3 placas, la colada se encuentra en una placa separada. Como resultado, las partes de la cavidad pueden ser expulsadas por si solas. (Alfonso Leon, 2021)

#### Pros de este sistema de colada fría.

- El mantenimiento y uso es más económico
- Se puede utilizar para polímeros de uso general como para polímeros de ingeniería, permitiendo cambiar colores con relativa facilidad.
- Si se utiliza robots para separar las coladas, el tiempo de ciclo puede ser bastante rápido.

#### Contras de este sistema de colada fría.

- Es más lento que un sistema de colada caliente
- Existe la posibilidad de residuos plásticos de las coladas solidas si no se pueden remoler y reciclar o si estas son muy grandes

En la siguiente imagen 8 se muestra un molde de colada fría

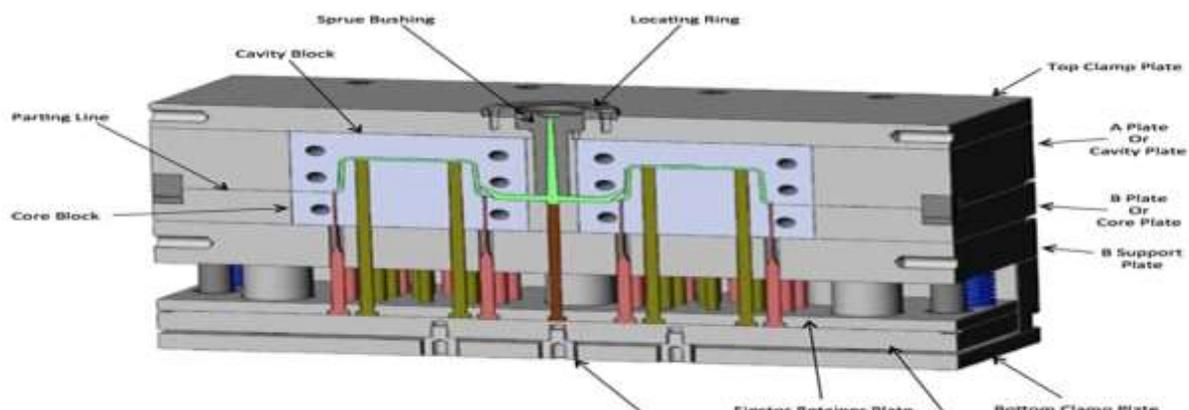


imagen 8.Molde de colada fría

### 3.5: -Materiales de construcción de molde

(Sanchez, 2014) Menciona, “En la fabricación por inyección de plástico la calidad de los propios moldes es un punto de una importancia clave. Su fabricación precisa en la geometría de la pieza a fabricar, con una durabilidad que mantenga la calidad de fabricación a lo largo del tiempo. Los moldes de inyección se fabrican en acero templado como el acero p20, y aceros de temple dependiendo de las exigencias a las que sometamos el molde.

El tipo de acero que se utiliza para la fabricación del molde viene determinado en su mayor parte por el aspecto económico, y respondiendo a los siguientes aspectos:”

- La geometría de la pieza a fabricar
- Material plástico utilizado
- Presiones de cierre del molde
- Número de piezas a fabricar y tiempo de ciclo

(Gutiérrez García, 2006). Menciona que “Muchos aceros grado herramienta que se utilizan para los componentes del moldeado también tienen otros usos industriales. Por ejemplo, AISI S7 Y H13 que comúnmente se utilizan para la fabricación de moldes de inyección pueden ser utilizados para realizar troquelados y forja. Las características que son importantes para la forja o troquelados son absolutamente diferentes de las características que son importantes para un constructor de moldes de plástico. Por lo tanto, uno debe tomar precauciones para asegurarse de que se está utilizando un acero con características adecuadas para un molde.”



En la siguiente imagen 9. se muestra un acero utilizado para la fabricación de moldes.

imagen 9. Aceros utilizados en la fabricación de moldes

### 3.6: -Cambio rápido y fácil de insertos de un molde

Los insertos de moldes de inyección también se denominan insertos, y algunas personas los llaman entusiasmo. Se refiere a las piezas del molde que se suelen incrustar en el núcleo del molde de inyección, lo que requiere una precisión muy alta.

El cambio de modelo de pieza plástica conlleva a realizar cambios de molde en la prensa inyectora, y sin duda esta actividad es una pérdida de tiempo que se genera al realizar dicha actividad, por tal motivo la modificación del molde es sumamente necesaria.

Entonces, ¿por qué molestarse en hacer insertos al procesar moldes de inyección?

Cuando el molde de inyección se modifica con frecuencia, se puede desmontar para hacer insertos. Al cambiar el molde en el futuro, solo será necesario cambiar los insertos, e incluso se pueden reemplazar varios insertos más cuando se abre el molde, por lo que es conveniente modificar el molde.

Los venteos del molde son muy importantes, si la ventilación no es buena, aparecerán trampas de aire en la cavidad del molde, especialmente en huecos relativamente profundos. Durante el moldeo por inyección, el producto es propenso a defectos como burbujas o encogimiento, falta de pegamento, blanqueamiento o manchas negras. Por lo tanto, **se pueden agregar insertos** donde sea necesario ventilar el molde, y el espacio de ajuste de los insertos se puede usar para ventilar.

Imagen 10 y 11. referente al cambio de insertos sin desmontar molde de inyectora

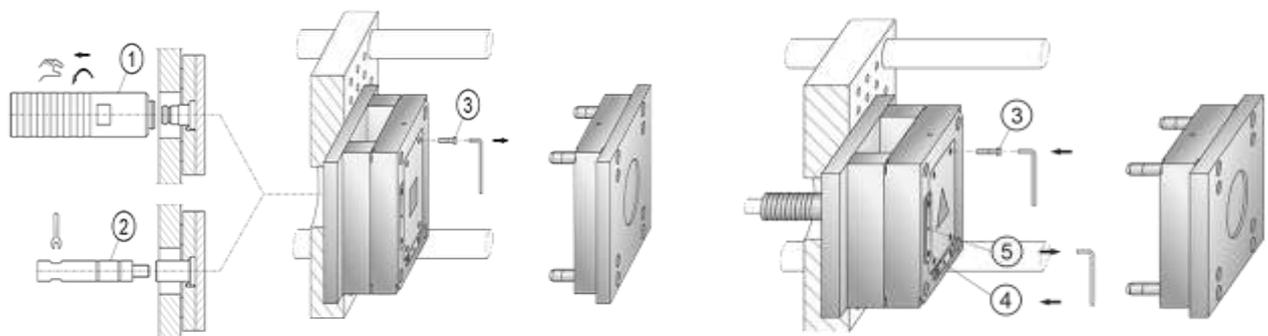


imagen 10.Cambio de insertos

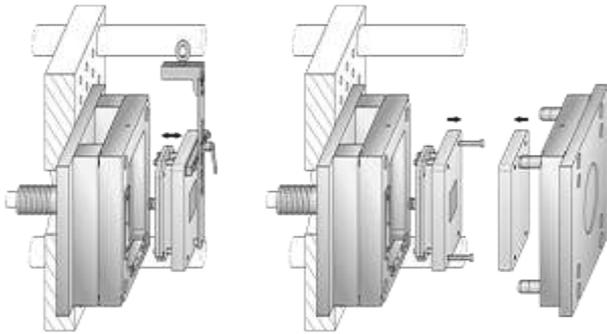


imagen 11.cambio de insertos.

### 3.7: - Maquina inyectora 85 toneladas

La máquina de inyección, también conocida como prensa, consiste en una tolva de material, un pistón o un husillo de inyección, y la unidad de calentamiento. Los moldes se sujetan a la placa de la máquina de moldeo, donde el plástico es inyectado a través del orificio del bebedero. (*Moldes, matrices y utillajes. Productos - Gestión de compras, 2021*)



imagen 12. Maquina inyectora de plástico

### 3.8: -. Material plástico (POLIMEROS)

Existe una gran variedad de materiales plásticos en la industria de la inyección de plástico, todos ellos denominados con el término termoplásticos pues una vez que han sido sometidos a un calentamiento y se produce la fusión y posterior enfriamiento del material, se endurece en un estado vítreo. A diferencia de los termoestables, los polímeros termoplásticos pueden volver a moldearse formando nuevos objetos, lo que desde un punto de vista ecológico es muy beneficioso para el medio ambiente al poderse reutilizar un material dándole nuevos ciclos de vida como diferentes bienes. (Sanchez, 2014)

#### **Los principales materiales para inyección de plástico son:**

**Polietileno(PE):** Es el primero más simple atómicamente. Es químicamente inerte y se obtiene de la polimerización del etileno. Es un material sólido en forma de gránulos, blanquecino y traslucido.

**Polipropileno(PP):** Es un polímero termoplástico que se obtiene de polimerización del propileno. Es un termoplástico de excelente resistencia a agentes químicos y buenas propiedades de aislamiento eléctrico. El propileno puede clasificarse por las materias primas que se utilizan y por su estructura química.

**Poli estireno (PS):** Polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Fue obtenido por primera vez en Alemania por I, G Industrie, en el año 1930. Existen 4 tipos principales: poli estireno cristal que es transparente, rígido y quebradizo; poli estireno de alto impacto, de gran resistencia y opacidad; poli estireno expandido, muy ligero y el poli estireno extruido, similar al expandido, pero más denso e impermeable. (Sanchez, 2014)

**Policarbonato (PC):** El policarbonato, o específicamente Policarbonato de bisfenol A, es un material relativamente antiguo (fue descubierto hacia 1955). Es un plástico claro usado para hacer ventanas inastillables, lentes livianas para anteojos y otros. Este termoplástico de ingeniería se ha tornado muy conocido por ser transparente como el vidrio y resistente como el acero.

El PC es considerado por algunos autores como el poliéster, caracterizado por ser un polímero básicamente amorfo con un alta TG entre 140-150°C. Por la combinación de su excelente tenacidad, atribuida a su alto volumen libre (Vf) por debajo de su TG, alta rigidez, buenas propiedades ópticas (transparencia) y estabilidad dimensional, ha sido considerado como uno de los polímeros termoplásticos a emplear para buscar mejorar la resistencia al impacto de muchos polímeros vía mezclado. (Cornement, 2006)

Estructura química del policarbonato imagen.13

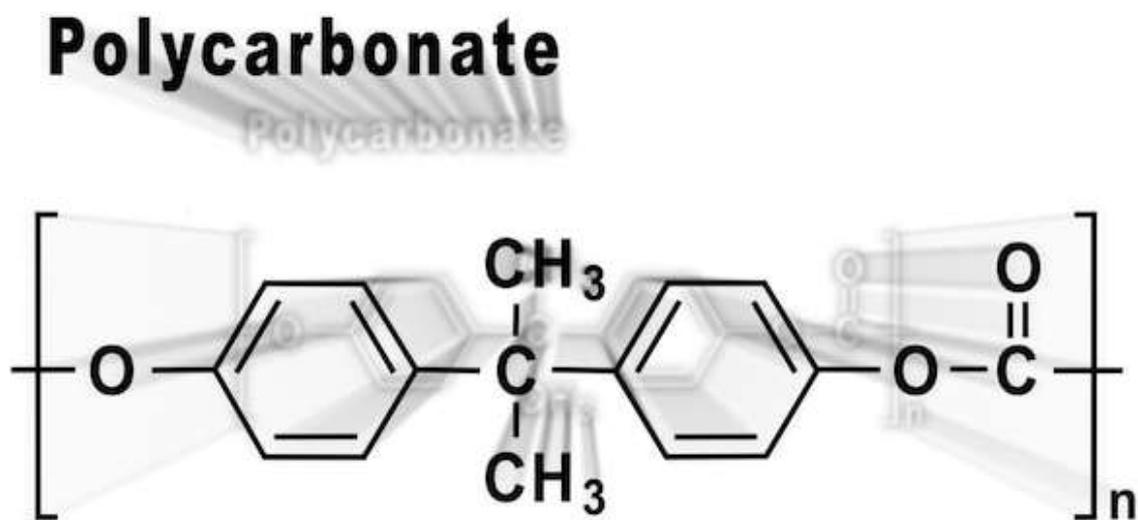


imagen 13. Estructura química del policarbonato

### 3.9: -. ¿Qué es el SMED?

(Galindo, 2016) Es un acrónimo de los términos en lengua inglesa “Single Minute Exchange of Die”, cuya definición es “Cambio de útiles en pocos minutos”. Este concepto introduce la idea de que en general cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso debería durar no más de 10 minutos, de ahí la frase single minute (expresar los minutos en un solo dígito)

Las técnicas SMED tienen como meta reducir drásticamente los tiempos de cambio de útiles, las preparaciones de máquinas y líneas de producción, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño.”

“El padre de la metodología SMED, el ingeniero japonés Shingeo Shingo de la compañía automotriz Toyota, ideó y desarrolló una serie de etapas para reducir los tiempos de cambio de producto al evidenciar tiempos superiores a las 4 horas en la línea de estampado.

Su necesidad surge cuando el mercado demanda una mayor variedad de producto y los lotes de fabricación deben ser menores; en este caso, para mantener un nivel adecuado de competitividad, o se disminuye el tiempo de cambio o se siguen haciendo lotes grandes y se aumenta el tamaño de los almacenes de producto terminado, con el consiguiente incremento de costos. Esta técnica está ampliamente validada y su implementación es rápida y altamente efectiva en la mayor parte de las máquinas e instalaciones industriales.

Esta mejora en el acortamiento del tiempo aporta ventajas competitivas para la empresa ya que no tan solo existe una reducción de costos, sino que aumenta la flexibilidad o capacidad de adaptarse a los cambios en la demanda. Al permitir la reducción en el tamaño de lote colabora en la calidad ya que al no existir inventarios innecesarios no se pueden ocultar los problemas de fabricación. (Corral, 2010)

### 3.10: -. Uso de software para diseño.

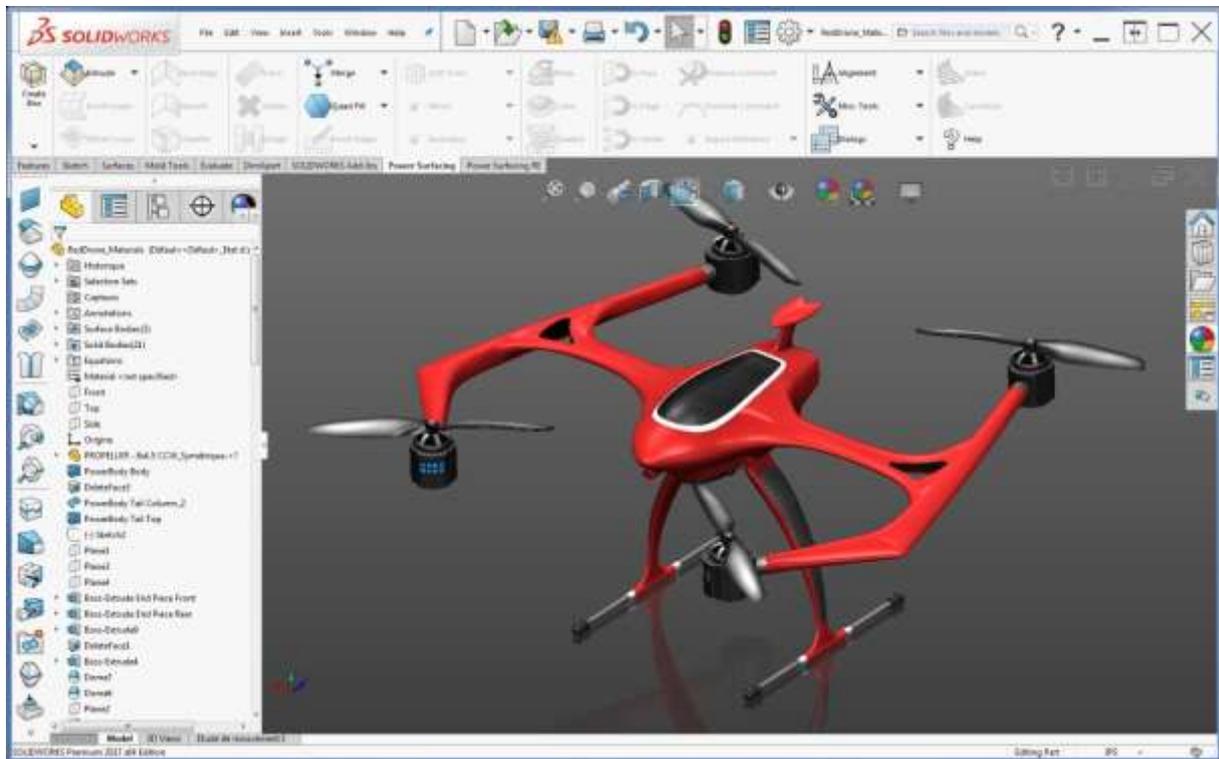
(BONILLA, 2003) explica “Hoy en día el diseño y desarrollo de nuevos productos o la modificación de los existentes se ha convertido en un elemento clave y fundamental para la mejora de la capacidad de innovación y competitividad de las empresas industriales”.

“Cada vez más el diseño de los productos es el único elemento que diferencia a un producto innovador de otro que no lo es. Hasta hace poco tiempo el proveedor fabricaba bajo plano para sus clientes, por ejemplo, en sectores tales como automatización o aeronáutica, mientras que, en la actualidad, son más comunes los casos en los que el proveedor debe responsabilizarse del diseño de ingeniería de conjuntos completos y módulos que agrupan deferentes funciones.” (Reategui.C, 2002)

SolidWorks es un software tipo CAD, de diseño mecánico, que utilizando un entorno gráfico basado en Microsoft Windows permite de manera intuitiva y rápida la creación de Modelos sólidos en 3D, Ensamblajes y Dibujos. Se basa en el modelado paramétrico, reduciendo el esfuerzo necesario en modificar y crear variantes en el diseño, ya que las cotas y relaciones usadas para realizar operaciones se almacenan en el modelo.

SolidWorks, proporciona un software de diseño de fácil uso y poderosas herramientas para los ingenieros y diseñadores, permitiéndoles cubrir todo el proceso (crear, validar, comunicar y gestionar) de desarrollo de producto, asegurándose de que este es correcto antes de fabricarlo. De esta manera es posible conseguir costes de fabricación más bajos y acelerar la introducción de productos en el mercado debido a la mejora en el flujo de información y comunicación del diseño de estos en toda la empresa, además de entre sus proveedores y clientes. ([SolidBi, 2023](#))

Imagen. 14 ilustración del software SolidWorks.



*imagen 14. Software SolidWorks*

### [3.11: -Software Camworks](#)

Camworks es un software CAM para el maquinado CNC, basado en sólidos que permite a los fabricantes aumentar la productividad y la rentabilidad usando las mejores tecnologías y herramientas de automatización adaptables que permiten realizar un mecanizado de máxima eficacia.

Permite dar una visión del proceso de producción más rápida, con dimensiones más precisas y maximizar la vida de tus herramientas. Nos ofrece la comunicación de la computadora a nuestra máquina de control numérico.

Emplea la popular interfaz de SolidWorks, por lo que resulta muy fácil de aprender y utilizar. Usa los mismos métodos que SolidWorks para suprimir, expandir, cambiar el nombre y mover los elementos del árbol. La ayuda, las guías de instalación e inicio

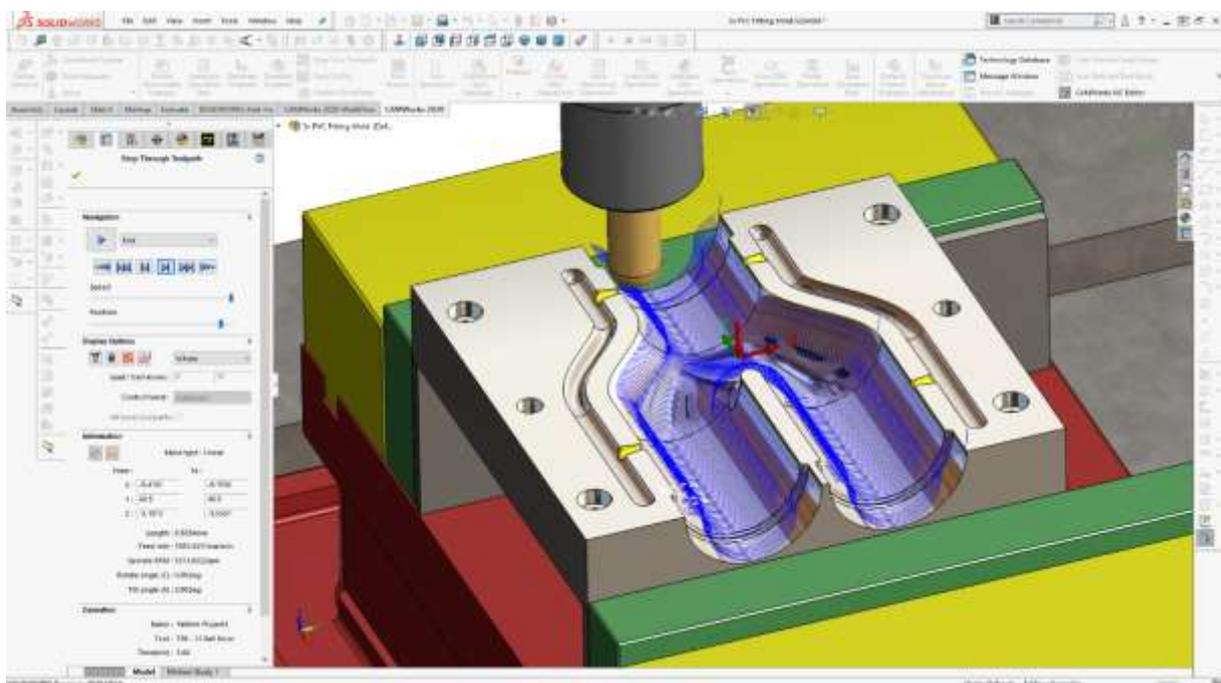
rápido, así como los tutoriales le permiten generar trayectorias de herramienta y código rápidamente.

El reconocimiento automático de rasgos (AFR) analiza la geometría del modelo sólido e identifica los rasgos de fresado, rasgos de torneado y rasgos de mecanizado de electroerosión por hilo. Los rasgos que no se pueden encontrar de forma automática se pueden definir con el asistente de reconocimiento de rasgos interactivos (IFR).

Camworks proporciona una simulación realista de la máquina herramienta completa, que permite ejecutar la verificación de colisiones entre la herramienta y los componentes de la máquina. Muestra la trayectoria de la herramienta en el modelo en 3D real. La máquina herramienta completa se puede crear con configuraciones de hasta 5 ejes, límites de máquina, etc. Se puede manipular durante la simulación para conseguir representaciones más cercanas y vistas desde distintos ángulos.

(<http://www.camworks.mx/index.html>)

Imagen 15. generación de maquinados y creación de códigos g.



*imagen 15. Trayectoria de maquinados en Camworks*

### 3.12: -Códigos G en CNC

El código G significa código geométrico. Es un tipo de lenguaje de programación simple utilizado para controlar máquinas. Con el código, una máquina recibe instrucciones claras sobre cómo producir una pieza de trabajo. El diseño de esta pieza se crea en la computadora y luego se traduce a Gcode para que la máquina lo entienda.

Entonces, los Gcodes se usan para controlar máquinas. Más precisamente, se trata de máquinas CNC. CNC significa Computer Numerical Control y es un método para automatizar procesos de fabricación en una máquina con la ayuda de una computadora. Las máquinas CNC pueden leer el Gcode y luego trabajar de forma independiente en una pieza de trabajo exactamente de acuerdo con estas instrucciones. Estas máquinas se encuentran a menudo en la industria, p. B. Fresadoras CNC en el procesamiento de metales . (Philipp, 2022)

### 3.13: -Códigos M en CNC

El código M regula una amplia variedad de operaciones de máquinas no geométricas. Algunas de estas funciones son la activación/desactivación de la rotación del husillo, la activación/desactivación del refrigerante, el cambio de palet, etc. La máquina precisa puede tener ligeras variaciones en algunas de estas funciones.

Al configurar el programa de letras CNC con códigos G y M, tenga en cuenta que cada bloque de código M solo debe incluir un solo comando. La razón es que su función principal es encender y apagar el dispositivo. Esto significa que utilizarlos más de una vez en el mismo bloque podría generar un comportamiento inesperado en el código.

Aunque cada máquina tiene su propio conjunto único de códigos G, los códigos M también son específicos de la máquina. El cero que se ve entre la letra y el número puede omitirse en algunas máquinas, pero no en otras. (Ransom, 2022)

imagen 16/17 de códigos G y M

**Lista de códigos G (molino)**

<b>Comando de código G</b>	<b>Función</b>
G00	Movimiento rápido
G01	Movimiento de interpolación lineal
G02	Movimiento de interpolación CW
G03	Movimiento de interpolación CCW
G04	Residir
G09	Parada exacta
G10	Configuración de compensación programable
G12	Fresado circular CW (Yasnac)
G13	Fresado circular CCW Pock (Yasnac)
G17	Selección del plano XY

*imagen 16.Codigos G*

**Lista de códigos M (molino)**

<b>Comando de código M</b>	<b>Función</b>
M00	Parada del programa
M01	Parada de programa opcional
M02	Fin del programa (Configuración 39)
M03	Husillo encendido, en el sentido de las agujas del reloj (S) (Configuración 144)
M04	Husillo encendido, en sentido contrario a las agujas del reloj (S) (Configuración 144)
M05	Parada de husillo
M06	Cambio de herramienta (T) (Configuración 42, 87, 155)
M08	Refrigerante encendido (Configuración 32)
M09	Refrigerante apagado
M10	Freno de 4.º eje activado

*imagen 17.Códigos M*

### 3.14: - Centros de maquinado CNC

Tradicionalmente, el maquinado de 5 ejes se ha utilizado solo para partes de una exclusiva lista, a saber, partes aeroespaciales, componentes de generación de poder y una variedad de herramientas. Y ese es el caso todavía hoy. Sin embargo, un camino importante para el maquinado de 5 ejes es que la tecnología se está volviendo más barata y fácil de usar. (Groover, 2007)

El concepto de maquinado de 5 ejes está convirtiéndose en una práctica cada vez más común, debido al ahorro de tiempo y dinero que esta técnica de maquinado representa para la industria. El maquinado en 4 y 5 ejes no requiere de la gran cantidad de ajustes necesitados por las maquinas tradicionales, y además permite el maquinado en áreas donde la maquina convencional no lo permite, pero si un programa complejo de 5 ejes que maneje más memoria CNC que un programa comparable de 3 ejes.

El maquinado es un proceso de manufactura donde se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una pieza de trabajo, de tal manera que el remanente sea la forma deseada. La acción predominante involucra la deformación en cortante del material de trabajo, lo cual produce la viruta que al ser removida deja expuesta la nueva superficie. (Groover, 2007)

Para realizar una operación de maquinado es necesario que se dé un movimiento relativo de la herramienta y la pieza de trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta velocidad de corte, además la herramienta debe moverse lateralmente a lo largo del trabajo. Este es un movimiento mucho más lento, llamado avance. La dimensión restante del corte dentro de la superficie original de trabajo, llamado profundidad de corte. Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte se llama condiciones de corte. (Stenerson, 1997)

Imagen 18/19. Maquinados en CNC



*imagen 18. Centro de Maquinado en CNC*



*imagen 19. Panel de control de un centro de maquinado CNC*

### 3.15: -Ejemplos prácticos en el manejo, diseño y aplicación de la metodología SMED en moldes de inyección plástica.

1." Propuesta de aplicación del método SMED en la línea de Termo formado Foam máquina Irwin 3 de la Empresa Plásticos Ecuatorianos S.A.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal aplicar el método SMED en la línea de Termo formado Foam de la Empresa Plásticos Ecuatorianos S.A., en esta área productiva se ha escogido a la máquina Irwin 3 debido a que en ella se elaboran los productos de mayor demanda de la compañía. La máquina mencionada incurre en un tiempo aproximado de 04:46:30 por cada cambio de moldes, tiempo netamente improductivo, ya que la máquina queda inoperante totalmente mientras se ejecuta dicha operación.

Para optimizar este tiempo se desea aplicar el método SMED con el fin de convertir las operaciones internas en externas y mejorar el proceso minimizando el periodo de tiempo empleado en un 50%. Así mismo, se plantea realizar la adquisición de un elevador hidráulico, gabinetes de herramientas, construcción de una plataforma en la máquina y localizar una nueva área de moldes, propuesta que tiene un costo de \$3,563.28.

Una vez aplicada la propuesta se demuestra que el tiempo de cambio de moldes se minimiza en un 52.27% quedando un tiempo total de 02:29:45, esto debido a que las operaciones se desarrollan en paralelo, optimizando así el periodo que con lleva efectuar el cambio de moldes, logrando incrementar el tiempo productivo y así ofrecer productos adicionales elaborados en este lapso de tiempo con el único fin de satisfacer las necesidades de los clientes en volumen, calidad y tiempo de entrega". (Ruiz.Montesdeoca, 2020)

2." La presente investigación tuvo como objetivo determinar como la aplicación de la herramienta SMED incrementara la productividad de las líneas de Inyección de la empresa Industrias Europeas.

De acuerdo a su finalidad fue aplicada, de acuerdo con el nivel de conocimiento es explicativa y de acuerdo al tipo de diseño metodológico fue cuasi-experimental; los datos fueron obtenidos mediante toma de tiempos que serán condicionados mediante

la manipulación de la variable, herramienta SMED como variable Independiente la que fue manipulada para aumentar la productividad variable dependiente. Los instrumentos de esta investigación fueron fichas de recolección de datos con fórmulas metodológicas cuyas técnicas fueron la observación, cronometraje y registro de base de datos de la empresa para las variables herramienta SMED y productividad.

Con ello se logró aumentar la productividad en el área de producción en las líneas de inyección. La validez de los instrumentos se realizó a través de la validación de juicio de tres expertos, donde los datos recolectados fueron procesados y analizados por el software SPSS versión 23. El estudio concluyó que la aplicación de la herramienta SMED en las líneas de inyección aumentó significativamente su productividad, donde se obtuvo como resultado un aumento del 8.72%.” (Lopez.M.A, 2018)

3.Aplicacion de la herramienta SMED para la reducción de tiempos en el cambio de molde en la línea de inyección de plásticos en la empresa PLASTIMET S.A.C.

Problemática: Los tiempos muertos existentes en el proceso de cambio de molde en máquinas de inyección de preformas, es así que ve adecuado la aplicación de la herramienta SMED para la reducción de actividades innecesarias.

Metodología utilizada: SMED,5S”, Poka yoke.

Conclusión: “el autor logro reducir en un 43% el tiempo de cambio de molde” (SALAS, 2021, pág. 5)

4.” Reducción de tiempo en cambio de modelo en la maquina 9 en el área de inyección de plásticos.

Teniendo como objetivo realizar una estandarización en los tiempos de cambio de modelo en toda el área de inyección ya que se ha alcanzado a obtener tiempos muy altos, lo que se pretendió trabajar es sobre mejoras organizacionales en el proceso utilizando organización y trabajo estandarizado se deberá reflejar una reducción en el tiempo de aproximadamente el 70% y se tuvo como conclusión al realizar un estudio general basándose en el estudio de toma de tiempos por actividades una reducción

de 5hrs a 2.5hrs logrando una gran mejora en eficiencia y productividad". (Jara.Garcia.s, 2019)

5." El proyecto se desarrolla en el área de inyección donde en los últimos meses se han alcanzado a obtener tiempos de cambio de molde muy altos hasta de 313 minutos, se pretende reducir este tiempo para aumentar la disponibilidad de la máquina y así aumentar la productividad.

Para lograr reducir los tiempos se debe aplicar la herramienta SMED "Single Minute Exchange of Die". Se ha seleccionado esta herramienta debido a su enfoque en la identificación y eliminación de actividades que no generan valor a los procesos y en la reducción y optimización de tiempos de alistamiento, factores clave para dar respuesta a las exigencias del mercado actual con plazos de entrega más ajustados y lotes de producción más cortos.

Tras aplicar las cuatro fases del SMED, se logró disminuir el tiempo de cambio de molde de 313 minutos a 265 minutos, o sea, 48 minutos menos, lo que equivale a una reducción del 15% en el tiempo total de cambio de molde". (Urresti Patiño, 2022)

6." El proyecto se encuentra enfocado en el proceso de extrusión de tuberías de PVC de pared estructurada para conducción de fluidos a gravedad y consistió en un estudio para reducir los tiempos de cambios de moldes mediante la aplicación de la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die). El objetivo del proyecto es reducir los tiempos de cambios de moldes en una línea de tubería plástica de pared estructurada XT43 mediante la aplicación de la metodología SMED".

Se procedió a clasificar las actividades internas, externas y desperdicios de los cambios de moldes para luego establecer una clasificación de actividades ideal. Posteriormente se realiza un focus group con personal de taller de moldes y directivos de la empresa, se procede a conformar el equipo de proyecto SMED y a realizar un Project charter con su respectivo plan de acción para la implementación de las mejoras acordadas. Se procede a exteriorizar las actividades internas para luego continuar con la optimización de las actividades internas y externas del proceso y finalmente estandarizar los nuevos procedimientos.

Luego de la implementación de las mejoras se procede a realizar una evaluación de resultados, realizando un montaje de molde de iguales características al analizado en el proceso de levantamiento de información. Se pudo observar que existe una reducción significativa del 50,31% del tiempo empleado en el cambio de molde". (Sarango, 2021)

7. "Esta tesis desea aumentar la productividad de la empresa de plásticos Industrias NIKO S.A. donde actualmente hay una pérdida de tiempo de producción por la gran cantidad de horas perdidas en el cambio de formato de las máquinas de inyección lo cual afecta a la productividad de los productos, porque los moldes presentan una gran cantidad de horas para su instalación la cual por la alta carga de trabajo en una sola área esta se ve afectada".

El objetivo de la presente tesis es reducir el tiempo en el cambio de molde para poder aumentar la productividad de la empresa, para lo cual se propone implementar la herramienta de ingeniería SMED (Minute Exchange of Die), la cual busca reducir los tiempos de cambio de referencia en máquinas de entornos productivos con lo cual lograremos un sistema de mejora continua dentro de la organización.

Se analiza el nuevo tiempo luego de implementar la propuesta, teniendo como resultado el nuevo tiempo de cambio de molde es de 1 hora con 30 minutos como promedio para cambio de molde, ocasionando una reducción de 1 hora y 15 minutos aproximadamente lo cual permitirá un aumento de la productividad, reduciendo las actividades internas y convirtiéndolas en externas mejorando los cambios y los inicios de cada producción". (Lopez Garcia, 2021)

8.El presente artículo tiene como objetivo presentar una propuesta para la disminución de los tiempos de alistamiento en la máquina No. 4 del área de inyección por moldeo en una empresa del sector del calzado, utilizando la metodología SMED, una herramienta fundamental del lean Manufacturing.

La aplicación básica de la metodología SMED, en este caso de estudio, se lleva a cabo a través de cuatro etapas: i) la realización de un estudio de métodos y tiempos para la estandarización del proceso de alistamiento de la máquina, ii) la elaboración del layout para la nueva distribución del área, iii) la definición de los pasos para aplicar la metodología SMED y, finalmente, iv) la utilización de la simulación discreta para la valoración del impacto en los tiempos de alistamiento.

Después de realizar las etapas anteriores para la implementación de la propuesta en la empresa, se logra disminuir el tiempo de alistamiento en 51,53 % y se incrementa la capacidad efectiva diaria de producción en 9,5 %. (Romero, 2023)

9. “La tesis Aplicación del SMED para mejorar la productividad en la línea de producción de reglas en la empresa Artesco S.A. 2019, cuyo objetivo fue determinar en qué medida la aplicación del SMED mejora la productividad en la línea de producción de reglas en la empresa Artesco S.A. 2019. La presente tesis fue de tipo aplicada, nivel descriptivo y explicativo, el enfoque de la investigación fue de tipo cuantitativa, respecto al diseño de la investigación fue experimental de tipo cuasi experimental, el alcance temporal fue longitudinal, la población de este estudio estuvo conformada por un molde de regla de 30 evaluado en 16 semanas antes y después; por último, la muestra seleccionada es igual a la población. El resultado dio valores que incrementó la productividad en un 13%, de igual modo el incremento de la eficiencia en un 7% y la eficacia en un 7%, en la empresa Artesco S.A. El cual conlleva a una discusión y conclusión con coherencia, llegando a los objetivos planteados. La tesis concluyó que al aplicar el SMED en el proceso de cambio de molde se hará uso de tres dimensiones, separar tareas internas y externas, convertir tareas internas en externas y mejorar las tareas.” (Huamanchay, 2019)

10.” El proyecto de investigación tuvo por objeto determinar alternativas de mejoras en el proceso de cambio de herramientas en las líneas de hachas y zapapicos según la metodología SMED (Single Minute Exchange of Die) en una empresa del sector metalmeccánico de la ciudad de Manizales, con el fin de disminuir los tiempos y movimientos.

Se realizó el diagnóstico inicial del proceso para identificar brechas y analizar tiempos y movimientos empleando la técnica de mediciones con filmaciones, observaciones y curso grama analítico; además, se contó con el apoyo del estudio de tiempos y movimientos. Luego, se determinaron las actividades internas y externas del proceso en las líneas de hachas y zapapicos. Posteriormente, se plantearon mejoras del proceso en las líneas anteriormente enunciadas soportadas en un análisis de costos; las propuestas fueron: diseñar plantillas para el desgaste de los herramentales, estandarizar las platinas, pintar las herramientas de apoyo, codificar las canecas de herramientas de apoyo y diseñar el instrumento Industrial Table Car.

A modo de conclusión, los análisis realizados en el factor humano, maquinaria, proceso, área de trabajo y con las propuestas de mejoras del proceso de cambio de herramentales en las líneas de hachas y zapapicos se buscó brindar a la empresa una herramienta que permitiera aumentar la productividad; así mismo, contribuir a la reducción de tiempos improductivos y en costos hasta en un 22 % en un cambio 6,1 h en promedio por cada propuesta y a la eliminación de operaciones que no agregan valor. Además, velar por un mayor control y estandarización en los procesos” (Villanueva Mateus, 2020)

## CAPITULO 4

### DESARROLLO

Se analizó y se desarrollaron las mejoras que se van a aplicar en molde de inyección plástica, puesto que la mayor parte de las interacciones fueron en dicho molde. Y para esto se realizó el estudio del modelo del molde en 3D utilizando el programa SolidWorks, que nos ayudó a realizar los cambios que se aplicaron en las partes que anteriormente ya se han definido para el cambio de insertos.

En la siguiente imagen 20. se muestra el molde de inyección plástica donde se realizarán las mejoras de cambio de insertos que serán 8 posiciones.

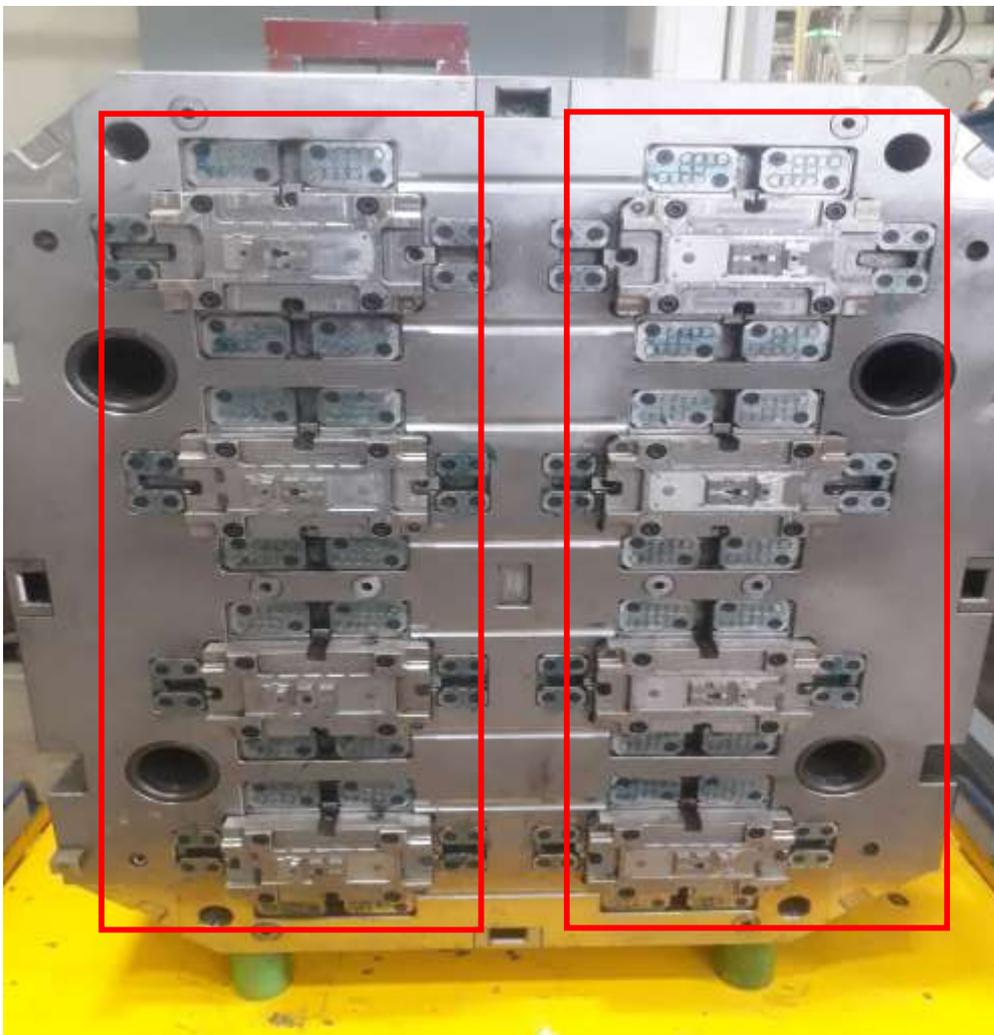


imagen 20.Molde a Modificar

#### 4.1: -Cronograma de actividades

Como podemos observar en la siguiente imagen se describen todas las actividades a realizar en el tiempo previsto.

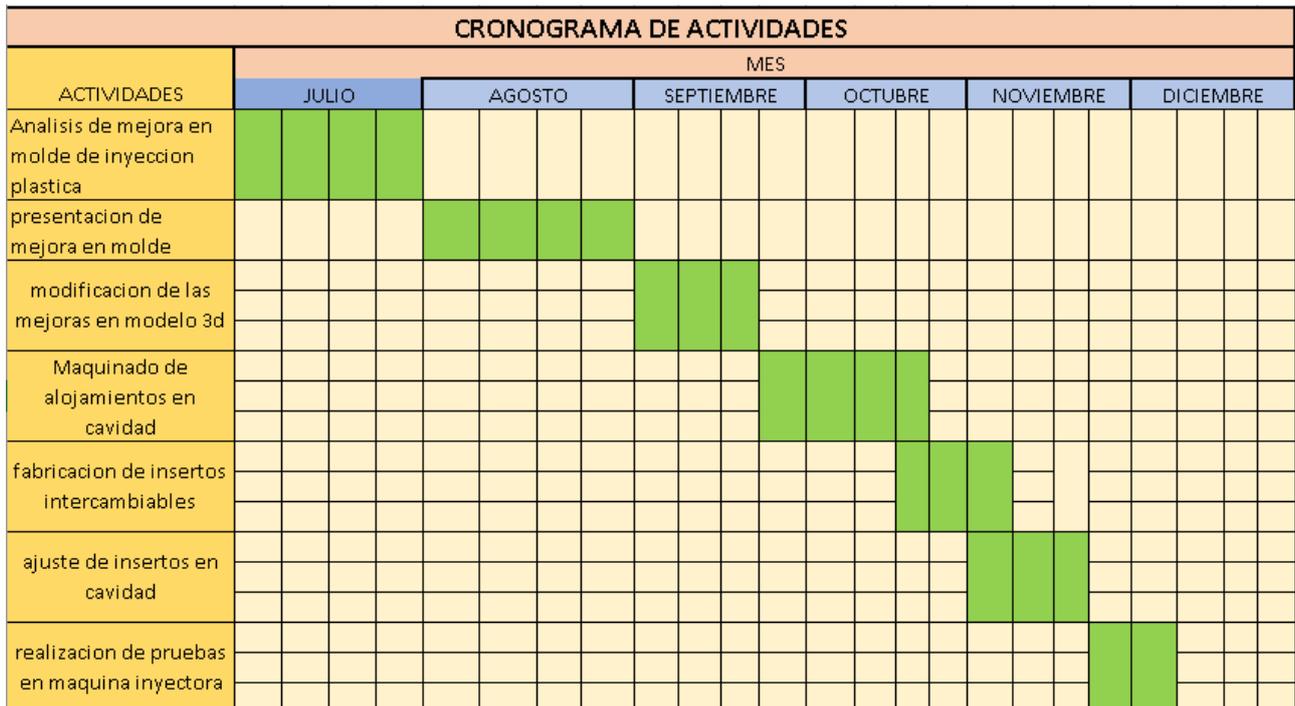
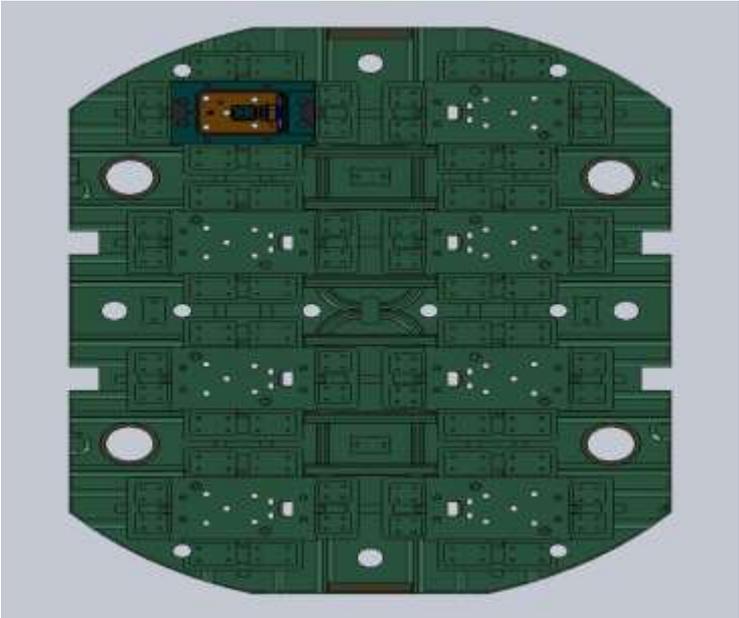
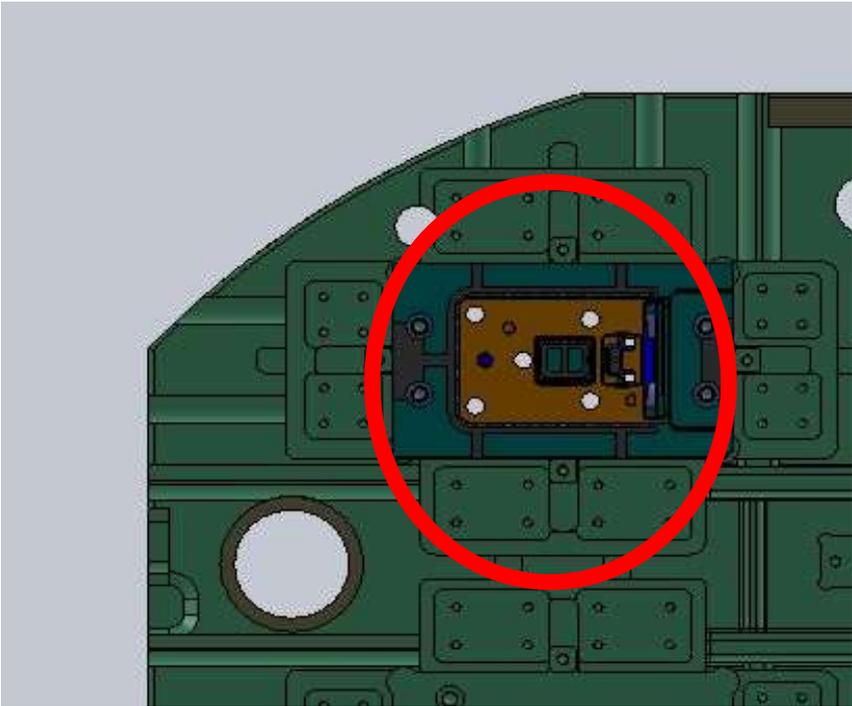


Imagen 21.Cronograma de actividades

En la siguiente imagen 22/23 podremos apreciar exactamente el área del porta molde en un 3D donde se extrajeron las cavidades, para realizar los cambios en el diseño y posteriormente se realizaron los ensambles de los insertos y posicionamiento de estos.



*imagen 22.Modelo de placa porta cavidad*



*imagen 23.cavidad*

#### 4.2: -Sketch y maquinado de alojamientos de cavidades

Una de las ocho cavidades que se tuvieron que extraer molde, para realizar maquinados en fresadora CNC, posteriormente se realizaron ajustes y dimensionado de alojamientos para nuevos insertos. Imagen 24

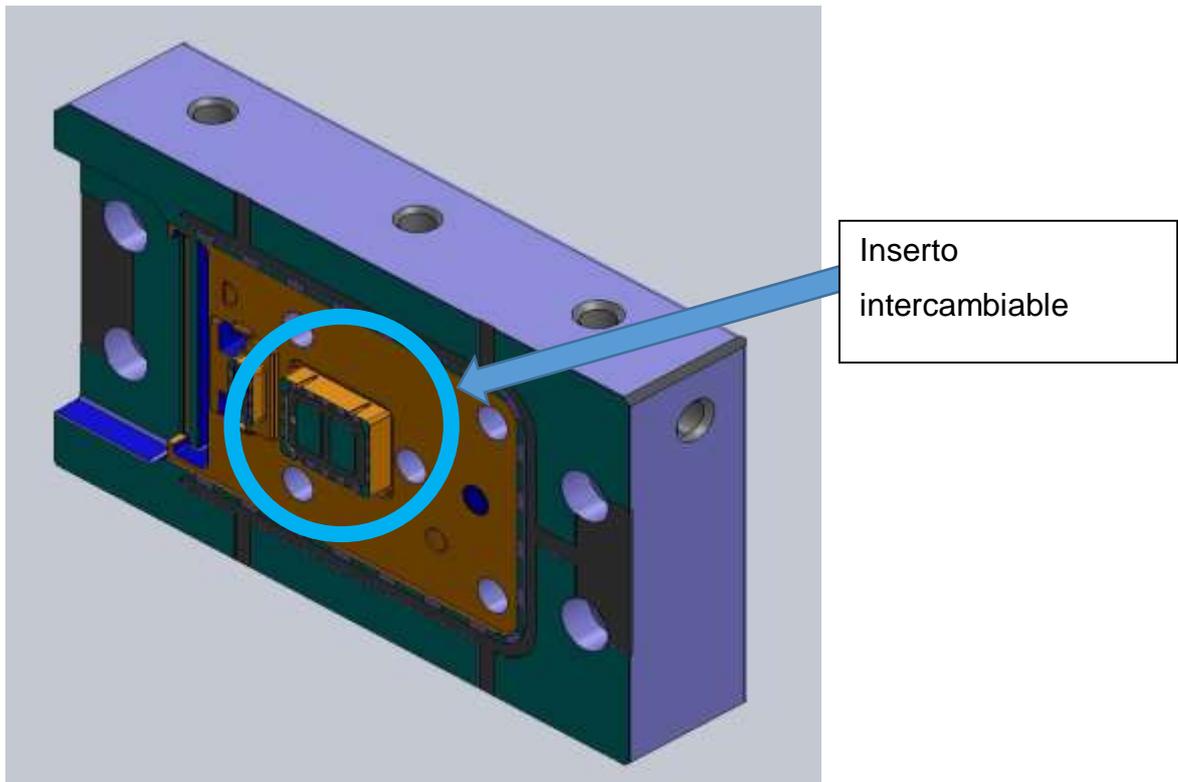


imagen 24. Inserto intercambiable

Mediante el software de SolidWorks se realizaron los cambios en la cavidad, y se diseñó la forma de extracción de los insertos, así como la posición de los tornillos de sujeción, medida de los tornillos y el maquinado del alojamiento de insertos.

En la siguiente fig. 25 se muestra primeramente el sketch que se realizó en la cavidad, donde se le dieron las dimensiones que se requirieron para el maquinado de los insertos que están fijos y posteriormente realizar los maquinados correspondientes en CNC.

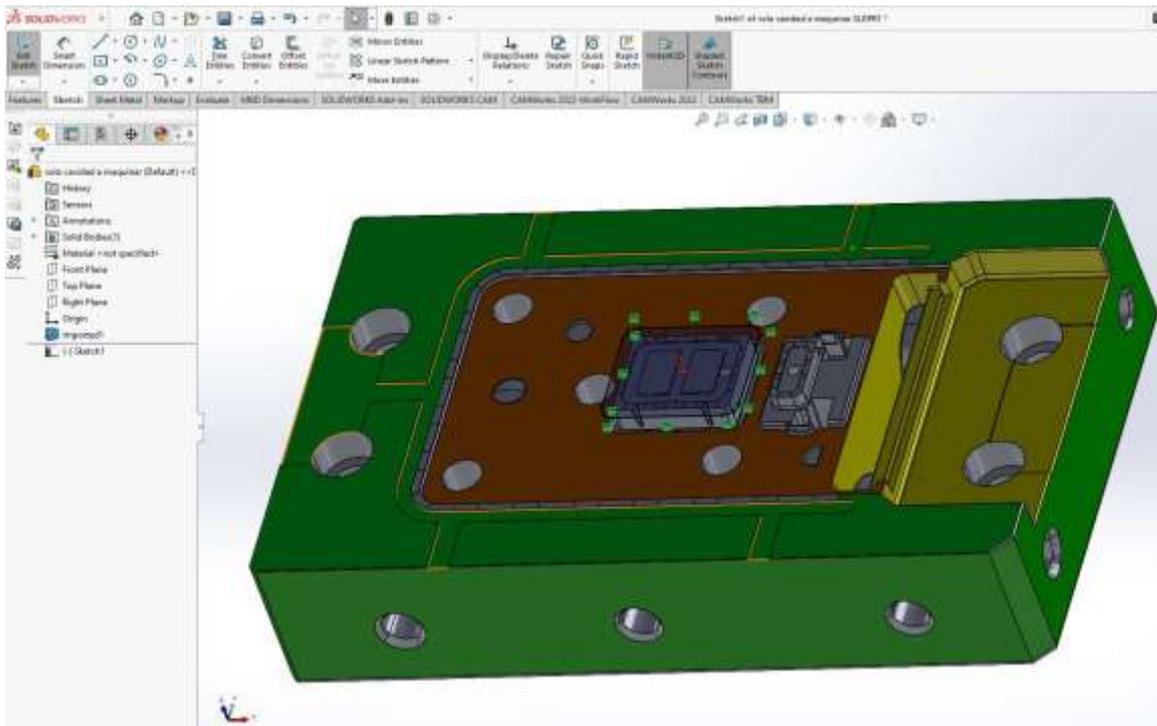


imagen 25.sketch realizado para maquinado de alojamiento

Después de haber realizado el sketch en cavidad se realizó el corte en los alojamientos, así como la profundidad que llevaran y donde se procedió a realizar el maquinado en cada una de las 8 cavidades que se requieren modificar. Imagen 26

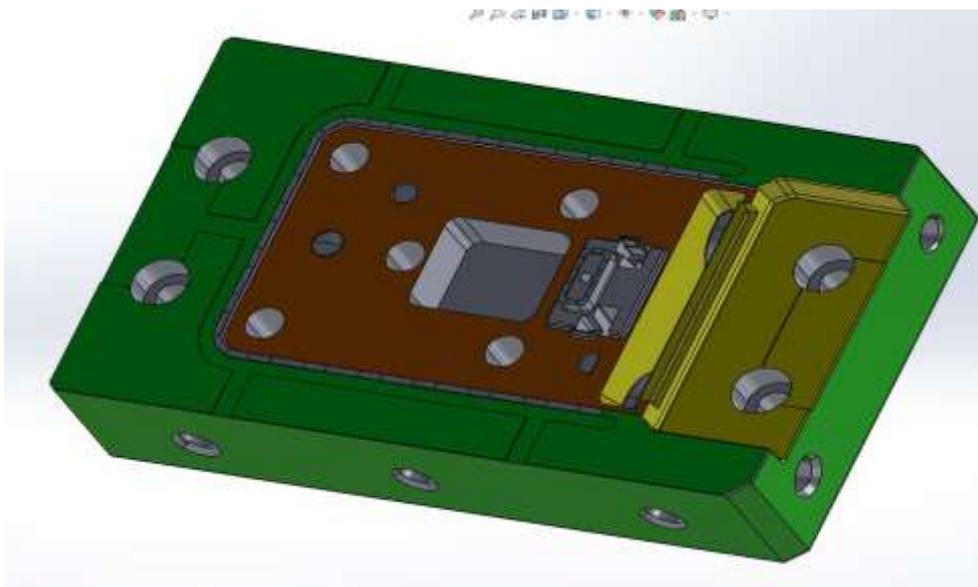
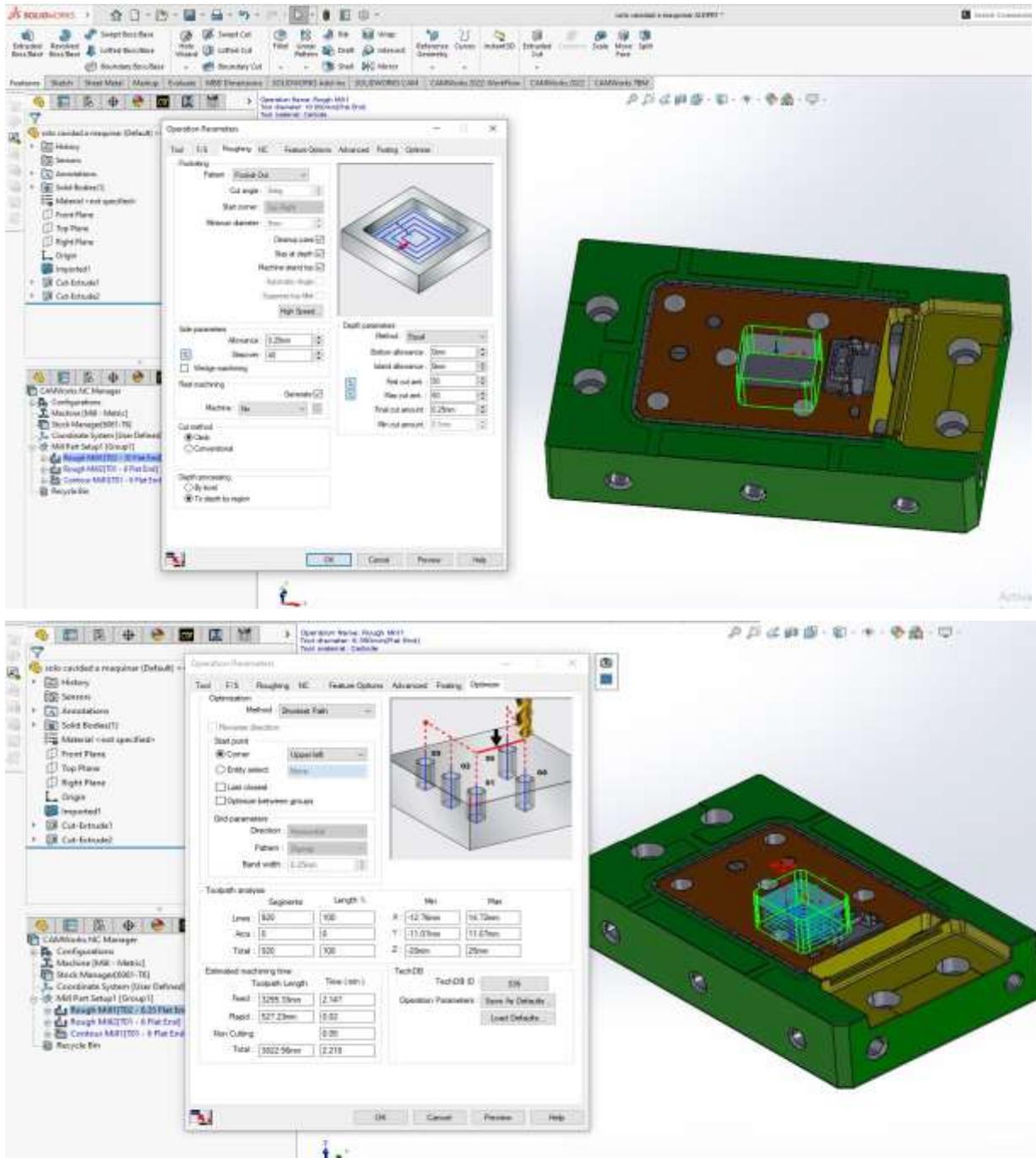


imagen 26..Alojamiento de inserto

Seleccionando el tipo de maquinado y herramientas a utilizar en el software de camwoks, se procedió a realizar las simulaciones en el modelo únicamente, verificando y corrigiendo los posibles errores que se llegarán a presentar en este proceso de maquinado, que posteriormente se aplicaron a las cavidades restante, como se aprecia en la siguiente imagen 27.



*imagen 27.proceso de maquinado de alojamiento*

Después de haber realizado el maquinado en el software y estar plenamente seguro del recorrido de la herramienta, se procedió a generar los códigos G y M que se pasaron al centro de maquinado por medio de USB. Imagen 28.

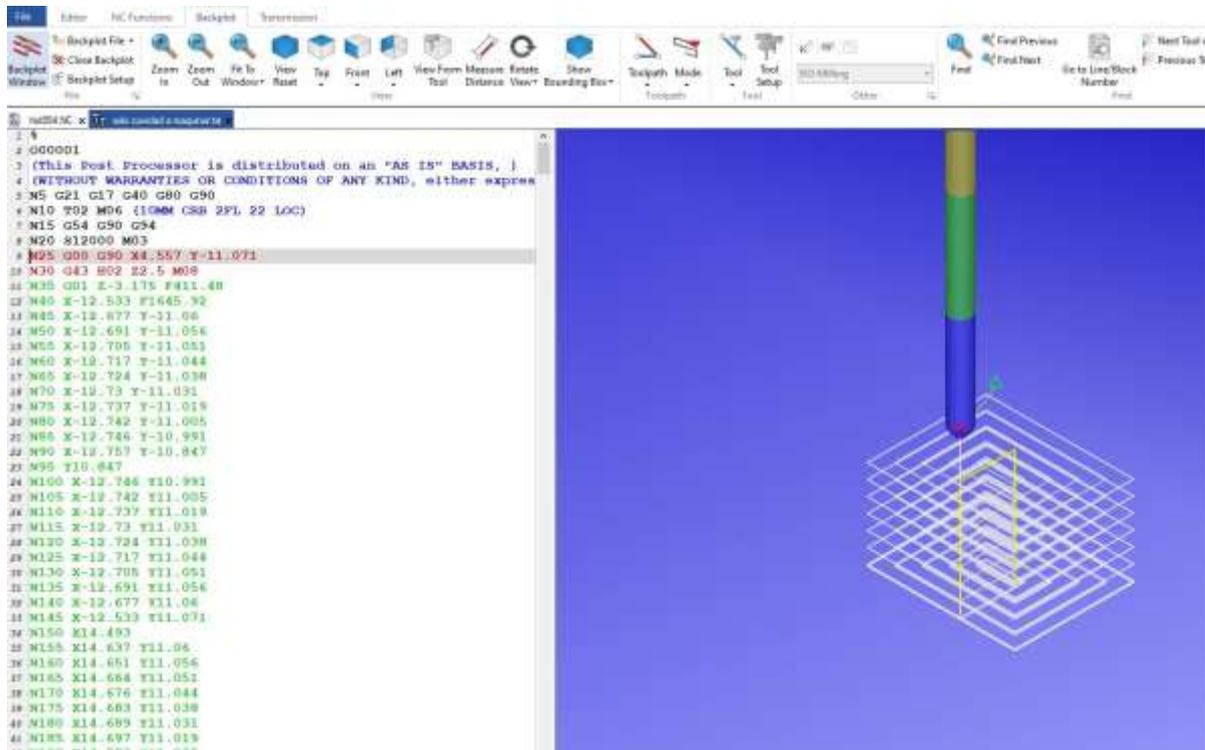


imagen 28.generación de códigos para el alojamiento de insertos

En la siguiente imagen 29 se muestra la cavidad ya maquinada del alojamiento, para el inserto y seguido de este proceso se realizó el barrenado para hacer una rosca m5, que será la que sujete al inserto contra la cavidad. Y de esta forma los insertos serán atornillados de la parte frontal sin necesidad de bajar el molde de la máquina inyectora, únicamente se realizará el cambio de insertos cuando aplique un cambio de modelo o versión diferente de pieza plástica requerida por el cliente.

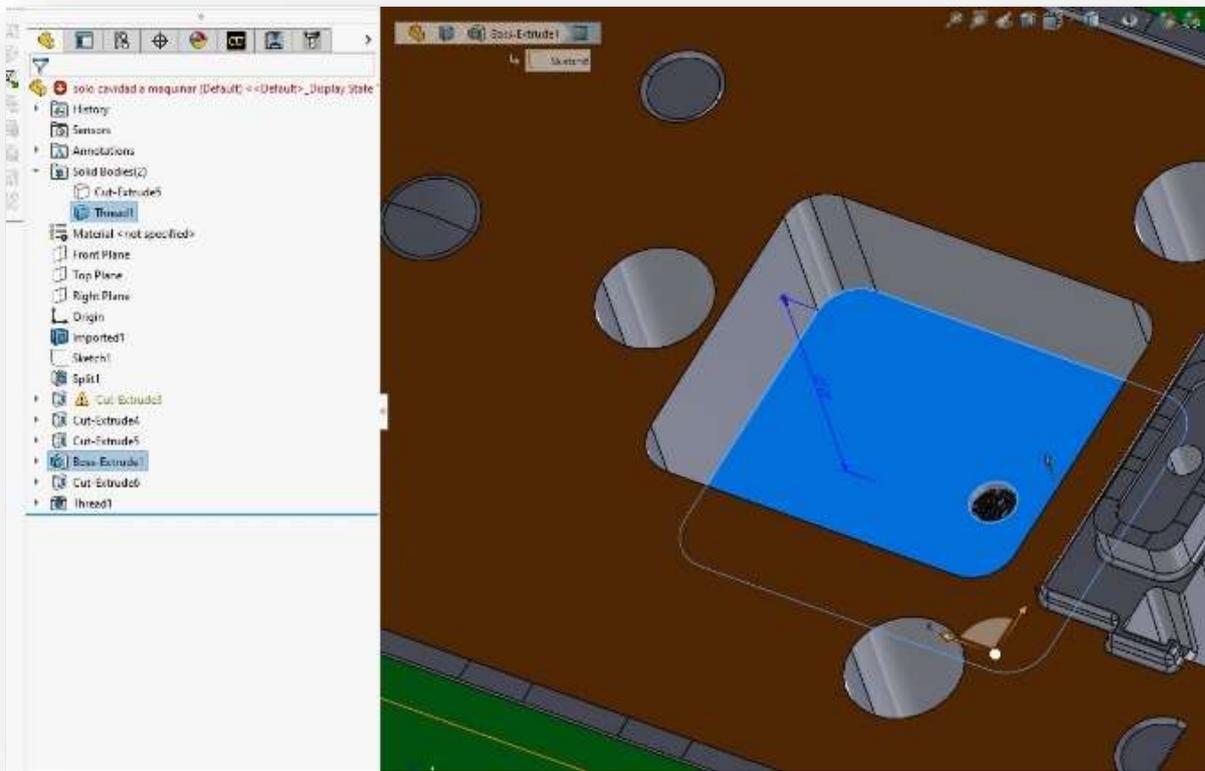
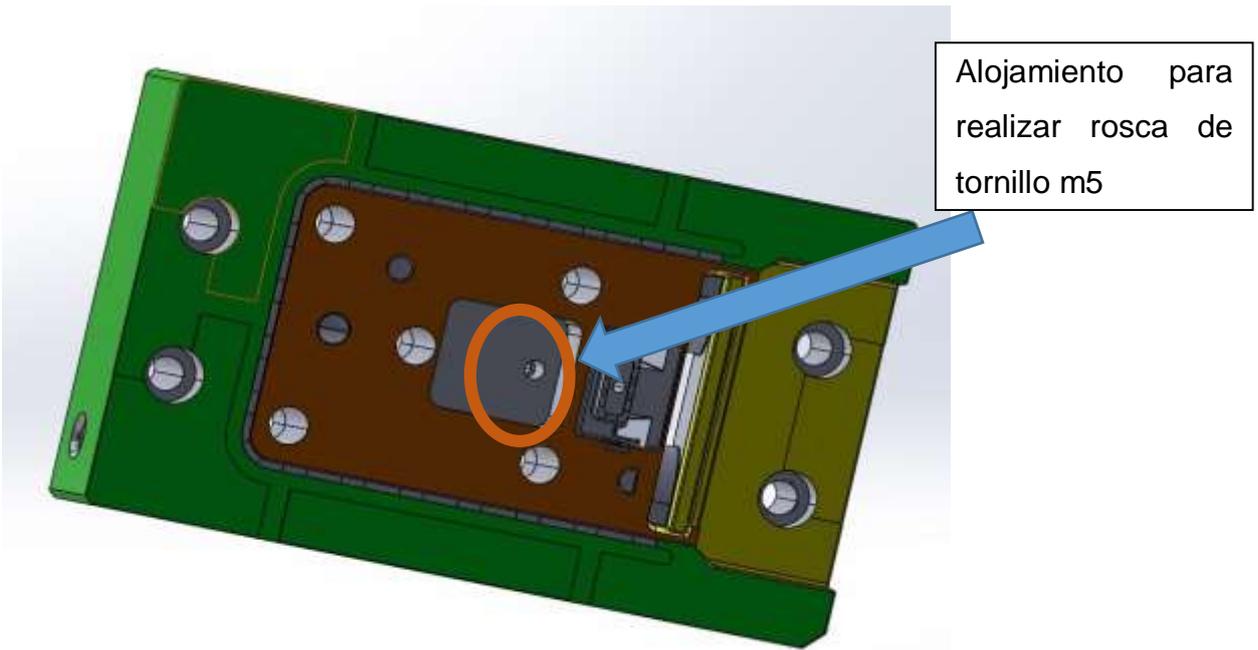


imagen 29.alojamiento para rosca de tornillo m5

#### 4.3: -Maquinado de insertos versión anterior y nueva versión

En el proceso anterior se maquinaron los alojamientos de los insertos en la cavidad, y seguido de esto se fabricaron los insertos que llevaran la nueva versión, así como los de la versión pasada, en total se fabricaron 16 insertos de material h13 los cuales se ajustaron en la cavidad y en donde se realizaron los maquinados correspondientes, para cada versión de insertos.

En las siguientes imágenes 30/31 se muestran las 2 versiones con las cuales el molde estará trabajando.

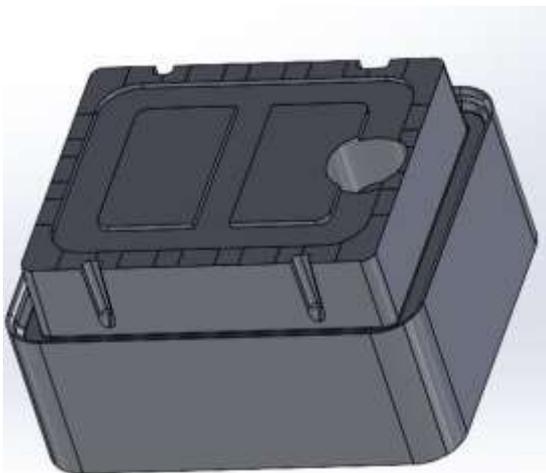
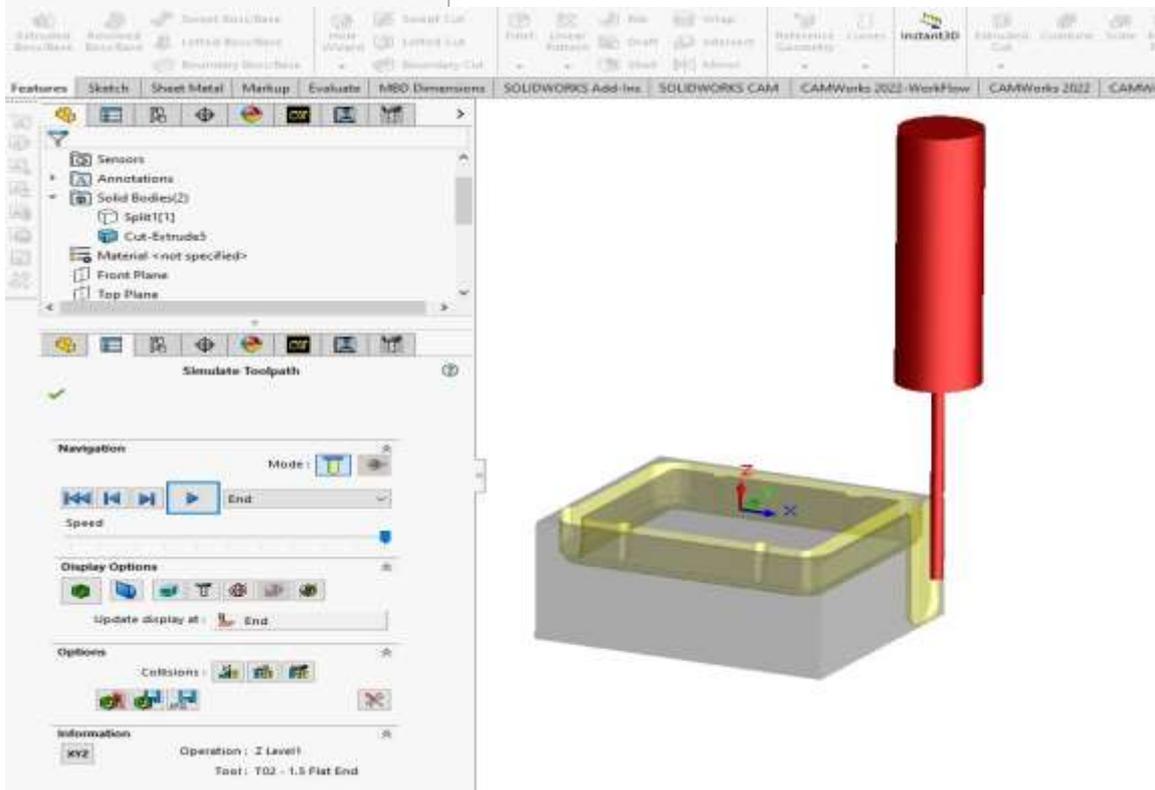
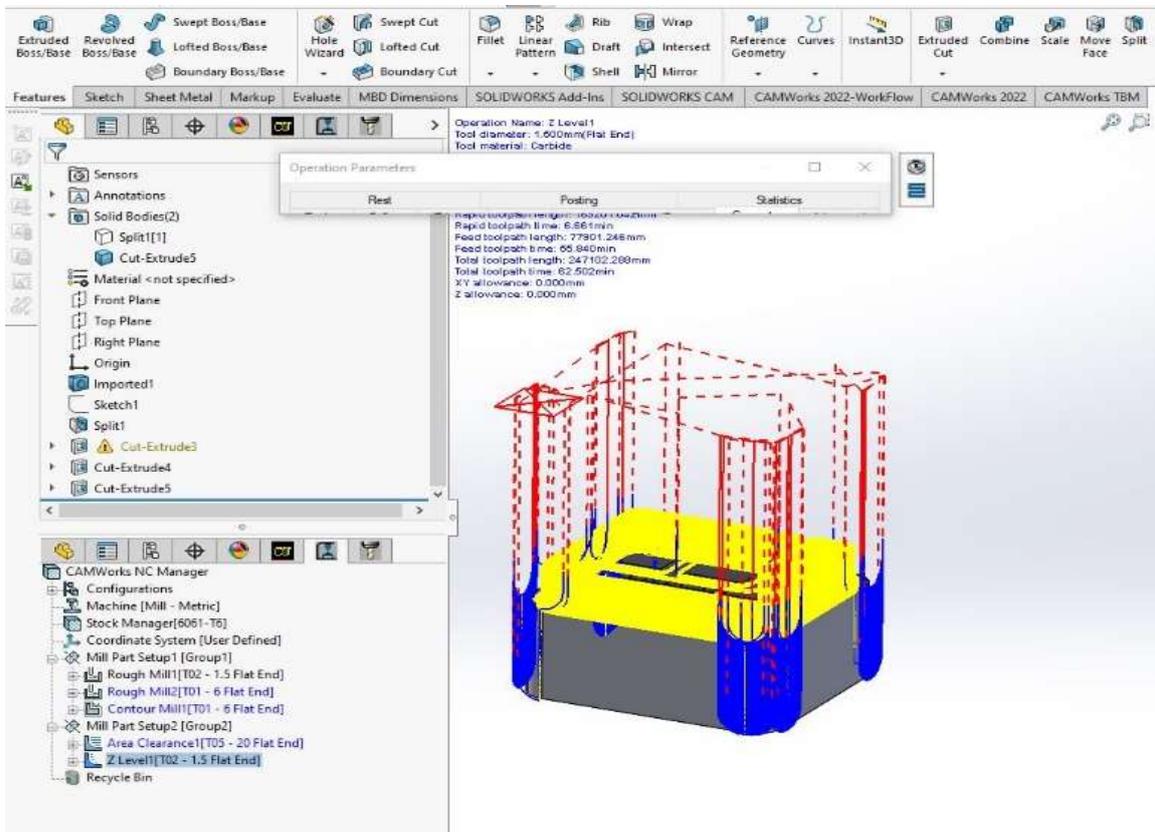


imagen 31.inserto de versión current



imagen 30.inserto de versión pig tail

El maquinado de las 2 versiones de insertos se realizó en conjunto y el proceso de desbaste y acabado en CNC por medio del software fue satisfactorio, en donde se corrigieron errores que en un principio no se detectaron, como fue el ángulo de salida. Y se muestra en la siguiente Imagen 32.



*imagen 32.simulacion de maquinado de insertos*

#### 4.4: -Proceso de ensamble, inserto y cavidad

Por último y después de que todos los insertos fueron terminados y verificados en dimensión, por el área de calidad se procedió a realizar el ajuste y ensamble de los insertos en las cavidades previamente maquinadas del alojamiento. Se ajustaron los 16 insertos, tanto versión current y versión pig tail.

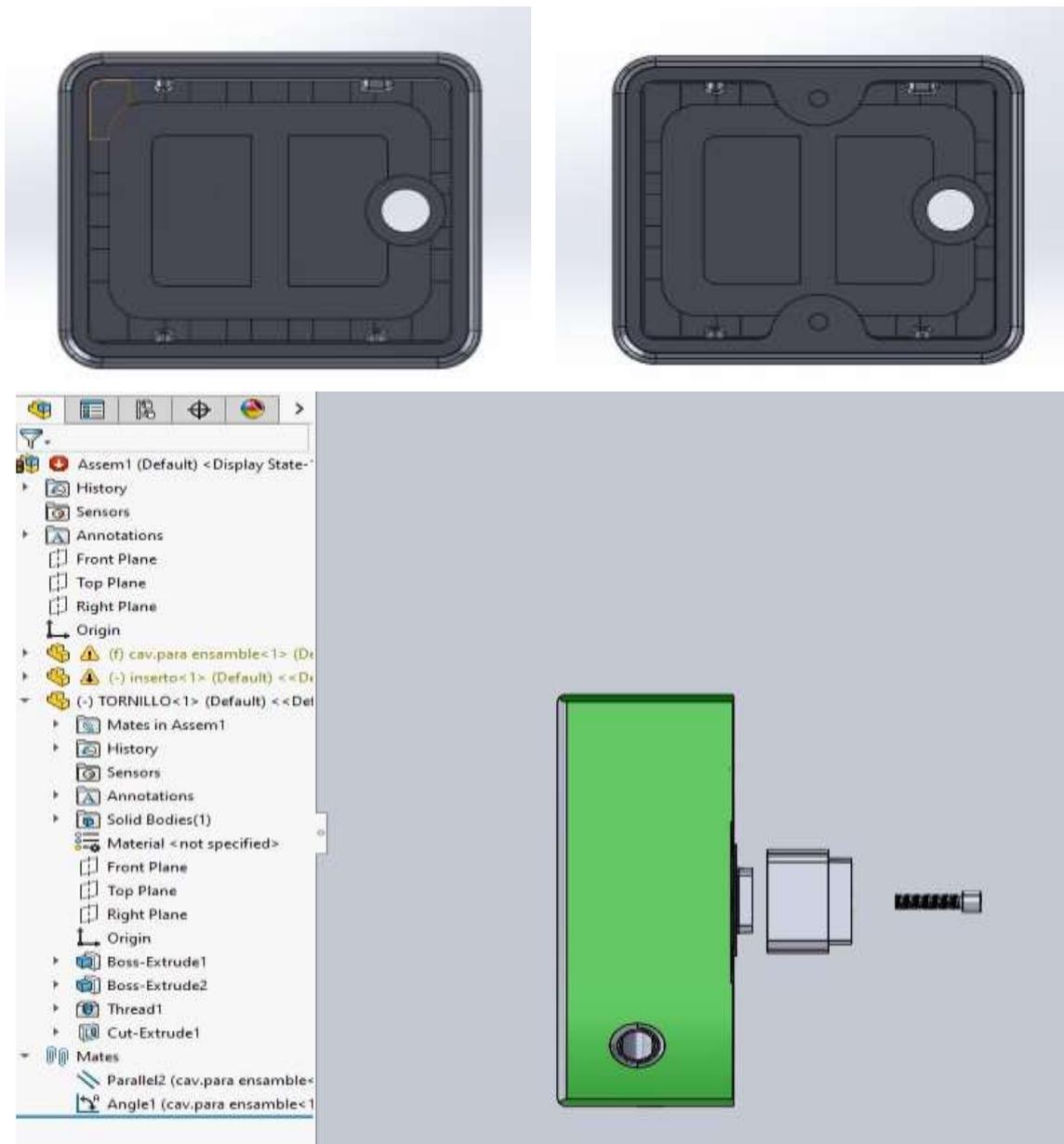


imagen 33.ajuste de insertos en cavidad

Como podemos observar en las siguientes imágenes, el inserto se podrá extraer de

la cavidad sin la necesidad de bajar el molde cuando ya esté montado en maquina inyectora,

independientemente que versión se requiera y la cantidad de piezas requeridas por el cliente el tiempo de cambio de versión será de aproximadamente de 60 minutos. y el arranque de máquina

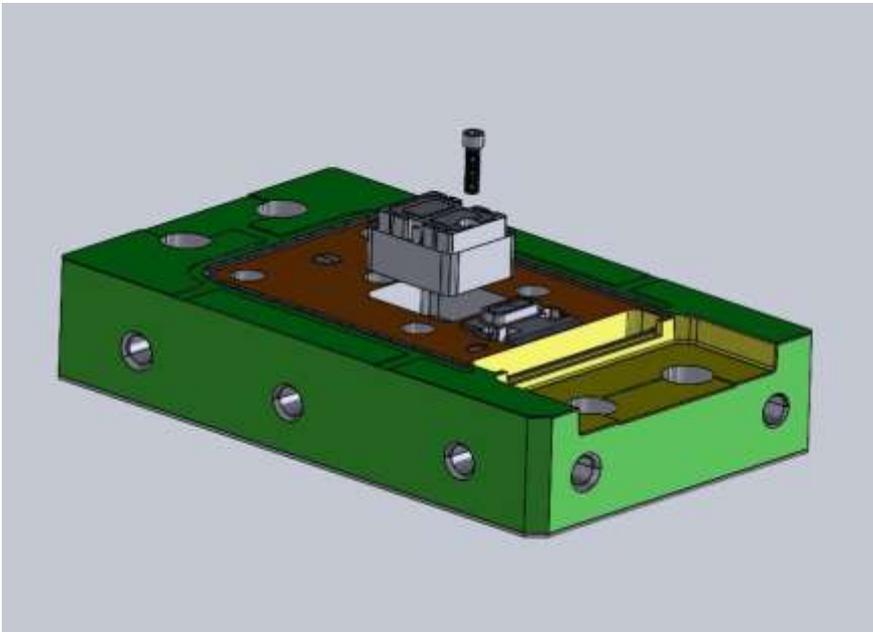


imagen 35.extracción de inserto pig tail de cavidad

por el especialista de moldeo es de 10 minutos, por consiguiente, el cambio de versión será de 70 minutos en total.

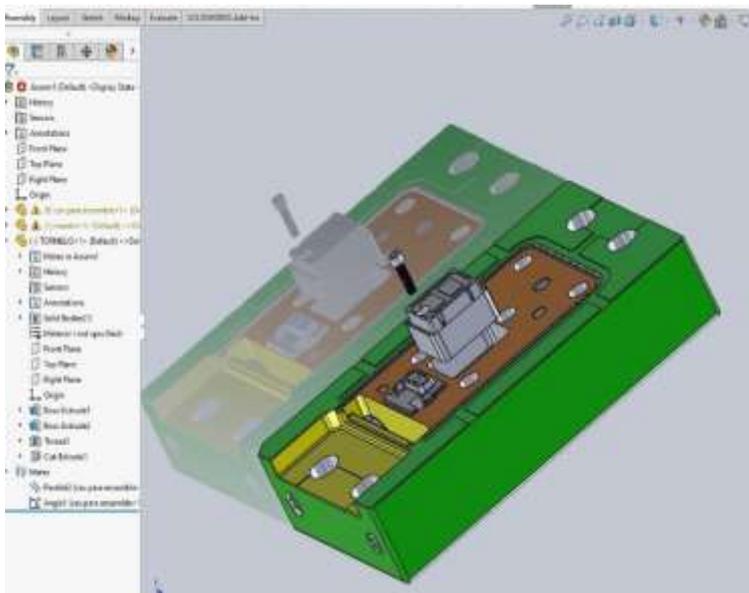


imagen 34.extracción de inserto current de cavidad

## CAPITULO 5

### RESULTADOS

En la siguiente imagen ilustrativa podemos observar el molde montado en maquina inyectora, el cual consiste en abrir molde, retirar unidad de inyección, apagar motores y proceder a realizar el cambio de insertos por personal técnico de tool room, a la cual se ha capacitado para realizar dicha actividad.



Imagen 36 Molde montado en máquina inyectora

5.1-Tiempo anterior al cambio de configuración

En las siguientes graficas se muestra el tiempo que se tardaba al realizar un cambio de modelo de pieza plástica, cuando era requerido por planeación.

Tabla 1, grafica de tiempos de cambio de insertos antes de la mejora

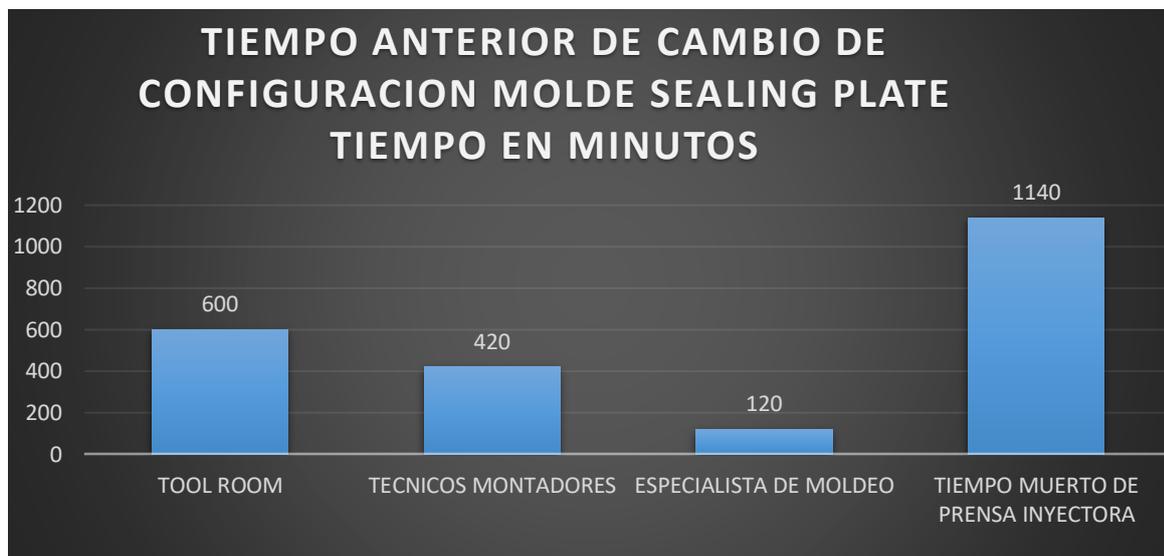


Tabla 2.Capacidad antes de la mejora, de máquina inyectora

TIEMPO DE PARO DE PRODUCCION POR CAMBIO DE MODELO	CANTIDAD DE PZS PERDIDAS POR CAMBIO DE MODELO	% DE EFICIENCIA DE INYECTORA AL CAMBIO DE MODELO
19 HRS	4218 PZS	20.83%

MAQUINA INYECTORA TRABAJANDO  
UNICAMENTE AL **20.83%** DE SU  
CAPACIDAD

### 5.2-Tiempo actual al cambio de configuración.

Ahora en la gráfica siguiente se muestra el tiempo que se tarda el realizar el cambio de versión, una vez que se ha realizado la mejora en el molde.

Tabla 3.Grafica de tiempos después de la mejora

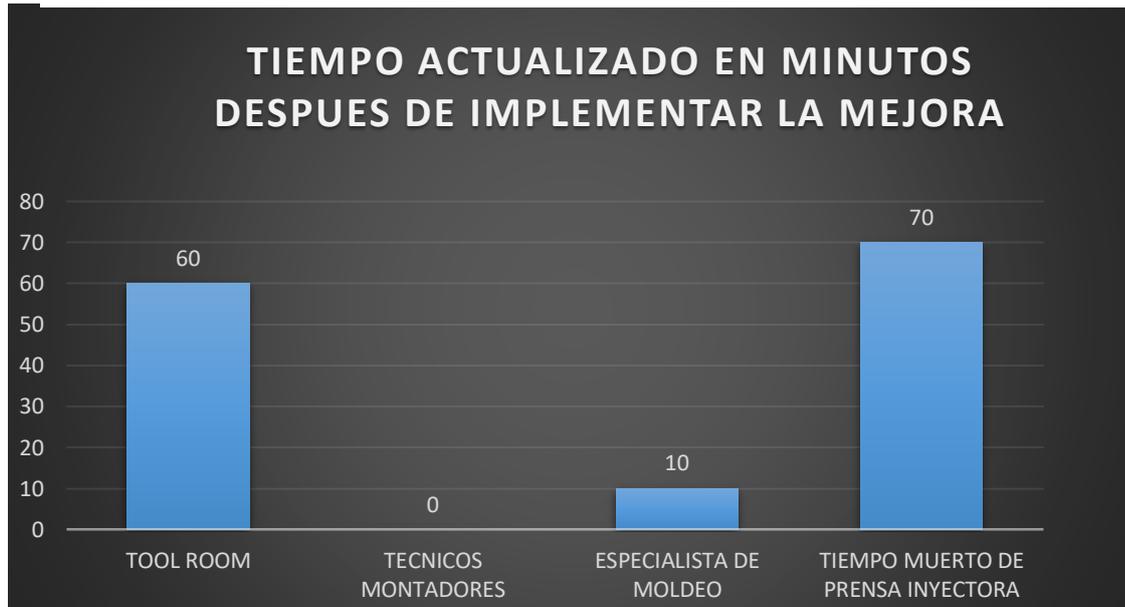


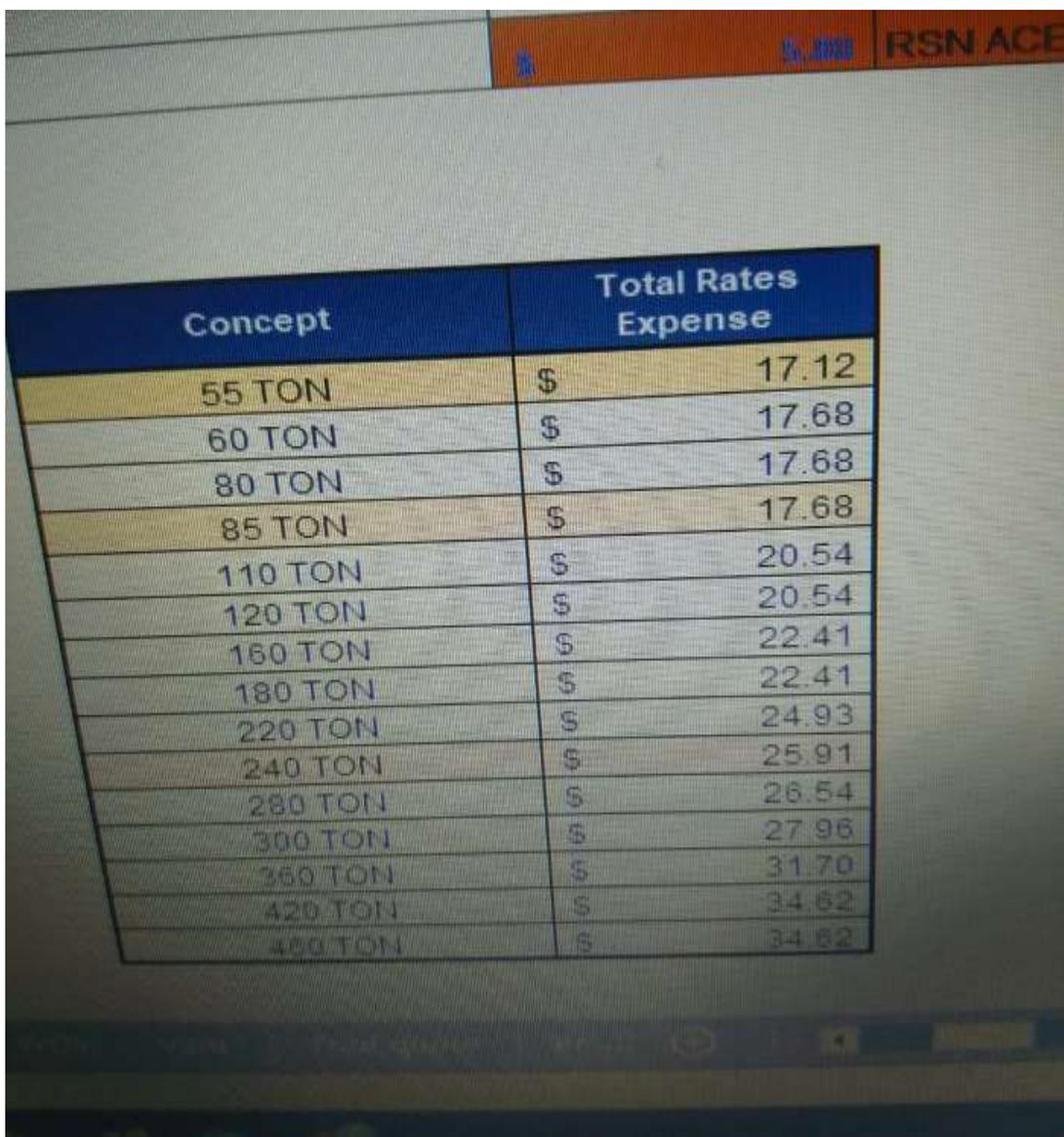
Tabla 4.Capacidad después de la mejora de inyectora

TIEMPO DE PARO DE PRODUCCION POR CAMBIO DE MODELO	CANTIDAD DE PZS PERDIDAS POR CAMBIO DE MODELO	% DE EFICIENCIA DE INYECTORA AL CAMBIO DE MODELO
70 MIN	259 PZS	95.12%

**MAQUINA INYECTORA  
TRABAJANDO AL 95.12%  
DE SU CAPACIDAD**

### 5.3- Costos

En la siguiente imagen se muestra el costo que genera, el tener una maquina inyectora detenida, sea cual sea el motivo y depende el tonelaje que esta sea, en este caso la máquina que se emplea fue de 85 toneladas, por lo tanto el costo asciende a (\$17.68dls/h)



Concept	Total Rates Expense
55 TON	\$ 17.12
60 TON	\$ 17.68
80 TON	\$ 17.68
85 TON	\$ 17.68
110 TON	\$ 20.54
120 TON	\$ 20.54
160 TON	\$ 22.41
180 TON	\$ 22.41
220 TON	\$ 24.93
240 TON	\$ 25.91
280 TON	\$ 26.54
300 TON	\$ 27.96
360 TON	\$ 31.70
420 TON	\$ 34.62
480 TON	\$ 34.62

Imagen 37. Costo por hora de mantener máquina inyectora detenida dependiendo del tonelaje

5.4-Costo anterior generado al cambio de configuración

El tiempo y costo que se generaba al realizar un cambio de modelo, está representado en la siguiente imagen.

Y aproximadamente estos cambios de modelo se realizaban de 2 a 3 veces por mes, dependiendo de los requerimientos del cliente.

TIEMPO DE CAMBIO DE CONFIGURACION MOLDE SEALING PLATE		
DEPARTAMENTO	TIEMPO EN HORAS	
TOOL ROOM	10	
TECNICOS MONTADORES	7	
ESPECIALISTA DE MOLDEO	2	
TIEMPO MUERTO DE PRENSA INYECTORA	19	
costo /h de maquina inyectora	tiempo de paro (hrs)	costo (dls)
\$17.68	19	\$335.92
<b>Es el costo que generaba el realizar un cambio de modelo</b>		
<b>\$335.92 DLS</b>		

imagen 38.Costo qué se generaba al cambio de modelo

### 5.5-Costo actual generado al cambio de configuración

Como podemos observar en la imagen la mejora realizada es plenamente exitosa, disminuyendo el tiempo de cambio de configuración hasta un 89%.

TIEMPO ACTUALIZADO DESPUES DE IMPLEMENTAR LA MEJORA		
DEPARTAMENTO	TIEMPO EN HRS	
TOOL ROOM	1	
TECNICOS MONTADORES	0	
ESPECIALISTA DE MOLDEO	0.1	
TIEMPO MUERTO DE PRENSA INYECTORA	1.1	
costo /h de maquina inyectora	tiempo de paro (hrs)	costo (dls)
\$17.68	1.1	\$19.45

Es el costo que se genera el realizar un cambio de modelo **\$19.45 DLS**

imagen 39.Costo actualizado, después de la mejora

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES

Es una gran satisfacción ver los resultados obtenidos, que indudablemente fueron positivos después de la implementación de las mejoras, todo el trabajo realizado y el estudio elaborado arduamente, la implementación y el uso de los softwares nos permitieron ver los alcances a los que podemos llegar y no solo en la industria, sino que en cualquier campo laboral. De tener un 20.83% en eficiencia de máquina inyectora lo llevamos a un 95.12% de igual manera el cambio de versión de hacerse en 19 hrs lo llevamos a únicamente 70min.

Personalmente cuando conoces un proceso y estas familiarizado con este, las oportunidades de mejora van fluyendo de forma espontánea, te das cuenta en que parte del proceso se tiene una deficiencia y que se debe atacar en el momento.

Las oportunidades de mejora están en cualquier lugar que tu mires, únicamente hay que tener ese interés de arreglar y ganas de cambiar las cosas.

El haber realizado este proyecto me demostré a mí mismo que si se pueden alcanzar los objetivos, a pesar de lo difíciles que parezcan y complicados que estos se vuelvan, con dedicación, esfuerzo y el gusto de hacer las cosas el éxito llegara por sí solo.

## CAPITULO 7

### Competencias desarrolladas

- 1.-Eficiente el uso de la máquina inyectora.
- 2.-Implemente un proceso para el cambio de insertos, rápido y eficaz en molde de inyección plástica.
- 3.-Aplique mejoras y conocimientos de software de diseño y maquinado en CNC.
- 4.-Minimice los costos, generados por el paro de máquina.
- 5.-Mejore el tiempo de respuesta, en entrega de ordenes requeridas, e independientemente de la versión solicitada por el cliente.
- 6.-Se mejoró la relación de confianza del cliente hacia nosotros, en cuanto a tiempos de entrega.
- 7.-Desarrolle conocimientos de mejora continúa basándonos en procesos claros y métodos prácticos.

## CAPITULO 8

### REFERENCIAS

Castro Castañeda, K. A., & Reyes Rivera, L. E. (2019). Fabricación de moldes de inyección de plásticos por medio de CAD/CAM/CAE: análisis de las variables asociadas a la reparación y fabricación de moldes de inyección de plásticos.

Medina Salas, D. A. (2021). Aplicación de la herramienta SMED para la reducción del tiempo de cambio de molde en la línea de inyección de plásticos en la empresa PLASTIMEC SAC.

Jara García, S. (2019). Reducción de tiempo en cambio de modelo en la máquina 9 en el área de inyección de plásticos.

Patiño Urresti, J. A., & Hernández Cuadros, W. I. (2022). Implementación de la metodología SMED para la reducción de los tiempos de cambio de molde en maquina inyectora de preforma Cali, Colombia.

Sarango Bustos, C. G., & Rodríguez, Z. (2021). *Reducción de los tiempos de cambios de moldes en una línea de producción de tuberías plásticas mediante la aplicación de la metodología SMED* (Doctoral dissertation, ESPOL. FIMCP).

López García, J. P. E. (2021). SMED para cambio de formato de máquinas inyectoras para aumentar la productividad en la empresa Industrias NIKO SA, Lima–2021.

Arcela Huamanchay, C. L. (2019). Aplicación del SMED para mejorar la productividad en la línea de producción de reglas en la empresa Artesco SA 2019.

Villanueva Mateus, T. A. (2020). Propuestas de alternativas de mejoras en el proceso de cambio de herramientas utilizando SMED en las líneas de hachas y zapapicos en una empresa del sector metalmeccánico de Manizales.

Ruiz Montesdeoca, X. A. (2020). *Propuesta de aplicación del método SMED en la línea de Termoformado Foam máquina Irwin 3 de la Empresa Plásticos Ecuatorianos SA* (Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería Industrial.).

Milla López, M. A. (2018). Aplicación de la herramienta Smed para incrementar la productividad de las líneas de inyección de la empresa Industrias Europeas SAC, SJL, 2017.

Tapasco, F. C. A., Zúñiga, J. A., & Romero, H. F. (2023). Propuesta para la reducción de los tiempos de alistamiento en el proceso de inyección EVA en una empresa del sector calzado mediante la implementación de la metodología SMED. *INVENTUM*, 18(35), 14-28.

*Moldes, matrices y utillajes. Productos - Gestión de compras.* (2021, 9 noviembre). *Gestión De Compras.* <https://www.gestiondecompras.com/es/productos/moldes-matrices-y-utillajes/>

Sánchez, J. M. (2014). Diseño y Fabricacion de un molde para inyección de plásticos.

Alfonso León, E. Y., & Ortiz Murcia, C. A. (2021). Diseño y simulación de un molde de inyección de plástico para las tapas del envase de Pegas tic de 40g.

*Formeinsätze* *Formeinsatz* *Wechselform.*  
(s. f.). <https://www.meusburger.com/ES/MX/moldeo-por-inyeccion/molde-intercambiable-fw>

Cornement, F. (2006). Comportamiento térmico y mecánico de mezclas de PC/PET con altos contenidos de PC.

Corral, J. V., & Valerio, J. P. (2010). Reducir el tiempo de preparación utilizando el sistema SMED en una máquina de producción por medio de la metodología DMAIC. In *IV CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA VERTICE 2010* (p. 13).

<http://www.camworks.mx/index.html>

Ulloa, J. (2019). Fundamentos de Manufactura Moderna (3era edición) - Mikell P. Groover. *uba.* [https://www.academia.edu/39088227/Fundamentos de Manufactura Moderna 3era edici%C3%B3n Mikell P Groover](https://www.academia.edu/39088227/Fundamentos_de_Manufactura_Moderna_3era_edici%C3%B3n_Mikell_P_Groover)

Stenerson, Jon. 1997. Computer Numerical Control. Prentice Hall. Estados Unidos

Philipp, T. (2022, 8 noviembre). *¿Qué es un código G? Mr Beam explica.* Mr Beam Lasers. <https://www.mr-beam.org/es/blogs/news/que-es-un-codigo-g>

Runsom, P. (2022, 28 noviembre). *An overview of G-Code and M-Code used in CNC machining*. Precisión Runsom. <https://www.runsom.com/es/blog/g-code-and-m-code-in-cnc/>

**CAPITULO 9**

ANEXOS

Dibujos 2D

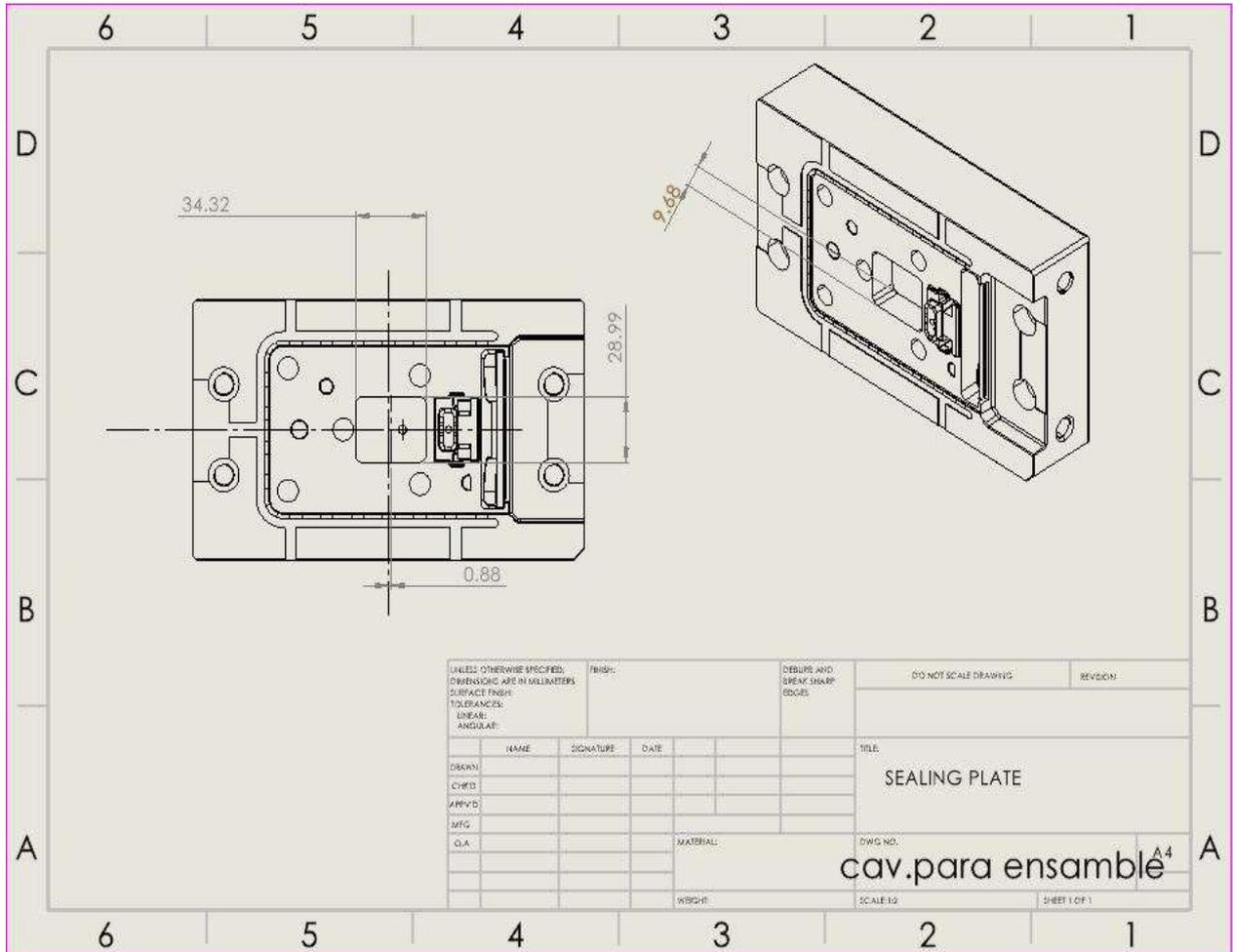


imagen 40.ANEXOS

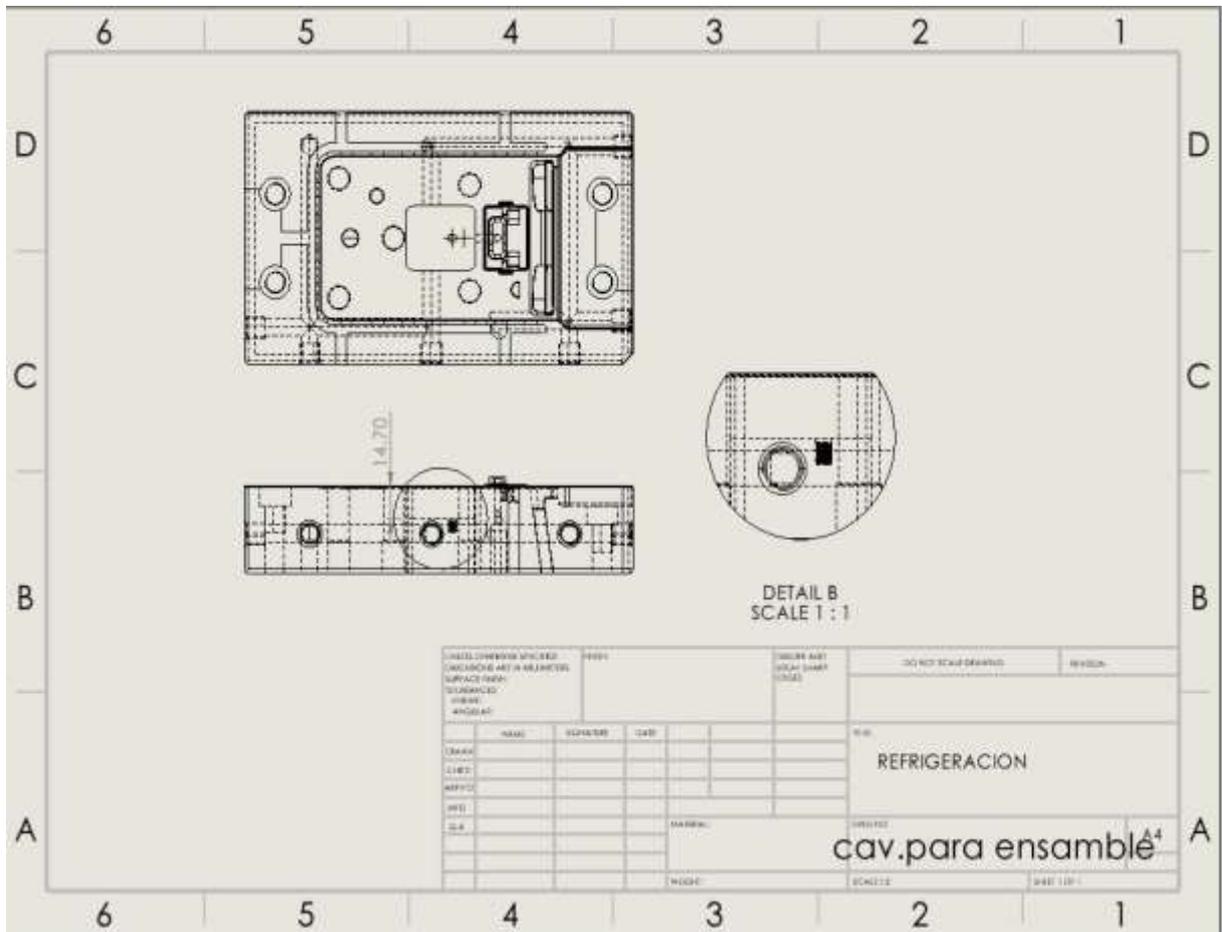
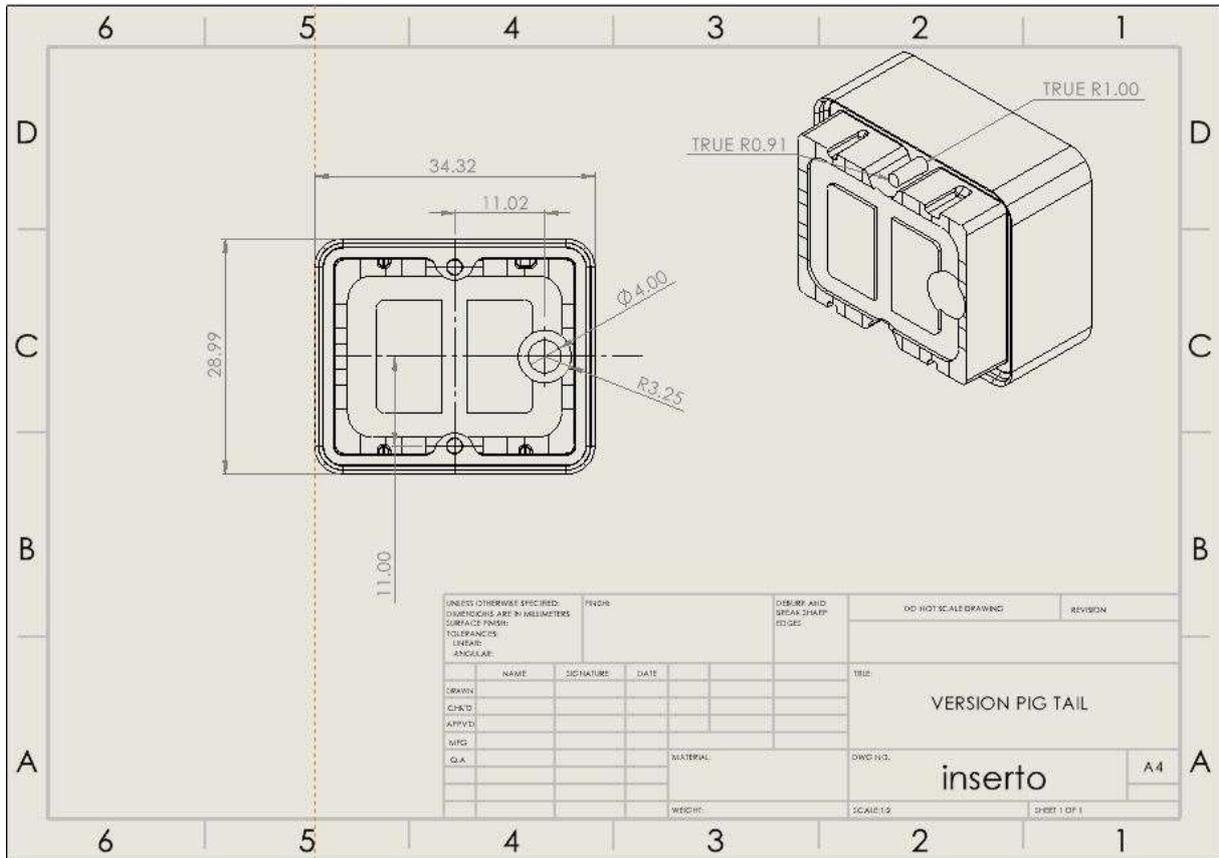


imagen 41.ANEXOS





*imagen 43.ANEXOS*



imagen 44.ANEXOS