

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR JOSE MIGUEL CARRERA

FABRICACIÓN DE CARGADOR SOLAR MEDIANTE
PROCESO DE INYECCIÓN.

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Técnico Universitario en DISEÑO Y
PRODUCCIÓN INDUSTRIAL EN MOLDES Y
MATRICES

Alumnos:

Gustavo Adolfo Llul Gattás.

Julio Andrés Muñoz Pinto.

Profesor Guía:

Ing. Ricardo Ciudad Cartagena

Profesor Correferente:

Ing. Claudio Bahamondes Riquelme

RESUMEN

KEYWORDS: MOLDE DE INYECCIÓN – CARGADOR SOLAR – POLIESTILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD)

El presente trabajo pretende proporcionar una visión sobre el conocimiento teórico como práctico que se utilizará para la elaboración de un molde de inyección; el cual constara con dos cavidades y dos núcleos que, al ser inyectadas con un polímero, polietileno de alta densidad (PEAD), se obtienen ambas tapas de nuestro cargador solar.

Considerando su forma y características técnicas, el producto elegido deberá ser producido mediante el proceso de inyección, del cual se tratarán los aspectos más importantes con distintos procesos y técnicas, para luego presentar el diseño del molde realizado con el proceso de programas computacionales. Además, se explicará el proceso de mecanizado de última generación, con el cual se llevará a cabo la producción de ciertas técnicas de manufactura para la obtención de nuestro producto.

Con la elaboración de nuestro beneficio que actualmente es muy utilizado en el mercado electrónico, podrá ser introducido de una manera más efectiva a la competencia. Es importante mencionar que, para implantar el aparato al mercado, se realizará una hoja de cálculos con todos los antecedentes necesarios como costos de diseño, costos de materia prima, costos de maquinaria a utilizar, entre otros costos que puedan ir asociados a la elaboración de la cavidad, y así poder obtener ganancias con nuestro cargador solar.

INDICE

RESUMEN

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PRODUCTO	2
1.1. PRESENTACION DE PRODUCTO	4
1.2. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO	4
1.3. USO DEL PRODUCTO	4
1.4. DISEÑO DEL PRODUCTO	4
1.4.1. Dimensiones del producto	6
1.4.2. Peso del producto	7
1.5. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	8
1.5.1. Polipropileno (PP)	9
1.6. MOLDE DE INYECCIÓN	10
1.6.1. Descripción de un molde	10
1.6.1.1. Posición cerrada (A):	11
1.6.1.2. Posición abierta (B):	11
1.6.2. Moldeo por inyección	11
1.7. MÁQUINA INYECTORA	13
1.8. CÁLCULO DE TIEMPO DE INYECCIÓN	14
1.9. PRODUCTOS SIMILARES	17
CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL MOLDE	20
2.1. CAVIDADES Y NÚCLEOS	22
2.1.1. Postizo macho (A)	23
2.1.1.1. Placa acero postizo macho (M)	24
2.1.1.2. Núcleo inferior (NI)	24
2.1.1.3. Núcleo superior (NS)	25
2.1.1.4. Inserto de mango núcleo superior	26
2.1.2. Postizo hembra (B)	27
2.1.2.1. Placa de acero postizo hembra (H)	28
2.1.2.2. Inserto para mango (IM)	29
2.1.2.3. Inserto para tornillos (IT)	29
2.1.2.4. Inserto para luces LED (IL)	30

2.2.	SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	31
2.2.1.	Bebedero	31
2.2.2.	Canales de alimentación	32
2.2.3.	Entrada	34
2.3.	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	35
2.3.1.	Placas expulsoras	36
2.3.2.	Botadores	38
2.3.2.1.	Cálculo de botadores	38
2.3.2.2.	Resistencia de los botadores al pandeo	39
2.4.	MATERIALES	40
2.4.1.	Acero AISI-SAE 1045	41
2.4.2.	Acero AISI-SAE 1020	41
2.4.3.	Duro aluminio (ALUMOLD-IS 5614-15)	42
2.5.	CALCULO DE FUERZAS EN EL MOLDE	43
2.5.1.	Fuerzas de cierre y expansiva del molde	43
CAPÍTULO 3: FABRICACIÓN		46
3.1.	REFRENTADO Y CILINDRADO	48
3.1.1.	Torno	50
3.1.2.	Teoría del torneado	51
3.1.2.1.	Velocidad de corte	51
3.1.2.2.	Velocidad de husillo	52
3.1.2.3.	Tiempo de mecanizado	52
3.2.	MECANIZADO EN FRESADORA	53
3.2.1.	Fresadora	54
3.2.2.	Teoría del fresado	55
3.2.2.1.	Velocidad de corte	55
3.2.2.2.	Velocidad de husillo	56
3.2.2.3.	Avance por diente	56
3.2.2.4.	Velocidad de avance	57
3.2.2.5.	Tiempo de mecanizado	57
3.3.	DIMENSIONADO FINAL DE PLACAS	58
3.4.	ELABORACIÓN PLACA MACHO	58
3.4.1.	Afinado	59
3.4.2.	Maquinas-herramientas CNC	59
3.4.3.	Sistema de botadores	61
3.4.4.	Taladro de banco	62

3.4.5.	Teoría del taladrado	63
3.4.5.1.	Velocidad de husillo	63
3.4.6.	Softwares	64
3.4.6.1.	SolidWorks	64
3.4.6.2.	AutoCAD	65
3.4.6.3.	Surfcam	65
3.4.6.4.	Códigos de mecanizado	66
3.5.	FABRICACIÓN DE INSERTOS	66
3.5.1.	Corte de material en bruto	67
3.5.2.	Torneado CNC	67
3.5.3.	Mecanizado de insertos	68
3.5.4.	Terminación de insertos	69
3.6.	ELABORACIÓN DE PLACAS EXPULSORAS	70
3.6.1.	Sistema de botadores	71
3.7.	ELABORACIÓN DE PLACA HEMBRA	71
3.7.1.	Electroerosión	72
3.7.2.	Teoría de electroerosión	73
3.7.2.1.	Medida de electrodo con y sin pulido posterior	73
3.7.2.2.	Desgaste frontal y lineal	74
3.7.2.3.	Tiempo de erosionado	75
3.8.	FABRICACIÓN DE INSERTOS DE TORNILLOS	75
3.9.	FABRICACIÓN DE NÚCLEOS	75
3.10.	ENSAMBLAJE DEL MOLDE	77
CAPÍTULO 4: COSTOS		78
4.1.	COSTO DE DISEÑO	80
4.2.	COSTO DE MATERIALES Y ELEMENTOS COMERCIALES	81
4.2.1.	Costos de postizos	81
4.2.2.	Costo de porta moldes	82
4.2.3.	Costo de la tornillería	82
4.2.4.	Costo acero plata	83
4.2.5.	Costo total de los materiales y elementos comerciales	83
4.3.	COSTOS DE MECANIZADOS	83
4.3.1.	Costo de CNC	84
4.3.2.	Costo de torneado	84
4.3.3.	Costo de taladrado	85
4.3.4.	Costo de electroerosionado	85

4.3.5.	Costo de Torno CNC	85
4.3.6.	Costo de trabajo de banco	86
4.3.7.	Costo total de mecanizado	86
4.4.	COSTO DEL MOLDE DE INYECCIÓN	86
4.4.1.	Costo neto del molde de inyección	86
4.5.	COSTOS DE PRODUCCIÓN (CP)	87
4.5.1.	Costo Unitario del producto (CU)	87
4.5.2.	Costo de inyección	87
4.5.3.	Costo de la Materia Prima (CMP)	89
4.6.	PRECIO DE LA PIEZA (PPR) PARA LA VENTA	90
4.7.	PUNTO DE EQUILIBRIO	91
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
	BIBLIOGRAFÍA	96
	ANEXOS	98
	ANEXO A: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEROS SAE	
	ANEXO B: FICHA TÉCNICA CENTRO DE PERFORADO CNC TDC-510	
	ANEXO C: CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Diseño de cargador solar	5
Figura 1-2.	Vista lateral de carcasas acopladas	5
Figura 1-3.	Vista frontal	6
Figura 1-4.	Vista lateral	6
Figura 1-5.	Vista isométrica	7
Figura 1-6.	Propiedades físicas del producto	7
Figura 1-7.	Estructura PEAD	8
Figura 1-8.	Estructura PP	9
Figura 1-9.	Partes de un molde	10
Figura 1-10.	Inicio ciclo de inyección	12
Figura 1-11.	Llenado de cavidad	12
Figura 1-12.	Fin de ciclo de moldeo por inyección	12
Figura 1-13.	Maquina inyectora Intertech INT-60	13
Figura 1-14.	Producto con mazarota	15
Figura 1-15.	Mazarota y datos para cálculo de tiempo de inyección.	16
Figura 1-16.	Cargador portátil en mercadolibre	17

Figura 1-17.	Cargador solar en aliexpress	18
Figura 2-1.	Vista explosionada de Molde Completo	22
Figura 2-2.	Vista Frontal de ensamblaje de cavidades	23
Figura 2-3.	Vista explosionada de postizo macho, Figura (A)	24
Figura 2-4.	Vista isométrica de Núcleo inferior (NI)	25
Figura 2-5.	Vista de Núcleo superior (NS)	26
Figura 2-6.	Vista posterior de núcleo inferior (NI) con inserto de mango (I)	27
Figura 2-7.	Vista explosionada de postizo Hembra (B)	28
Figura 2-8.	Vista isométrica de placa postiza hembra (H)	29
Figura 2-9.	Vista isométrica de insertos para el mango	29
Figura 2-10.	Vista explosionada de cara posterior de placa hembra	30
Figura 2-11.	Vista isométrica de alojamiento de insertos	31
Figura 2-12.	Bebedero normalizado	32
Figura 2-13.	Corte en sección del sistema de alimentación	33
Figura 2-14.	Canal de estrangulamiento tipo submarino	35
Figura 2-15.	Vista isométrica del lado móvil del molde	36
Figura 2-16.	Vista isométrica de las placas expulsoras	37
Figura 2-17.	Vista frontal del conjunto móvil del molde	37
Figura 2-18.	Área proyectada de la pieza a fabricar	43
Figura 3-1.	Montaje de material en bruto	48
Figura 3-2.	Proceso de refrentado	49
Figura 3-3.	Cilindrado	49
Figura 3-4.	Segundo montaje	50
Figura 3-5.	Torno	51
Figura 3-6.	Montaje de ambas placas en fresa	53
Figura 3-7.	Placas unidas y concéntricas por pasadores	54
Figura 3-8.	Máquina herramienta fresadora	55
Figura 3-9.	Primera cavidad en proceso de fabricación	58
Figura 3-10.	Fabricación de segunda cavidad	59
Figura 3-11.	Cavidades finalizadas después del proceso de afinado	59
Figura 3-12.	Fresadora CNC, Leadwell Mustang kmc5p	60
Figura 3-13.	Centro de mecanizado CNC, Leadwell TDC 510	60
Figura 3-14.	Torno CNC, Benedetto CNC 1000	61
Figura 3-15.	Perforado para sistema de botadores	62
Figura 3-16.	Taladro de banco	63
Figura 3-17.	Menú de inicio de SolidWorks	64
Figura 3-18.	Menú de inicio de AutoCAD	65

Figura 3-19.	Pieza simulada en Surfcam	65
Figura 3-20.	Inicio y fin de códigos de mecanizado	66
Figura 3-21.	Material para insertos	67
Figura 3-22.	Montaje en torno CNC	67
Figura 3-23.	Cilindrado de insertos	68
Figura 3-24.	Mecanizado de inserto en centro de perforado	68
Figura 3-25.	Insertos con exceso de material	69
Figura 3-26.	Mecanizado para eliminación de exceso de material	69
Figura 3-27.	Inserto finalizado	70
Figura 3-28.	Placas expulsoras	70
Figura 3-29.	Perforaciones con broca de centro	71
Figura 3-30.	Mecanizado placa hembra	72
Figura 3-31.	Electroerosionadora	72
Figura 3-32.	Mecanizado por electroerosión	73
Figura 3-33.	Inserto macho inferior	76
Figura 3-34.	Inserto macho superior	77
Figura 4-1.	Diseño del producto	80
Figura 4-2.	Gráfico Punto de equilibrio	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Propiedades físicas del PEAD	8
Tabla 1-2.	Ventajas y desventajas del PEAD	9
Tabla 1-3.	Ficha técnica de la máquina inyectora Intertech INT-60	14
Tabla 2-1.	Materiales de los postizos	41
Tabla 2-2.	Composición química acero AISI-SAE 1045	41
Tabla 2-3.	Composición química acero AISI-SAE 1020	42
Tabla 2-4.	Composición química Duro-aluminio IS 5614-15	42
Tabla 4-1.	Costos de diseño.	81
Tabla 4-2.	Costos de materiales para fab. de postizos y sistema de extracción	81
Tabla 4-3.	Costos de porta-moldes	82
Tabla 4-4.	Pernos Parker métricos y tornillos Philips Whitworth	82
Tabla 4-5.	Barra redonda acero plata	83
Tabla 4-6.	Mecanizado centro perforado CNC para obtención de postizos	84
Tabla 4-7.	Mecanizado en torno para la fabricación de postizos	84
Tabla 4-8.	Mecanizado en taladrado para la fabricación de postizos	85
Tabla 4-9.	Electrosionado para la fabricación de postizos	85

Tabla 4-10.	Electrosionado para la fabricación de postizos	85
Tabla 4-11.	Mecánica de banco para la fabricación de postizos	86
Tabla 4-12.	Costo neto del molde de inyección	86

INDICE DE FORMULAS

Fórmula 1-1.	Tiempo de inyección	15
Fórmula 1-2.	Volumen de un cono	16
Fórmula 2-1.	Diámetro a media caña de canal de alimentación.	34
Fórmula 2-2.	Pandeo de botadores	39
Fórmula 2-3.	Fuerza expansiva del molde	44
Fórmula 3-1.	Velocidad de corte, torno	51
Fórmula 3-2.	Velocidad del husillo, torno	52
Fórmula 3-3.	Tiempo de mecanizado, torno	52
Fórmula 3-4.	Velocidad de corte, fresadora.	55
Fórmula 3-5.	Velocidad de husillo, fresadora	56
Fórmula 3-6.	Avance por diente, fresadora	56
Fórmula 3-7.	Velocidad de avance, fresadora	57
Fórmula 3-8.	Tiempo de mecanizado, fresadora	57
Fórmula 3-9.	Velocidad de husillo, taladradora	64
Fórmula 3-10.	Calculo medida de electrodo con y sin pulido	74
Fórmula 3-11.	Desgaste lineal de electrodo	74
Fórmula 3-12.	Desgaste frontal del electrodo	74
Fórmula 3-13.	Tiempo real de electroerosionado	75
Fórmula 4-1.	Valor unitario de la pieza	87
Fórmula 4-2.	Número de piezas por hora	88
Fórmula 4-3.	Horas totales	88
Fórmula 4-4.	Valor inyección por pieza	89
Fórmula 4-5.	Cantidad de inyección por saco (CIK)	89
Fórmula 4-6.	Valor inyección por pieza	91
Fórmula 4-7.	Punto de equilibrio	92

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

2D	:	Dos dimensiones
3D	:	Tres dimensiones
AISI	:	American Iron and Steel Institute (Instituto Americano del Hierro y el Acero)
Ap	:	Área proyectada
c/u	:	Cada uno
CAD	:	Computer Aided Design (Diseño asistido por computador)
CAM	:	Computer Aided Manufacturing (Fabricación asistida por computador)
CLP	:	Pesos chilenos
CMI	:	Costo total de molde de inyección
CNC	:	Control Numérico Computarizado
Coe	:	Coefficiente de correlación
Cp	:	Capacidad de plastificación
Cpl	:	Contracción del plástico
CPP	:	Cantidad de piezas producidas
CTD	:	Costo total de diseño
CTmat	:	Costo total de materiales y elementos comerciales
CTmec	:	Costo total de mecanizado
dwg	:	Archivo de dibujo en 2D
D	:	Diámetro del canal
Dc	:	Diámetro de la broca
Dcap	:	Diámetro a profundidad de corte real
Dfe	:	Diámetro final exterior
Dfi	:	Diámetro final interior
DIN	:	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
Dm	:	Diámetro mecanizado
Dma	:	Diámetro muela abrasiva
Dni	:	Diámetro nominal interior
Dne	:	Diámetro nominal exterior
e_{max}	:	Espesor máximo de la pieza
EDM	:	Electrical Discharge Machining, (Mecanizado por Descarga Eléctrica)
fz	:	Avance por diente
F	:	Avance

Fc1	:	Fuerza de corte
Fe1	:	Fuerza expansiva
Fn	:	Avance por revolución
gl	:	Gap lateral
GAP	:	Zona de chispeo / Abertura entre el electrodo y la pieza
H	:	Altura de la pieza
i	:	Número de pasadas
IVA	:	Impuesto al valor agregado
JMC	:	José Miguel Carrera
ln	:	Logaritmo natural
L	:	Longitud
L'	:	Distancia lineal de desgaste
La	:	Longitud de acercamiento
Lm	:	Longitud mecanizada
Lr	:	Longitud a rectificar
Lt	:	Longitud a taladrar
máx.	:	Máximo
min	:	Minutos
mín.	:	Mínimo
M	:	Rosca métrica
Mea	:	Medida de electrodo acabado
MN	:	Medida nominal
n	:	Velocidad del husillo
nc	:	Numerical control, (Control Numérico)
PEAD	:	Polietileno de alta densidad
PP	:	Polipropileno
Pp	:	Peso de la pieza
rpm	:	Revoluciones por minuto
Rtl	:	Rugosidad total lateral
S.A.	:	Sociedad anónima
SAE	:	Society of Automotive Engineers, (Sociedad de Ingenieros Automotores)
Sm	:	Sección mecanizada
t	:	Tiempo de electroerosionado
Tc	:	Tiempo de mecanizado
USM	:	Universidad Santa María
UTFSM	:	Universidad Técnica Federico Santa María
v	:	Velocidad de la mesa

V_c	:	Velocidad de corte
V_e	:	Volumen de materia eliminada en la pieza
V_f	:	Avance de la mesa
V_{fr}	:	Desgaste frontal
V_l	:	Desgaste lineal
V_p	:	Velocidad de penetración
V_r	:	Velocidad periférica de la pieza
VTP	:	Valor total de producción
VU	:	Valor unitario
V_w	:	Velocidad de eliminación de metal
V_{wth}	:	Relación teórica de mecanizado
W	:	Peso de la pieza
WEDM	:	Wire Electrical Discharge Machining, (Electroerosión por Hilo)
Z_c	:	Número eficaz de dientes
\$:	Pesos
x	:	Multiplicación
/	:	División
\approx	:	Aproximado
=	:	Igual
$\sqrt{\quad}$:	Raíz cuadrada
$^\circ$:	Grados
>	:	Mayor que
-	:	Resta
π	:	Constante pi
Σ	:	Sumatoria
μ	:	Micras
\emptyset	:	Diámetro
$^\circ\text{C}$:	Grado Celsius
%	:	Porcentaje
Φ	:	Difusividad térmica del material
Δl	:	Distancia de desgaste frontal

SIMBOLOGÍA

A0	:	Formato de papel, DIN 476 (841 x 1189 mm)
A1	:	Formato de papel, DIN 476 (594 x 841 mm)
A2	:	Formato de papel, DIN 476 (420 x 594 mm)

A3	:	Formato de papel, DIN 476 (297 x 420 mm)
A4	:	Formato de papel, DIN 476 (210 x 297 mm)
C	:	Carbono
cm ²	:	Centímetro cuadrado
cm ² /s	:	Centímetro cuadrado dividido por segundo
cm ³	:	Centímetro cúbico
cm ³ /s	:	Centímetro cúbico dividido por segundo
Cr	:	Cromo
Cu	:	Cobre
G	:	Gramo
g/cm ³	:	Gramo dividido en centímetro cúbico
g/s	:	Gramo dividido por segundo
Hr	:	Hora
kg	:	Kilogramo
kg/cm ²	:	Kilogramo dividido en centímetro al cuadrado
km/h	:	Kilómetro dividido por hora
kp	:	Kilopondio
kp/cm ²	:	Kilopondio dividido por centímetro cuadrado
m/min	:	Metro dividido por minuto
m/s	:	Metro dividido por segundo
mm	:	Milímetro
mm ²	:	Milímetro al cuadrado
mm ³ /min	:	Milímetro al cubo dividido en minuto
mm ³ /mm	:	Milímetro al cubo dividido en milímetro
mm/min	:	Milímetro dividido por minuto
mm/rev	:	Milímetro dividido por revolución
Mn	:	Manganeso
N°	:	Número
Ni	:	Níquel
P	:	Fósforo
Pb	:	Plomo
s	:	Segundo
S	:	Azufre
Si	:	Silicio
ton	:	Tonelada
UV	:	Radiación ultravioleta

INTRODUCCIÓN

La creciente tendencia que ha tenido el ser humano a consumir productos electrónicos ha aumentado de manera progresiva en estas últimas décadas, y además cada año ha evolucionado crecientemente, estos pueden constar de sistemas que son funcionales mediante una batería integrada en el dispositivo, la cual generalmente, los aparatos con respecto a la batería es limitada, aún más en estos tiempos en que los celulares ya no solo son utilizados para realizar y recibir llamadas o mensajes de texto, más bien, estos son utilizados para navegar por redes sociales, por la web, jugar, ver videos, dibujar, y un amplio rango de cosas más, todo depende del dispositivo con el que se cuente.

Debido a estos factores los celulares no logran estar más de un par de horas con su batería cargada y es por este motivo que se han elaborado las baterías externas o cargadores portátiles, para satisfacer las necesidades de los usuarios, la cuales deben ser cargadas mediante corriente eléctrica, y es aquí el momento en el cual entra nuestro producto, cargador solar, el cual cumple las mismas funciones que un cargador externo pero con la gran diferencia que también puede ser cargado en cualquier momento debido a un panel fotovoltaico que almacena energía eléctrica integrada que se irá recargando a medida que la energía solar le brinde ímpetu al panel.

OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y fabricar un molde de inyección para carcasa de cargador solar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Confeccionar el diseño y la fabricación de un molde de inyección para carcasa del cargador.
- Realizar un óptimo proceso mecánico para que las carcasas cuenten con un encajonamiento adecuado.
- Obtener el producto deseado con las dimensiones estimadas.

CAPÍTULO 1: PRODUCTO

1.1. PRESENTACION DE PRODUCTO

En este capítulo se presentan las características principales de un cargador solar el cual será obtenido mediante un molde de inyección; donde todas sus dimensiones y sus procesos de fabricación serán explicados posteriormente.

1.2. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Este producto nace de la necesidad de la poca durabilidad que tienen las baterías hoy en día, y así poder aumentar el uso de los equipos electrónicos que necesiten de estas antes mencionadas, permitiendo también, gracias a los paneles solares acoplados al producto, que este se cargue en el sitio que uno desee debido a la energía solar que recibirá.

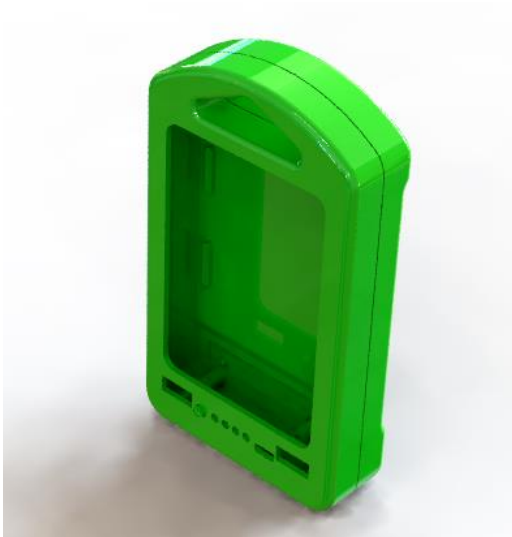
1.3. USO DEL PRODUCTO

El cargador solar tiene la finalidad de recibir energía proveniente del sol gracias al panel fotovoltaico. El panel irá alojado en una de las caras de la carcasa, la cual permitirá que este quede expuesto para poder recibir los rayos ultravioletas, los cuales serán almacenados dentro de baterías de litio que estarán ubicadas dentro del producto, para luego convertirla en energía eléctrica que más tarde podrá ser utilizada para recargar baterías de otros dispositivos electrónicos prolongando la funcionalidad de estos.

1.4. DISEÑO DEL PRODUCTO

Es un producto con una forma muy similar a una caja, pero a diferencia de esta, consta de una pequeña perforación en su parte superior para poder acoplar un gancho el cual permitirá llevarlo colgado, además podremos encontrar, en una de sus caras, un hueco en el cual irá la cara principal del panel solar, en su parte inferior encontraremos dos puertos USB hembra, junto con otras cuatro perforaciones circulares que indicaran el nivel de carga que tiene nuestro artefacto, esto se indicara gracias a unas luces led y, una ranura rectangular donde se encontrara el botón de encendido y apagado.

El material utilizado para su elaboración será polietileno de alta densidad (PEAD), un plástico con una alta resistencia al impacto, lo que favorece una protección del sistema interno, posteriormente se hablará más detalladamente de este polímero.



Fuente: Elaboración propia, mediante el software SolidWorks 2016

Figura 1-1. Diseño de cargador solar

En la figura 1-1 se observa el diseño del cargador solar obtenido mediante simulación 3D, el cual pudo ser llevado a cabo gracias a la ayuda del software SolidWorks 2016.



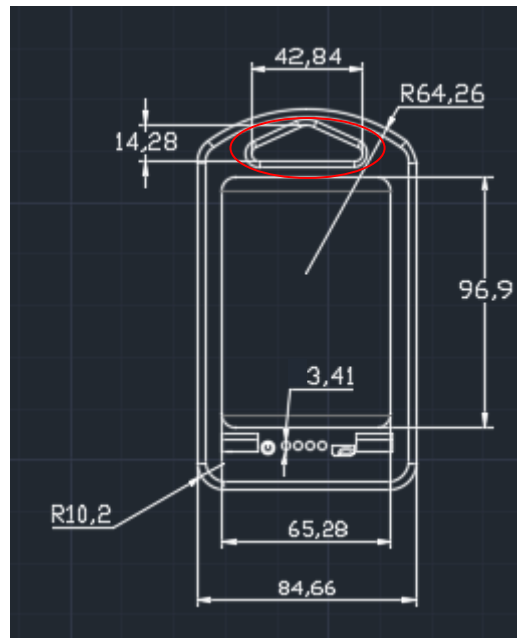
Fuente: Elaboración propia, mediante el software SolidWorks

Figura 1-2. Vista lateral de carcasas acopladas

En la figura 1-2 se observa la unión de ambas carcasas, dando a conocer de manera visual el acoplamiento final del producto (el sistema electrónico no está incluido en esta imagen), en la imagen se pueden apreciar tres círculos rojos, los cuales nos indican los puntos donde nuestro sistema se une.

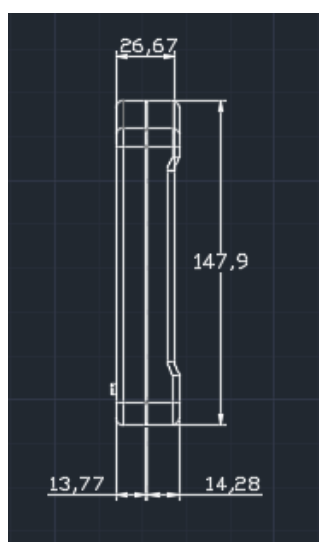
1.4.1. Dimensiones del producto

Debido a que este aparato será transportado la mayor parte del tiempo se ha realizado un análisis y así poder obtener un producto el cual tenga un cómodo traslado y que a su vez tenga una apariencia agradable a simple vista, en la figura 1-2 se mostraran las dimensiones; y la elipse roja indica donde se puede acoplar un gancho para llevar colgado el cargador del lugar que más acomode.



Fuente: Elaboración propia, mediante el software AutoCAD 2016

Figura 1-3. Vista frontal



Fuente: Elaboración propia, mediante software AutoCAD

Figura 1-4. Vista lateral



Fuente: Elaboración propia mediante software AutoCAD

Figura 1-5. Vista isométrica

1.4.2. Peso del producto

Conocer el peso del producto es algo fundamental al momento de iniciar su ciclo de producción, debido a que cada máquina inyectora consta con una carga máxima de inyección la cual no puede ser superada.

Con la ayuda del software SolidWorks se logra conocer las propiedades físicas con las que constara el producto final, tales como su masa, densidad, volumen, área, entre otras.

Masa = 60.70 gramos
Volumen = 63752.73 milímetros cúbicos
Área de superficie = 66541.43 milímetros cuadrados

Fuente: Elaboración propia, mediante software SolidWorks

Figura 1-6. Propiedades físicas del producto

1.5. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno, sus principales características son, la capacidad de soportar fuerzas tiene alta resistencia al impacto, es incoloro, no tóxico y se obtiene a baja presión.

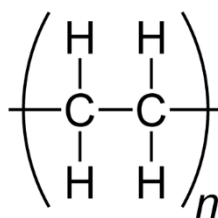
La rigidez, dureza y resistencia a la tensión del PEAD se incrementa con la densidad, ya que si esta aumenta es un indicador de que el material es más cristalino, por lo tanto, será más resistente ante la misma magnitud de fuerza aplicada que un espécimen de menor densidad.

En la Tabla 1-1 se darán a conocer algunas propiedades de este polímero de manera cuántica; y en la Tabla 1-2 podremos apreciar las ventajas y desventajas que presenta nuestro polímero.

Tabla 1-1. Propiedades físicas del PEAD

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	1070000000	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.4101	N/D
Módulo cortante	377200000	N/m ²
Densidad de masa	952	kg/m ³
Límite de tracción	22100000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico		N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K

Fuente: Elaboración propia, mediante el software SolidWorks.



Fuente: <http://www.uniuso.com/sites/default/files/u119/627px-polyethylene-repeat-2d-flat.png>

Figura 1-7. Estructura PEAD

Tabla 1-2. Ventajas y desventajas del PEAD

Ventajas PEAD	Desventajas
Alta resistencia al impacto.	Potencial de Fisura
Es muy ligero.	Alto grado de expansión térmica
Elasticidad	Escases propiedades de esfuerzo multiaxial
No se deforma permanentemente	
Es flexible	
Tiene una vida útil bastante larga	
Económico	

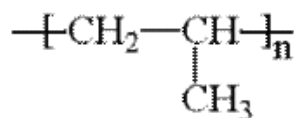
Fuente: <https://www.quiminet.com/articulos/ventajas-y-aplicaciones-del-poli-etileno-de-alta-densidad-hdpe-2577371.htm>

1.5.1. Polipropileno (PP)

Polímero por el cual se optó por su uso debido a las buenas ventajas que este nos puede brindar, aun así, se tomó la decisión de evitar su uso debido a una desventaja que impediría la funcionabilidad adecuada del cargador solar, es un material sensible a los rayos UV.

Entre sus ventajas más mencionadas podemos encontrar que es un material

- Ligero,
- posee una alta resistencia a la tensión y compresión,
- excelentes propiedades dieléctricas, y
- posee un bajo coeficiente de absorción de humedad.



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.cl/2011/06/polipropileno.html>

Figura 1-8. Estructura PP

1.6. MOLDE DE INYECCIÓN

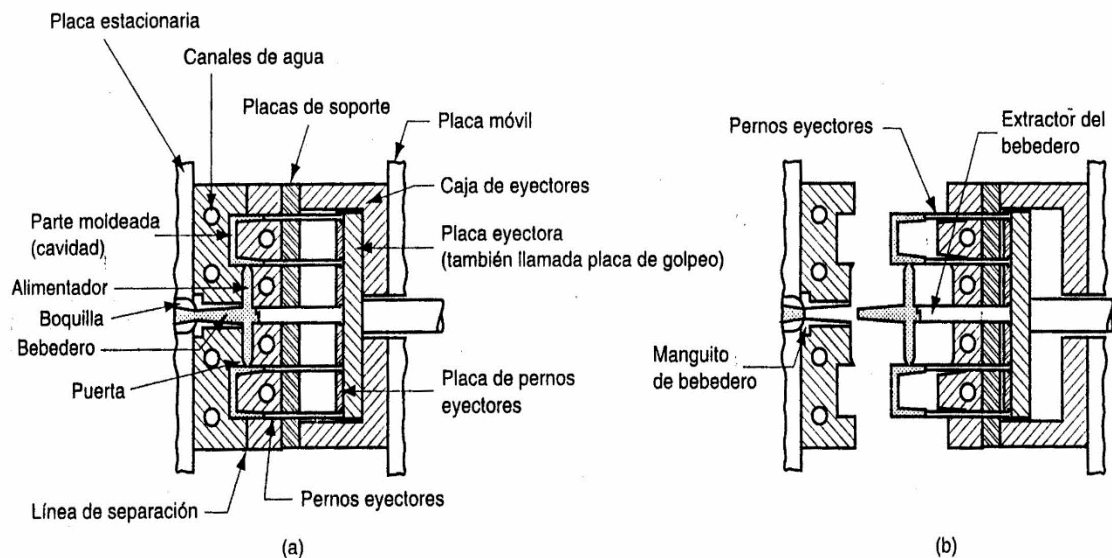
Para llevar este trabajo a cabo, realizará gracias al proceso de moldeo por inyección, que se trata de un conjunto o herramienta de trabajo, cuyo propósito es lograr obtener el producto deseado.

1.6.1. Descripción de un molde

El molde es una pieza o un conjunto de piezas acopladas, interiormente huecas, pero con los detalles e improntas exteriores del futuro sólido que se desea obtener. En su interior se dispersa el material fluido ya sea fluido plástico, metal, hormigón, yeso, resina, silicona, etc. que cuando se solidifica adquiere las formas de las cavidades del mismo molde. Una vez solidificada el sólido, debe haber un sistema conjunto cuyo propósito es expulsar el sólido para su revisión de posibles imperfecciones como sobrantes o rebarbas.

Se utilizan de manera profusa para obtener balaustres, revestimientos o en diversos procesos industriales como objetos cerámicos, o como también en repostería industrial como la obtención de barras de chocolate, etc.

En la siguiente figura (Ver figura 2-2), se puede observar los componentes de un molde de inyección con dos mitades estándar.



Fuente: moldesplecam.com

Figura 1-9. Partes de un molde

En la figura 1-9 se logra apreciar dos posiciones “A” y “B”.

Por lo cual, el molde de inyección cumple fundamentalmente, las siguientes funciones:

- Permitir la entrada y salida de materia prima fundida.

- Moldear de forma uniforme la materia prima fundida basada en la forma deseada, y
- Desmoldar la pieza de forma automatizada.

Estas funciones deben aplicarse de forma eficiente en donde, el molde se divide en dos partes:

1.6.1.1. Posición cerrada (A):

En el molde como se mencionó anteriormente, que no es directamente parte de la maquina inyectora, siempre se debe instalar la matriz en la maquina cuyas partes es estacionaria y móvil. En este caso, la posición “A” se encuentra cerrado para el inicio del ciclo de inyección, donde inicia con inyectar el material fundido hacia las cavidades del molde que pasa por la parte estacionaria y finaliza justo en la línea de partición donde subyace la parte móvil con la estacionaria, para finalizar hasta la solidificación de la pieza deseada.

1.6.1.2. Posición abierta (B):

Añadiendo a lo anterior, una vez solidificado la pieza que se desea obtener, este sistema se abre para proceder a su extracción. Para llevar a cabo este proceso, en las placas de amarre de la maquina existe una sección que es móvil y que se mueve horizontalmente en función al suelo en el cual, se abre para iniciar el trabajo de expulsión y posterior se cierra para nuevamente iniciar un nuevo ciclo de inyección.

1.6.2. Moldeo por inyección

Es el proceso por el cual la maquina inyectora dispone a llenar las cavidades del molde mediante la inyección de polímeros.

El moldeo por inyección requiere principalmente conocer la temperatura adecuada para poder fundir el polímero e inyectarlo en la cavidad, además se debe conocer la presión que este recibirá para no dañar la cavidad o hacer que este se filtre a través del molde.

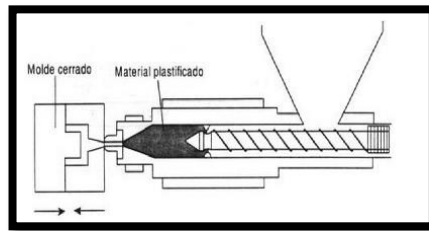
El proceso parte desde la tolva de la maquina inyectora en la cual se añade el polímero en forma de pellets, donde luego bajara al tornillo sin fin, el cual cumple con la función de arrastrar el material a través del conducto en el cual, por la parte externa de este, encontraremos los calefactores que irán haciendo que el polímero pase a un estado

más líquido para así llegar a la boquilla inyectora sin quemarse y poder obtener un producto con una buena calidad.

La máquina se divide en dos secciones importantes, un lado correspondiente al de inyección y el otro a la unidad de cierre o expulsores.

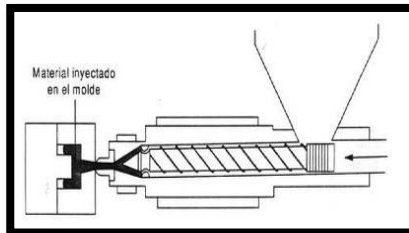
Gracias a este proceso se pueden obtener objetos de bastante precisión, con superficies limpias y lisas (si así se desea). Además de proveer un magnifico aprovechamiento del material, con un ritmo de producción elevado. Aun así, podemos tener casos en que las piezas obtenidas deban ser refinadas para eliminar rebabas, producidas por una mala presión o un mal acabado de la cavidad.

El moldeo por inyección es una de las maneras más utilizadas para producir objetos plásticos, debido a sus cualidades antes mencionadas y a su rápida producción en serie. A continuación, se mostrará el proceso de moldeo por inyección en las siguientes figuras:



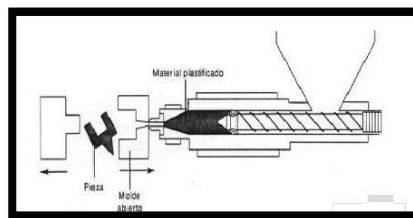
Fuente: www.mater.upm.es/polímeros

Figura 1-10. Inicio ciclo de inyección



Fuente: www.mater.upm.es/polímeros

Figura 1-11. Llenado de cavidad



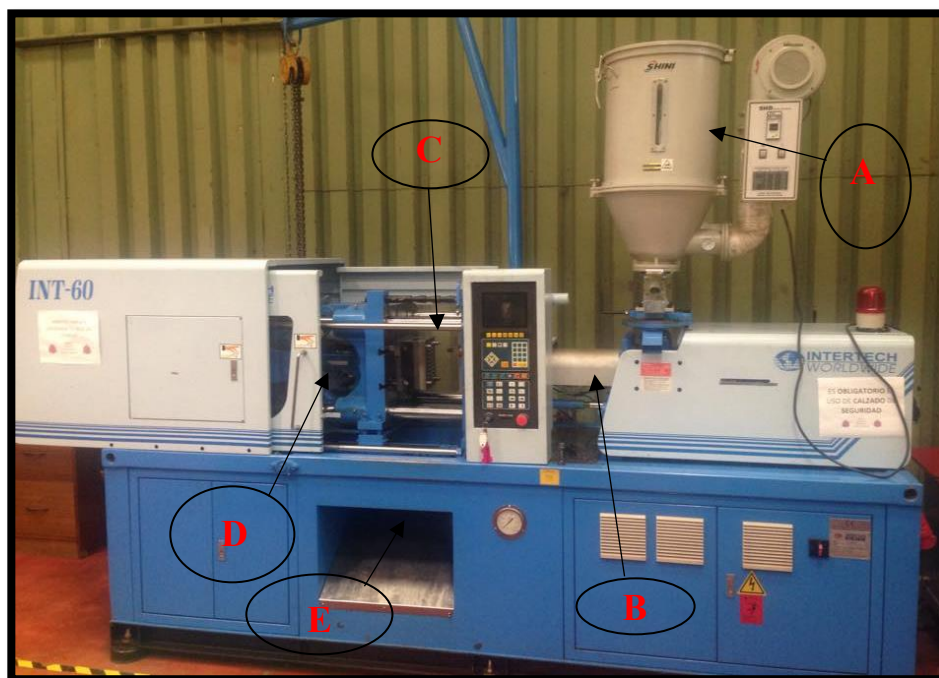
Fuente: www.mater.upm.es/polímeros

Figura 1-12. Fin de ciclo de moldeo por inyección

1.7. MÁQUINA INYECTORA

La máquina que se utilizará para la obtención de la pieza física será la máquina inyectora que proporciona la universidad, esta consta con las características necesarias para proceder a la inyección del molde.

La Intertech INT-60 se caracteriza por tener un gramaje máximo de tope que son los 60g para poliestireno (PS).



Fuente: Taller de Matricería; SVM-USM

Figura 1-13 Máquina inyectora Intertech INT-60

En la figura 1-13 se puede apreciar que se señalan 4 puntos nombrados por una letra, las cuales representan secciones de la máquina inyectora que nos permitirán conocerla más fácilmente, donde en “A” observamos la tolva en la cual se alojarán los pellets, el punto “B” nos indica el sistema donde está alojado el tornillo sin fin y los calefactores, en el punto “C” se aprecia un molde montado, dándonos a entender que es la sección donde se alojan estos, luego en el punto “D” donde se encuentra el sistema de extracción que nos ayudara a expulsar la pieza, y por último se logra apreciar el punto “E” lugar en el cual cae el producto al finalizar un ciclo de inyección.

Tabla 1-3 Ficha técnica de la máquina inyectora Intertech INT-60

DESCRIPCIÓN		VALOR
UNIDAD DE INYECCIÓN		
Peso máximo de inyección	(g)	60
Volumen teórico de inyección	(cm ³)	59
Presión máxima de inyección	(kg/cm ²)	2.720
Velocidad de inyección	(cm ³ /s)	55
Capacidad de plastificación teórica	(g/s)	5,2
Tiempo de inyección	(s)	1,07
UNIDAD DE CIERRE		
Carrera máxima de apertura	(mm)	240
Fuerza de cierre del molde	(t)	60
Altura del molde (mín. – máx.)	(mm)	100 x 320
Espacio libre entre columnas (H x V)	(mm)	310 x 310
Tamaño del plato (H x V)	(mm)	480 x 480
(H x V) = Horizontal x Vertical		

Fuente: Catálogo de máquina inyectora marca Intertech, modelo INT-60, Taller de Matricería.

Los valores dados por la Tabla 1-3 son específicamente para un polímero (PS), como se mencionó anteriormente, para poder conocer los datos sobre los otros polímeros se debe realizar una conversión.

1.8. CÁLCULO DE TIEMPO DE INYECCIÓN

Conocer el tiempo que durara cada ciclo de inyección es algo de gran importancia si se desea que el producto sea comercial, ya que gracias a esto se podrá establecer cuantas piezas se podrán obtener en un factor de tiempo determinado y hacer que el molde sea lo más competitivo posible.



Fuente: Elaboración propia, mediante software SolidWorks.

Figura 1-14. Producto con mazarota

$$T_i = \frac{P_p}{[(V \text{ piezas} + V \text{ mazarota}) \cdot D \cdot \mu \cdot T^\circ]}$$

Fuente: Memoria Diseño y fabricación de postizo para la obtención de dispositivo de amarre para cordones de zapato

Fórmula 1-1. Tiempo de inyección

Donde:

P_p	=	Peso de la pieza
$V \text{ Pieza}$	=	Volumen de la pieza
$V \text{ Mazarota}$	=	Volumen mazarota
D	=	Densidad
μ	=	Viscosidad
T°	=	Temperatura de moldeo

Para obtener el volumen de la mazarota se necesita conocer las dimensiones del manguito bebedero que será utilizado, en donde se podrá utilizar la fórmula para la obtención del volumen de un cono y, a su vez se deberá tener en cuenta las dimensiones de los canales de alimentación, la cual se le deberá sumar con el volumen del cono.

$$V = \frac{[\pi\{D^2 + d^2 + (D \cdot d)\}]}{12}$$

Fuente: Memoria Diseño y fabricación de postizo para la obtención de dispositivo de amarre para cordones de zapato

Fórmula 1-2. Volumen de un cono

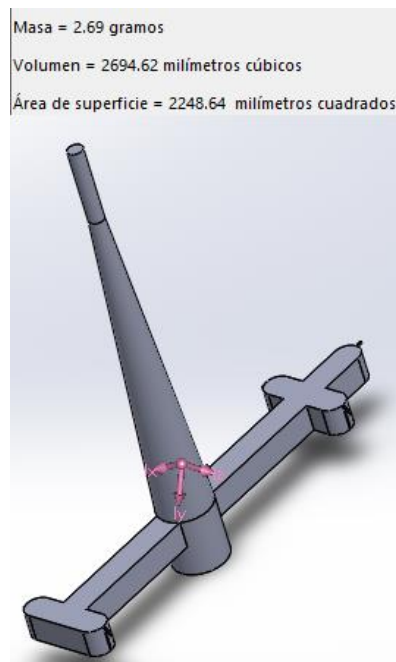
Donde:

v = Volumen (cm³)

D = Diámetro mayor (cm)

d = Diámetro menor (cm)

Gracias a la ayuda del software SolidWorks, se ha diseñado la mazarota que tendrá el producto y así poder obtener de manera digital el volumen total de esta.



Fuente: Elaboración propia, mediante software SolidWorks

Figura 1-15. Mazarota y datos para cálculo de tiempo de inyección.

En la figura 1-15 se logra observar que la mazarota nos da un volumen total de 2694.62 mm³ el cual, al transformarlo a cm, nos da 2,69 cm³

En donde luego deberemos utilizar el resultado obtenido en la formula anterior para reemplazarlo junto a los otros datos en la fórmula 1-2 la cual nos permitirá obtener el tiempo de inyección.

$$T_i = \frac{P_p}{[(V \text{ piezas} + V \text{ mazarota}) \cdot D \cdot \mu \cdot T^\circ]}$$

$$T_i = \frac{1,9 \text{ g}}{\left[(2,14 \text{ cm}^3 + 2,69 \text{ cm}^3) \cdot \frac{0,89 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot 10.000 \cdot 200 \right]}$$

$$T_i = 4,3 \text{ s}$$

La cual nos da un tiempo de inyección de 4,3 segundos.

1.9. PRODUCTOS SIMILARES

En el mercado digital, encontraremos una gran variedad de cargadores solares para dispositivos electrónicos. Tener en cuenta los productos de las futuras competencias de este producto es vital a la hora de querer realizar su fabricación.



Fuente: https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-439793326-cargador-portatil-solar-20000mah-impermeable-05208-fernapiet-_JM

Figura 1-16. Cargador portátil en mercadolibre

En la figura 1-16 Se observa un tipo de cargador solar que puede ser encontrado en el comercio digital, el cual tiene una capacidad para almacenar una carga de 20000mah y, tiene un valor de \$5990.



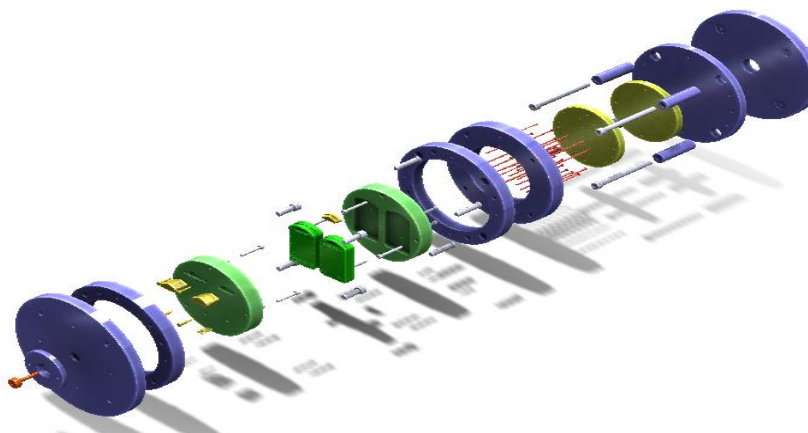
Fuente: <https://es.aliexpress.com/item/Waterproof-10000mAh-Solar-Charger-2-USB-Ports-Solar-Power-Bank-External-Portable-Charger-Power-for-Smartphone/32782083017.html>

Figura 1-17. Cargador solar en aliexpress

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL MOLDE

2. DISEÑO DEL MOLDE

Como estrategia a la obtención del producto se decidió fabricar postizos y el sistema de extracción, por lo cual el motivo de reducir tiempos de mecanizado y costos, este proyecto estará aliadamente con el apoyo de un armazón o porta-moldes circular estándar. (Ver figura 2-1).



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-1. Vista explosionada de Molde Completo.

En la figura 2-1, se observa de color azul el armazón del molde. De color verde, los postizos diseñados para la fabricación, de igual modo, las placas extractoras e insertos que están de color amarillo.

2.1. CAVIDADES Y NÚCLEOS

Como se trata de dos piezas a inyectar cuyas dimensiones requieren de un molde más grande y también como se ha mencionado antes que este proyecto está apoyado gracias a un armazón ya fabricado, se fabricará los postizos con el sistema de extracción correspondiente cuyos postizos serán de dos cavidades que constituirá de una parte superior, y la otra será la parte inferior de la carcasa. Sin embargo, estas cavidades son algo complejas, porque son portadoras de insertos que darán las terminaciones importantes de dicha carcasa. Se mencionarán todos los insertos que hay en estas oquedades.

De igual modo, estas placas deben empalmar perfectamente y concéntricamente a la vez, para que todas las dimensiones correspondan al estudio de diseño propiamente tal.

A continuación, se aprecia los postizos en vista frontal tanto como el postizo macho y el postizo hembra. (Ver figura 2-2).

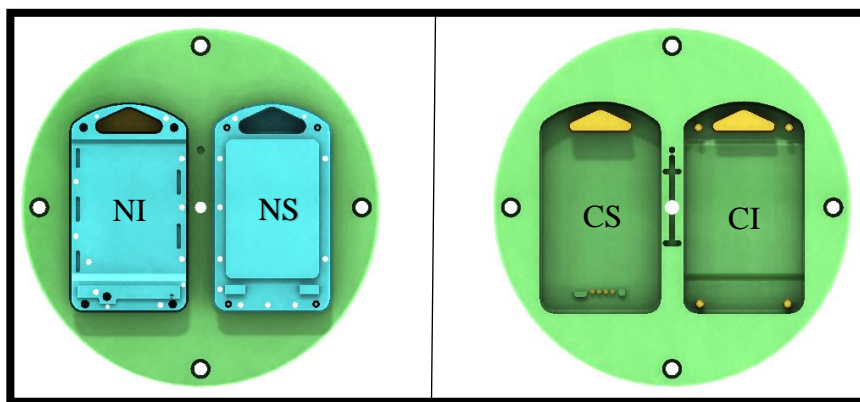


Figura "A"

Figura "B"

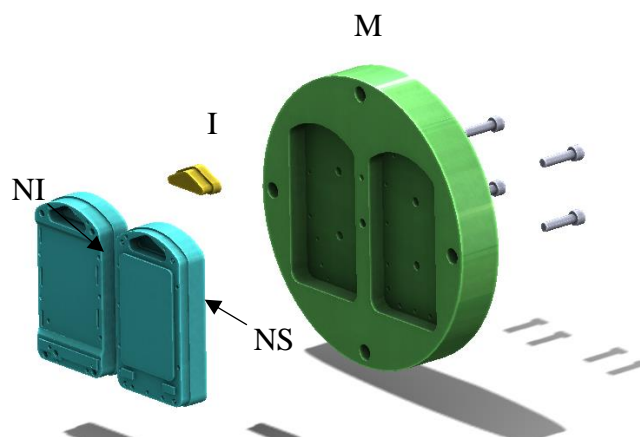
Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-2. Vista Frontal de ensamblaje de cavidades.

La figura A representa el postizo macho junto con dos núcleos: Núcleo inferior (NI) y Núcleo superior (NS). De modo semejante, la figura B representa el postizo hembra con sus dos cavidades: Cavidad superior (CS) y Cavidad inferior (CI).

2.1.1. Postizo macho (A)

El postizo macho de acero SAE 1045 con dimensiones de $\varnothing 247\text{mm}$ y 40mm de espesor, es aquel que formará la parte interna de la carcasa. Sus especificaciones constan de cuatro partes que formarán dicho postizo, los cuales son: la placa de acero que encajona los demás insertos, el núcleo inferior (NI) que formará la parte interna de la carcasa trasera y que a la vez conlleva un inserto (I) que es la zona del mango de la carcasa, y el núcleo superior (NS) que formará dicha parte interna, pero por la parte delantera del producto. (Ver figura 2-3).



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-3. Vista explosionada de postizo macho, Figura (A).

2.1.1.1. Placa de acero postizo macho (M)

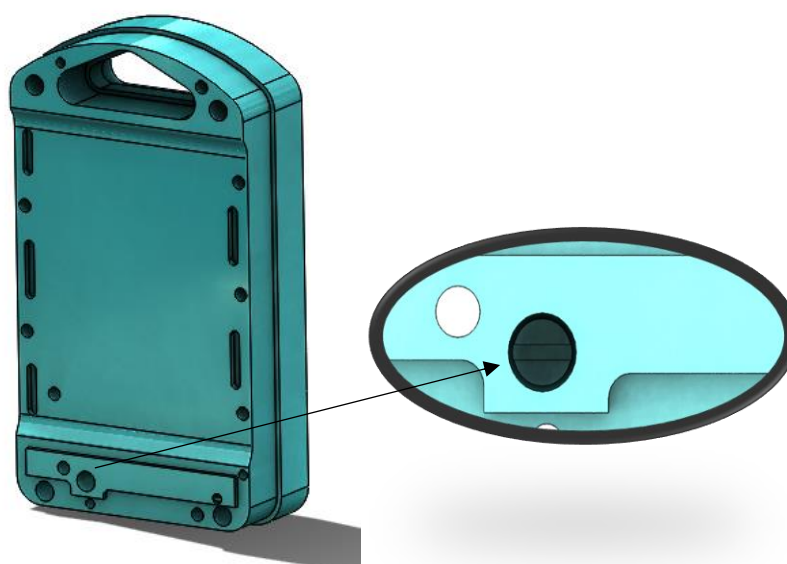
Esta placa de acero es la encargada de situar los dos núcleos del postizo. Esta consta de dos vaciados con 20mm de profundidad donde serán los encajadores de dichos núcleos (NI y NF). Al mismo tiempo esta placa tendrá perforaciones que serán el camino de botadores, a la vez, el paso de dos pernos por lado que es para amarrar los núcleos y cuatro agujeros ranurados que es para el amarre de la misma placa al armazón del molde.

Además, el vaciado ya mencionado debe ser deslizante en función al encajonamiento de los núcleos, este ajuste debe ser de tipo H7/h6, es decir de forma deslizante sin juego entre ellos.

2.1.1.2. Núcleo inferior (NI)

Esta pieza es fundamental para el diseño de la carcasa, Sus funciones son lograr el encaje del módulo electrónico mediante clavijas que serán fabricadas mediante electrodos (Ver figura 2-4). Consta de, cuatro perforaciones en las esquinas que serán parte del sistema de sellado de la carcasa con tornillos. No obstante, pese a temas de diseño y como se ha mencionado antes, este núcleo debe tener incorporado un inserto por lo que se debe mecanizar un vaciado para empotrar con un juego de tipo deslizante donde será parte del cogedero ubicado en la sección superior del núcleo.

Sus medidas generales son 83.11mm de ancho, 146.35mm de largo y 31.63mm de profundidad. Cabe mencionar que estas medidas son en función al escalado de la misma carcasa.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

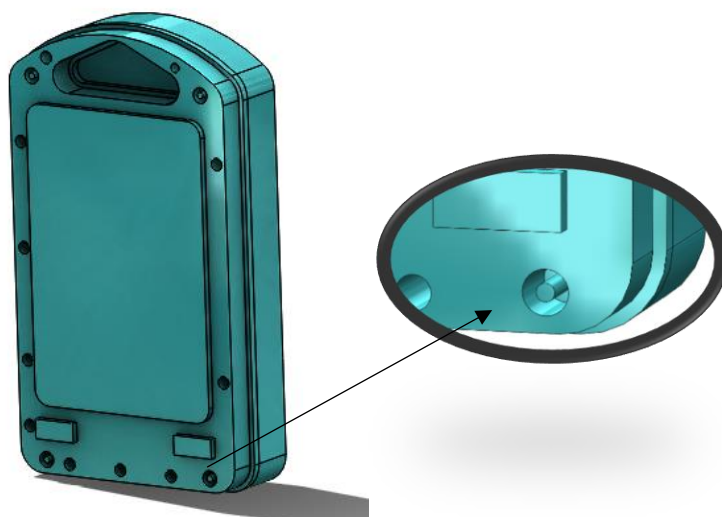
Figura 2-4. Vista isométrica de Núcleo inferior (NI)

En la figura 2-4 se logra apreciar un aumento en sección de clavijas fabricados mediante electrodos tal como indica la flecha.

2.1.1.3. Núcleo superior (NS)

Al igual que la pieza anterior. Es imprescindible esta pieza ya que logra embeber lo interior del producto; lograr formar las entradas de los insertos electrónicos USB hembra y también el espacio donde estará situado el panel fotovoltaico. Esta pieza al igual que la anterior se fabricará mediante Control numérico computarizado (CNC) donde la obtención de los programas de mecanizado se realizará con el programa Mastercam x9.

De igual manera, en las esquinas del núcleo anterior, se encuentran cuatro perforaciones que en sus centros están las espigas (Ver figura 2-5) que formará en el producto los agujeros en donde se fabricará la rosca de manera artesanal con los mismos tornillos ensambladores. Dichos estos agujeros con espigas en su interior, estarán fabricado mediante el proceso de electroerosión por penetración y, no obstante, por el lado posterior de la pieza, se obtiene la rosca para ser amarrada a la placa postizo macho.



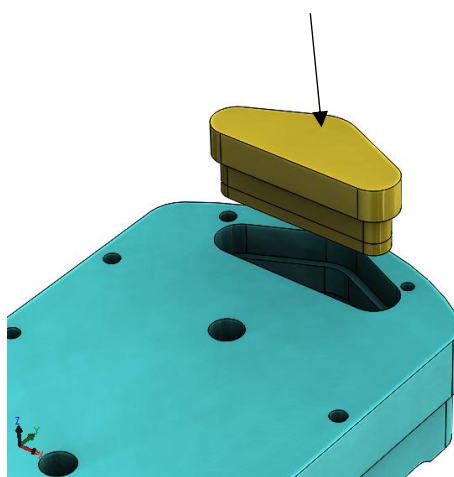
Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-5. Vista de Núcleo superior (NS)

En la figura 2-5 se logra observar un aumento en sección de agujeros con espigas fabricados mediante electrodos tal como indica la flecha. Están ubicados en las cuatro esquinas del mismo núcleo.

2.1.1.4. Inserto de mango núcleo inferior (I)

El núcleo inferior en sector superior de la pieza se debe poner un inserto que es parte del labio que se embeberán el mango de la carcasa (Ver Figura 2-6). Esto debe ser así por conveniencia del mecanizado, de ser lo contrario puede perjudicar las horas de trabajo y daños en herramientas.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

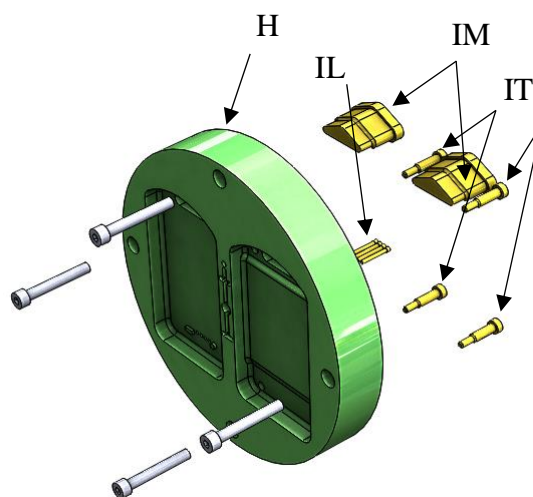
Figura 2-6. Vista posterior de núcleo inferior (NI) con inserto de mango (I)

En la figura 2-6 se logra observar que la flecha señala la dirección donde este inserto debe ubicarse con ajuste deslizante.

2.1.2. Postizo hembra (B)

El postizo hembra de acero SAE 1045 con dimensiones igual de diámetro y espesor que el postizo macho (A), es aquel que embeberá las superficies externas a la carcasa mediante dos cavidades en donde serán cada extremo de la carcasa (superior e inferior). El cual, amarrado con cuatro pernos métrico ocho y serán incluidos gracias a perforaciones ranuradas para esconder la cabeza de cada perno.

Si comparamos la placa anterior, la placa hembra también presenta insertos, los cuales tienen como objetivo reducir complejidades y agilizar las horas de mecanizado. Dichos insertos constan de dos piezas que serán parte del mango del producto con ranura y labio, cuatro fragmentos que representan el negativo del orificio que se quiere impregnar para el ensamble de tornillos de amarre y cuatro piezas pequeñas que servirá para lograr que el producto superior tenga sus cuatro orificios que ayudarán al usuario a entender la energía almacenada a través de luces LED. Esto de igual forma será explicado detalladamente en los puntos siguientes.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-7. Vista explosionada de postizo Hembra (B).

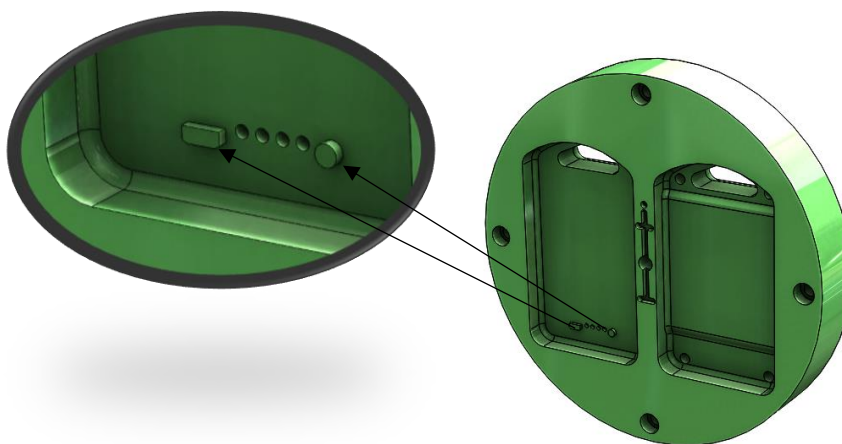
En la figura 2-7 se muestra cada componente de esta figura: la placa postiza hembra (H), los insertos de mango (IM), insertos para tornillos (IT) y los insertos para luz (IL).

2.1.2.1. Placa de acero postizo hembra (H)

La función de esta pieza mecanizada de acero SAE 1045, es embeber las áreas de sus cavidades donde los bordes inferiores tendrá un redondeo de 4mm. De forma radial, para lo que será la superficie externa de los lados superior e inferior de la carcasa.

Sin embargo, también tiene por el lado superior una pequeña cavidad para crear un botón que será para encender el aparato.

La idea del diseño era realizar un vaciado simple con el contorno del producto, pero para mejorar la eficiencia y evitar quiebre de herramientas al utilizar frezas de diámetros muy pequeños, se decidió mecanizar vaciados en sectores de lo que será el mango del producto y los agujeros donde se introducirá los tornillos de ensamblaje, y así incorporar insertos que serán sometidos a la placa con ajustes deslizante (H7/h6). Es importante mencionar que para llevar a cabo esta operación se debe añadir un vaciado por la parte posterior de la placa que será el área para la cabeza de los insertos y así evitar errores en inyecciones futuras (Mas detalles será explicado en los puntos siguientes). Por otro lado, en la cavidad superior de la pieza, se utilizará programas de contorneado para realizar los negativos de las entradas tales como Android y el hueco para insertar el botón de plástico (Ver figura 2-8).

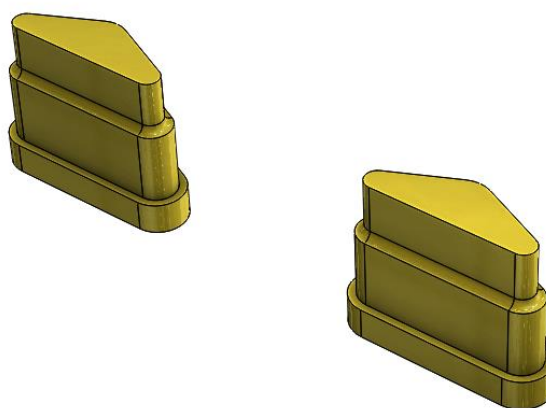


Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-8. Vista isométrica de placa postiza hembra (H) con aumento en zonas de negativos para entrada de Android y botón.

2.1.2.2. Insertos para mango (IM).

Estas dos piezas de acero son parte de la placa cavidad hembra y será los insertos que podrán impregnar lo que será el estilo de mango de forma triangular con sus vértices redondeadas. Ambas poseen las mismas medidas en cuanto a su base y altura, cuyas medidas son: 49.92mm y la altura es de 18.36mm. Sin embargo, difiere la profundidad ya que tienen una diferencia en el cuerpo de 0.5mm la cual, será el espacio entre carcasa al cerrarlas y ensamblarlas.



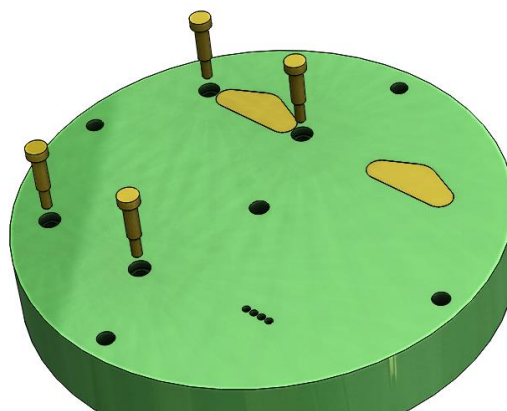
Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-9. Vista isométrica de insertos para el mango.

2.1.2.3. Insertos para tornillos (IT).

En los prototipos anteriores se estudió lograr mecanizados que pudieran realizar el vaciado más los contornos de espigas para producir las perforaciones hacia la carcasa.

No obstante, esto no pudo concluirse ya que se observó que tendría que pasar frezas muy pequeñas por esas áreas añadiendo la profundidad a la que estas herramientas estaban dispuestas a realizar. No obstante, se concluyó que lo mejor es diseñar insertos por la simplicidad que tiene. Estos insertos se fabricarán con tornos convencionales y en la placa se mecanizará la perforación junto con el ajuste necesario para introducirlos (Ver figura 2-10)



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

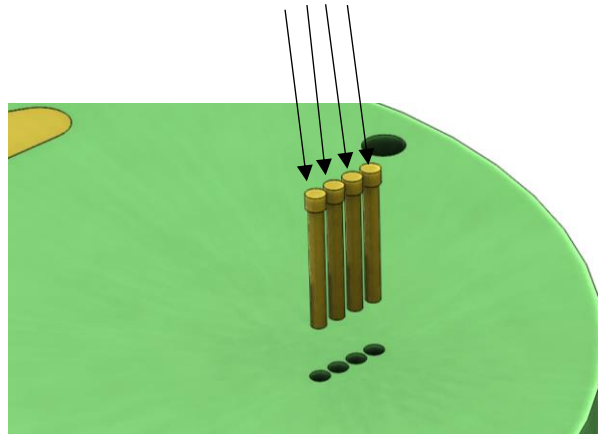
Figura 2-10. Vista explosionada de cara posterior de placa hembra con insertos para tornillos

En la figura 2-10 se aprecia que estos insertos se someterán con ajuste deslizante H7/h6.

2.1.2.4. Insertos para luces LED (IL).

Estas cuatro piezas serán las que lograrán hacer las perforaciones a la carcasa superior del producto. Cuya importancia es mayor puesto que serán índice para que el usuario comprenda la cantidad de energía almacenada en las baterías. Además, emplear esta operación tiene un nivel de complejidad mayor ya que las perforaciones están muy cercanas unas a otras y algún milímetro de error puede sacrificar la placa completa (Ver figura 2-11). Es por ello, que esta operación debe ser precisa con ayuda de una máquina CNC cuyo trabajo de perforado son de $\text{Ø}3.03\text{mm}$ y $\text{Ø}4.03\text{mm}$ cuya perforación será la cabeza del inserto.

Por otro lado, por conveniencia a la fabricación, se decidió fabricar los insertos con botadores de 3mm de diámetro y cilindrar sus cabezas hasta los 4mm de diámetro.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-11. Vista isométrica de alojamiento de insertos

2.2. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

El sistema de alimentación se encarga de trasladar el polímero fundido desde la unidad de inyección hasta las cavidades del molde y así obtener el producto deseado. Este sistema se compone de:

- Bebedero.
- Canales.
- Entrada.

Cada componente es imprescindible al momento de realizar el producto deseado sin estos o si uno de ellos resulta defectuoso no se podría realizar el proceso de inyección. Cada uno de los componentes será explicado más adelante.

2.2.1. Bebedero

Es el componente encargado de transmitir el fluido desde la boquilla de la maquina hasta los canales de alimentación del molde (Ver figura 2-12). Hay varios tipos de bebederos, pero en este caso utilizaremos el tipo de unión esférico para garantizar la entrada efectiva de la boquilla de la máquina.



Fuente: MadeinChina.com. Parte del molde bebedero del molde de inyección de plástico (XZB11-C)

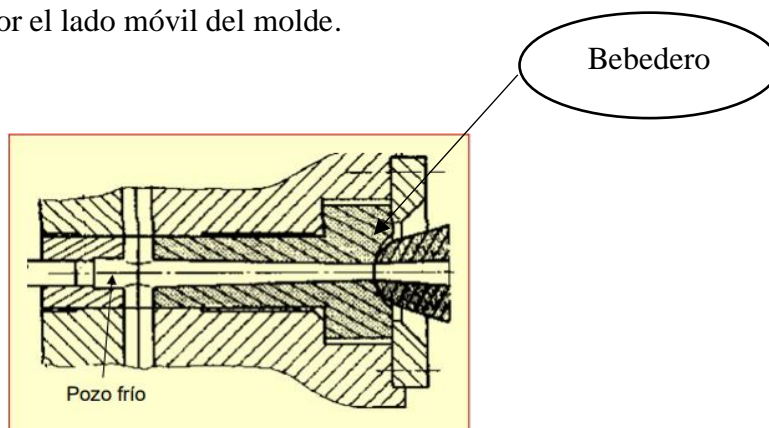
Figura 2-12. Bebedero normalizado

Tiene un orificio en el interior normalmente cónico que oscila entre los 1 o 2 grados que va en función al eje de la longitud, donde el plástico fundido pasa por este agujero creando lo que se denomina mazarota o resto de material del producto.

2.2.2. Canales de alimentación

Estos canales son los que conducirán el material hasta todas las superficies del postizo. Sin embargo, en el diseño de este trabajo se decidió emplear la modalidad de canales fríos, estos como ventaja es más sencillo diseñar, más económico en parte, y aunque algunas desventajas como por ejemplo mayor consumo de material y la necesidad de expulsar los canales, no es un impacto tan importante porque la producción de este producto es relativamente baja.

Como mencionamos anteriormente los canales serán de tipo frío, es necesario crear un pozo frío (Ver figura 2-13) para garantizar la extracción y su retención en el lado del sistema de expulsión. Esto con ayuda de una rosca en el mismo pozo frío garantizará su retención y al momento de abrir el molde que asegurará de que el producto esté trabado listo para ser expulsado por el lado móvil del molde.



Fuente: Diseño y transformación de Plásticos, Universidad politécnica de Madrid.

Figura 2-13. Corte en sección del sistema de alimentación

La flecha por el lado izquierdo indica donde se sitúa el pozo frío que está por el lado inferior a la mazarota y que consiste en un contra-cono, opuesto al cono de la mazarota en forma de negativo al desmoldeo.

Por otra parte, los canales se distribuirán en dos secciones en cada extremo desde el centro y dos conductos en forma de “T”, logrado que cada cavidad tenga dos entradas por cavidad, y un canal que conduce hacia la fabricación del botón encendido del producto.

Otro dato importante es el diseño de los canales, ya que esto puede ayudar o perjudicar tanto los costos de los postizos como también el resultado del producto. Algunos de los canales son:

- Circular
- Circular de media caña
- Trapezoidal de media caña
- Trapezoidal modificado de media caña
- Cuadrado

Por conveniencia de diseño y factibilidad de mecanizado, se escogió el canal de tipo circular de media caña, ya que es por un lado del postizo a mecanizar y la herramienta es de forma circular.

Como se decidió el tipo de canal es factible e importante a la vez, considerar la dimensión del mismo canal y es por ello por lo que para garantizar de forma empírica la buena distribución del fabricado producto, existe una fórmula para determinar el diámetro a media caña del conducto:

$$d^2 = \frac{2D^2}{n}$$

Fuente: Manual del polipropileno

Fórmula 2-1. Diámetro a media caña de canal de alimentación.

Dónde:

d = diámetro del canal.

D = Diámetro de salida del bebedero.

n = número de canales.

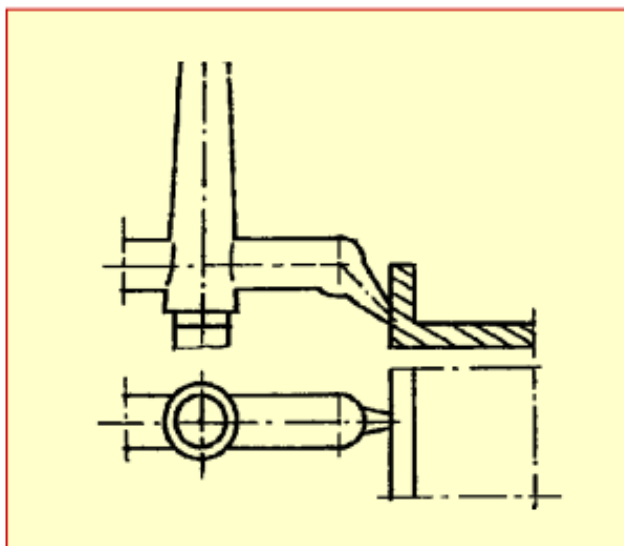
Se reemplaza los datos a la formula x y se obtiene:

$$d = \sqrt{\frac{2(D)^2}{n}} = \sqrt{\frac{2(7)^2}{4}} = \sqrt{24.5} = 4.94mm. \approx \text{Ø}5mm.$$

Sabiendo este dato se sabe que se debe utilizar una freza esférica de diámetro 5mm. Donde se mecanizará los canales de alimentación.

2.2.3. Entrada

Ya que se obtuvo el diámetro de media caña de los canales de alimentación es necesario lograr que el fluido penetre las superficies de las cavidades del postizo, la entrada en el cual este fluido de material ingresará. Sin embargo, existen varios tipos de entradas con canales fríos a disposición, pero se decidió utilizar el tipo Submarino (Ver figura 2-14) que, por evitar rebarbas al separar la mazarota del producto, además se ahorra tiempo para el operador en realizar esta misma operación porque este sistema permite la separación de la colada automáticamente. La forma operativa de hacer esta entrada es introduciendo un electrodo con el diámetro de entrada que en este caso es de 1mm. e inclinar la placa en 45 grados en la bancada de la maquina electroerosionadora.



Fuente: Diseño y transformación de Plásticos, Universidad politécnica de Madrid.

Figura 2–14. Canal de estrangulamiento tipo submarino

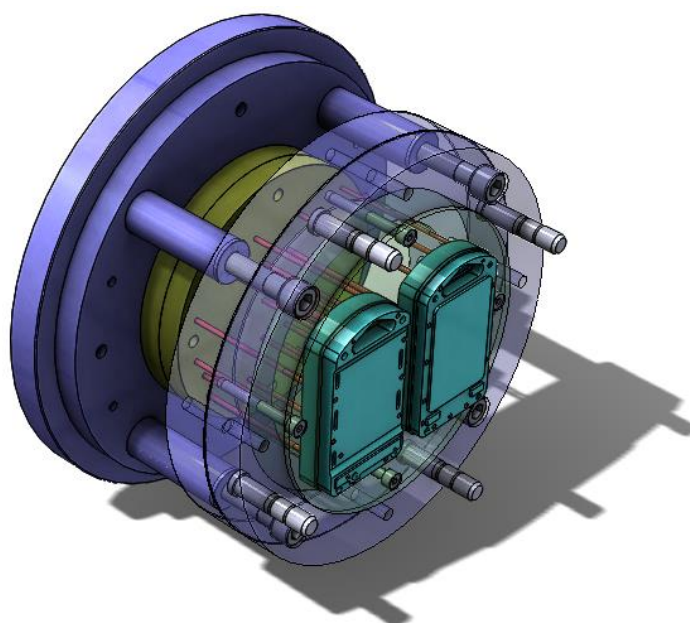
2.3. SISTEMA DE EXTRACCIÓN

El sistema de extracción se encarga de expulsar la pieza ya inyectada y solidificada del molde. Este sistema funciona gracias a un cilindro óleo – hidráulico que incorpora la máquina y la manufactura del mismo sistema incorporado al molde produciendo la automatización del sistema y ahorro de tiempos muertos.

Todos los componentes que ayudan al sistema de extracción de la pieza y la mazarota cuando el molde abre son los siguientes elementos:

- Paralelas;
- Espiga botadora;
- Espiga contra-botadora;
- Placas botadoras;
- Placa porta botadoras, y
- Amarra placas.

Como se debe a la fabricación del producto gracias a un porta-molde ya realizado y este trabajo está enfocado a los postizos propiamente tal, también se debe fabricar placas y botadores que van en función al diseño del producto. En la figura 2-15 se aprecia las placas y botadores que requieren el producto ser expulsado automáticamente.



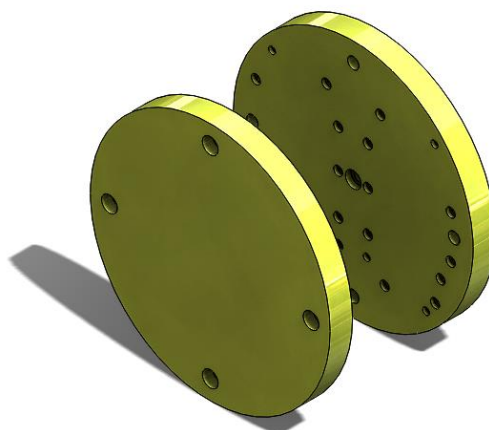
Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-15. Vista isométrica del lado móvil del molde

En la figura 2-15 está dando énfasis al sistema de expulsión, donde se muestra en la figura dos placas de color amarillo y espigas rojas en su interior que serán los botadores del producto.

2.3.1. Placas expulsoras

Estas dos placas de acero SAE 1020 con diámetro 214mm. y 20mm. de espesor son las encargadas de contener todo el conjunto de espigas. Estará amarrado al sistema de extracción del armazón de molde a través de amarra placas donde contendrá estas mismas placas con la placa porta-placas extractoras. Del mismo modo, que estas piezas estén amarradas una a la otra a través de pernos métrico ocho, deben situarse de forma que la placa inferior tenga ranuras para insertar los pernos y poder amarrar la placa superior. Y posteriormente, la placa superior donde en realidad es ella que sujetará los botadores con ranuras para someter la cabeza de cada botador. (Ver figura 2-16)

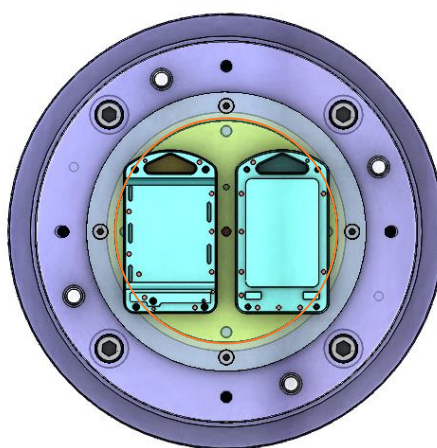


Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-16. Vista isométrica de las placas expulsoras

Se aprecia en la figura 2-16 las perforaciones donde irán ubicadas cada botador. Además, es importante la fabricación del ranurado en cada perforación, para obtener el perfecto empalme entre las dos placas.

Por otro lado, se debe considerar la ubicación de cada botador, y es por esto que como en diseño de este sistema entra en conflicto, porque las dimensiones de lo que es tanto como núcleos más canales de llenado y cavidades, no entran en el perímetro de las placas extractoras (Ver figura 2-17) por lo que, como solución se antepuso la evaluación para ubicar los botadores a favor del interior del perímetro de dichas placas por lo que aumento la cantidad de botadores a utilizar para asegurar la efectividad de expulsión del producto.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-17. Vista frontal del conjunto móvil del molde

Se observa en la figura 2-17 el círculo de color rojo, en el cual, indica la circunferencia de las placas expulsoras. Además, los puntos rojos indican los mismos botadores ubicados en función del problema mencionado anteriormente.

2.3.2. Botadores

Estas piezas cilíndricas de acero normalizadas son las encargadas de expulsar la pieza deseada, pasando por los orificios concéntricamente con respecto al lado móvil del molde y de forma tangente a la superficie del área proyectada por el interior del producto.

Sin embargo, para este proyecto se consideraron 22 botadores de $\varnothing 4\text{mm}$, 4 botadores de $\varnothing 3\text{mm}$, y 1 botador de $\varnothing 10\text{mm}$.

2.3.2.1. Cálculo de botadores

Para la optimización de los botadores, estos deben cubrir el 1% del área proyectada de la pieza en su totalidad, de forma que el sistema botador expulse la pieza de forma eficiente y automatizada.

Desarrollando:

$$1\% \text{ Área proyectada} = 68.668,21 \text{ mm}^2 \times 0,01 = 686,67 \approx 686,7 \text{ mm}^2.$$

Dividiendo por la cantidad total de botadores, se obtiene:

$$\text{Área por botador} = 686,7 \text{ mm}^2 / 26 \approx 26,5 \text{ mm}^2$$

Posteriormente, despejando la variable del área en que cada botador debe cubrir, el diámetro teórico mínimo que debe tener es de:

$$\varnothing \text{ Botador} = 2 \sqrt{\frac{\text{Área por botador}}{\pi}} = 2 \sqrt{\frac{26,5}{\pi}} = 2,905 \approx \varnothing 3 \text{ mm}$$

Como resultado teórico de cada botador, como mínimo se establece en base a la fórmula 2-1, que cada botador debiese ser de diámetro 3mm. Sin embargo, por temas de disponibilidad en taller de matricería de la USM Sede Viña del Mar, Se consideran botadores de diámetro 4mm.

2.3.2.2. Resistencia de los botadores al pandeo

Como se trata de que el molde se abre y cierra constantemente, además el sistema de extracción a la vez también está en movimiento y sometido a fuerzas extremas, muchos fenómenos ocurren en el sistema. Uno de ellos es el pandeo, éste se define por fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos y que se manifiesta por la aparición de movimientos importantes transversales a la dirección principal de ellos, por lo cual es necesario saber datos que asegure la correcta implantación de ciertas piezas como los botadores con ciertos diámetros, es necesario saber si es factible usar estas espigas con diámetros pequeños en función a la fuerza transversal que realiza la máquina.

A continuación, en la fórmula (2-3), se calculará la carga crítica de un expulsor que en rigor se considera el más largo para suprimir cálculos ya que varían en altura de 0.4mm.

$$P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN.

Fórmula 2-2. Pandeo de botadores

Donde:

E = Modulo de elasticidad del acero = $2.1 \cdot 10^6 \text{kg/cm}^2$

$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32}$ momento de inercia del botador.

L = Longitud del botador = 163.57mm = 16.357cm.

Previamente se calcula momento de inercia:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 16}{32} = 1,57 \text{ mm}^4 = 0,157 \text{ cm}$$

Se reemplaza los valores de la formula (2-3):

$$P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 \cdot e \cdot I}{L^2} = \frac{6,28 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \text{kg/cm}^2 \cdot 0,157 \text{cm}}{267,551 \text{cm}} = 8.039,24 \text{ kg}$$

El valor señalado de la carga critica es 8.039,24 kg. Sin embargo, en la etapa de fabricación se verificará que los botadores estén bien guiados, para no deformarlos por desviaciones que puedan presentarse, por ejemplo, con una carga perpendicular a las placas generando por pandeo.

2.4. MATERIALES

Es elemental en el diseño del molde asignar los materiales que se llevará a cabo para la construcción, ya que definirá la vida útil de este. Considerando que los postizos a fabricar estarán sometido a fuerzas de tracción, compresión, pandeo, cizalle, etc. Además, al desgaste por roce, entre un sinnúmero de otras variables que influirán en su desempeño.

Dentro de los materiales más utilizados para la fabricación de moldes se encuentra:

- Aceros al carbono;
- Aceros resistentes a la corrosión;
- Aceros pulvimetalúrgicos;
- Aceros pre templados;
- Aceros de cementación;

- Aceros para herramientas templados en profundidad, y
- Aceros de nitruración
- Duro aluminio
- Bronce

Tabla (2-1). Materiales de los postizos

PIEZA	MATERIAL
Postizo hembra	ACERO AISI-SAE 1045
Postizo macho	ACERO AISI-SAE 1045
Placa expulsora	ACERO AISI-SAE 1020
Placa soporte	ACERO AISI-SAE 1020
Núcleo postizo superior	DURO ALUMINIO ALUMOLD-IS 5614-15
Núcleo postizo inferior	DURO ALUMINIO ALUMOLD-IS 5614-15
Inserto postizo mango	DURO ALUMINIO ALUMOLD-IS 5614-15
Inserto postizo "tornillo"	ACERO AISI-SAE 1045
Inserto postizo "luz"	ACERO AISI-SAE 1045

Fuente: Elaboración propia, en base a metales comerciales.

2.4.1. Acero AISI-SAE 1045

Acero con medio contenido de carbono, con buenas características para la forja, y buena soldabilidad. Un material apto para fabricaciones con exigencias moderadas. Responde de buena manera al tratamiento térmico y al endurecimiento por llama o inducción.

Tabla (2-2). Composición química acero AISI-SAE 1045

ELEMENTO QUÍMICO	VALOR (%)
Carbono (C)	0,43 – 0,50
Manganeso (Mn)	0,60 – 0,90
Fósforo (P)	0,04 máx.
Azufre (S)	0,05 máx.

Fuente: Elaboración propia, en base a catálogo comercial ThyssenKrupp

Dentro de sus aplicaciones principales es para la fabricación de engranajes, ejes, cigüeñales, cilindros de motores, rotores, bielas, arboles de turbina a vapor y pernos y tuercas sometidos a exigencias de torsión e impacto.

2.4.2. Acero AISI-SAE 1020

Acero de bajo contenido de carbono, de fácil mecanizado y buena soldabilidad. De baja dureza para usos convencionales de baja exigencia. Sin embargo, no se debe aplicar tratamientos térmicos por llama o inducción por su porcentaje de carbono no aplicaría ningún resultado.

Tabla (2-3). Composición química acero AISI-SAE 1020

ELEMENTO QUÍMICO	VALOR (%)
Carbono (C)	0,18 – 0,23
Manganeso (Mn)	0,30 – 0,60
Fósforo (P)	0,04 máx.
Azufre (S)	0,05 máx.
Silicio (Si)	0,15 – 0,35

Fuente: Elaboración propia, en base a catálogo comercial Aceros Otero.

Sus aplicaciones más comunes en manufactura son de bases de matrices y/o soportes, como también engranajes de bajas revoluciones, flanges, pernos de anclaje, ejes, cadenas, bujes, tornillería corriente y pasadores de baja resistencia.

2.4.3. Duro aluminio (ALUMOLD-IS 5614-15)

Los Duro-aluminios son un conjunto de aleaciones entre los que se encuentra el cobre (en mayor calidad), el magnesio y el silicio. Se caracterizan por ser un material ligero de una elevada resistencia mecánica a temperatura ambiente.

Tabla (2-4). Composición química Duro-aluminio IS 5614-15

ELEMENTO QUÍMICO	VALOR (%)
Cobre (Cu)	3,50 – 4,50
Manganeso (Mn)	0,40 – 1,00
Magnesio (Mg)	0,40 – 1,00
Cromo (Cr)	0,10 máx.
Silicio (Si)	0,20 – 0,80
Hierro (Fe)	0,70 máx.
Aluminio (Al)	Resto.

Fuente: Elaboración propia, en base a catálogo comercial Aceros Bravo.

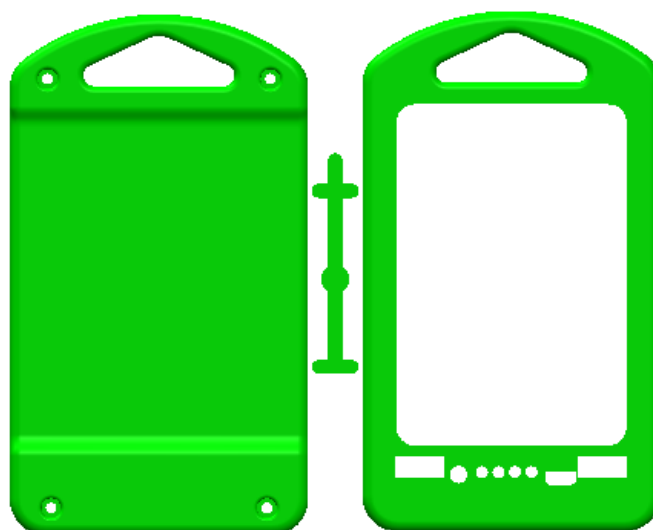
Se emplean en piezas que requieran de una alta resistencia a la tracción y se emplean en diferentes industrias como la aeronáutica y automotriz. Además, su uso en la matricería es muy frecuente por ser un material blando en frente al corte de viruta dejando una excelente superficie de acabado.

2.5. CÁLCULO DE FUERZAS EN EL MOLDE

Para conocer y regular el comportamiento del molde frente a fenómenos como fuerzas, temperaturas, tiempos, etc. Se han determinado cálculos que influirán directamente en el desempeño del molde a la hora de mejorar el resultado final en el producto.

2.5.1. Fuerza de cierre y expansiva del molde

Para comprobar si la fuerza de cierre de la maquina inyectora será suficiente para una buena calidad del producto, se debe considerar la superficie proyectada de la pieza sobre el plano Paralelo a la superficie de las placas postizas. No obstante, se determinó a través del software SolidWorks 2016 que el área proyectada de la pieza es de 68.67 cm^2 , incluyendo el área de la pieza y los canales de llenado.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 2-18. Área proyectada de la pieza a fabricar

Es recomendable que la fuerza de cierre máxima de la maquina a seleccionar, sea aproximadamente un 20% superior a la necesaria para la inyección óptima de la pieza en cuestión.

$$F_{c1} \text{ (Fuerza de cierre) } 20\% > F_{e2} \text{ (Fuerza expansiva)}$$

Para establecer el valor de la fuerza expansiva del molde, se expone la siguiente fórmula:

$$F_e = A_p \times P_{iny}$$

Fuente: Memoria Diseño y fabricación de un molde para pasillo para comida de gatos

Fórmula 2-3 Fuerza expansiva del molde

Dónde:

F_e = Fuerza expansiva (kp)

A_p = Área proyectada pieza + canales de llenado (68.67cm²)

P_{iny} = Presión de inyección del PEAD (1200 kp/cm²)

Reemplazando en la fórmula 2-3, se obtiene que:

$$F_{e1} = 68.67 \times 1200$$

$$F_{e1} = 82.401,607 \text{ kp}$$

Como resultado, se obtuvo una fuerza expansiva de 82.401,61 kp, y dado que la maquina inyectora a utilizar es de 520 ton de cierre de molde (equivalentes a 502.000 kp) se cumple que:

$$F_{c1} \text{ (Fuerza de cierre) } 20\% > F_{e2} \text{ (Fuerza expansiva)}$$

$$F_{c1} = 520.000 \text{ kp} > F_{e1} = 82.401,61 \text{ kp}$$

Se puede inferir que la fuerza expansiva del molde es un 16% menor que la fuerza de cierre, por lo tanto, el diseño de los postizos es compatible con la maquina inyectora.

CAPITULO 3: FABRICACIÓN

3. FABRICACIÓN

En este capítulo se explicará el proceso de fabricación junto a las máquinas y herramientas utilizadas para la obtención de las placas cavidades y placas expulsoras.

3.1. REFRENTADO Y CILINDRADO

Este proceso se realiza con la utilización de la máquina-herramienta torno (véase en 3.1.1) en donde se efectúa el montaje del material en bruto, el cual posee una sobremedida, la cual permite que este se trabaje de manera adecuada y así poder darle su medida final sin que este tenga deformaciones (el montaje es algo de gran importancia en este proceso).

Debido a las grandes dimensiones que poseen las placas cavidades, se necesitara de la ayuda de un plato de cuatro garras; donde cada una de sus garras es independiente, por lo que el material no quedara concéntrico al realizar el apriete de estas, así que se necesitara de la ayuda de un reloj comparador el cual permitirá que el montaje sea el más adecuado para el proceso. Al ser de SAE1045 ambas placas, se necesitará de la ayuda de una herramienta de corte con insertos de carburo, para aumentar la velocidad del proceso de mecanizado.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica.

Figura 3-1. Montaje de material en bruto

Una vez conseguido el montaje adecuado se procederá a refrentar la cara visible para comenzar a dar el espesor solicitado por plano.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica.

Figura 3-2. Proceso de refrentado

En la figura 3-2 se puede apreciar como con la ayuda de una herramienta de corte de carburo, se realiza el proceso de refrentado, el cual en primera instancia se debe realizar hasta obtener que la cara quede lo más recta posible, para que así en el momento de llevar a cabo el volteo de la placa para refrentar la otra cara se pueda dar la medida final solicitada por el plano.

Ya finalizado el primer refrentado se procederá a ejecutar el cilindrado para comenzar a obtener el diámetro solicitado por plano, aun así, al igual que en el refrentado, este se debe dejar con una medida mayor a la solicitada, para posteriormente realizar un montaje que se explicara más adelante.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica

Figura 3-3. Cilindrado



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica.

Figura 3-4. Segundo montaje

En la figura 3-4 se aprecia que la placa ha sido volteada para terminar el proceso de mecanizado necesario para poder efectuar el siguiente proceso mecánico.

Una vez terminado el cilindrado y refrentado, en el mismo montaje se debe realizar una perforación en el centro de ambas placas.

3.1.1. Torno

Máquina-herramienta que consta de un proceso mecánico el cual es efectuado por revolución en el cabezal, el cual permite la rotación de la pieza y, con la ayuda de una herramienta de corte, la cual posee propiedades mecánicas las cuales la hacen más dura que el material a mecanizar, se comienza a remover el material con un proceso mecánico denominado “arranque de viruta”.

Para determinar de manera más efectiva el trabajo a realizar, tales como la velocidad de giro del husillo y el tiempo de mecanizado, se necesitan de datos los cuales deben ser entregados por el fabricante del material



Fuente: Taller de mecánica, JMC – USM

Figura 3-5. Torno

3.1.2. Teoría del torneado

Para determinar parámetros de velocidad y tiempo de una manera más eficaz, se consta con fórmulas universales, entre las cuales se encuentran:

3.1.2.1. Velocidad de corte

Se define como la velocidad lineal de la periferia de la pieza que está en contacto con la herramienta. Su valor es expresado en metros por minutos (m/min).

Esta velocidad debe ser calculada previamente al mecanizado, y su valor puede depender de factores como:

- ✚ Calidad y tipo de herramienta a utilizar;
- ✚ Profundidad de cada pasada;
- ✚ Dureza y maquinabilidad del material a mecanizar, y
- ✚ Velocidad de avance empleada.

$$V_c = \frac{Dm \times \Pi \times n}{1000}$$

Fuente: Apuntes de taller con arranque de viruta.

Fórmula 3-1. Velocidad de corte, torno

Dónde:

V_c	:	Velocidad de corte (m/min)
D_m	:	Diámetro de mecanizado (mm)
n	:	Velocidad de husillo (rpm)
Π	:	Constante pi (3,1416)

3.1.2.2. Velocidad de husillo

Velocidad con la que rota la pieza a mecanizar, la cual se expresa en revoluciones por minuto (rpm).

Los rpm del husillo son directamente proporcionales a la velocidad de corte, e inversamente proporcional al diámetro de la pieza.

$$N = \frac{V_c \times 1000}{\Pi \times D_m}$$

Fuente: Apuntes de taller con arranque de viruta

Fórmula 3-2. Velocidad del husillo, torno

Dónde:

N	:	Velocidad del husillo (rpm)
V_c	:	Velocidad de corte (m/min)
D_m	:	Diámetro de mecanizado (mm)
Π	:	Constante pi (3,1416)

3.1.2.3. Tiempo de mecanizado

Tiempo transcurrido en minutos, en el cual la pieza estuvo sometida a arranque de viruta.

$$T_c = \frac{L_m}{F_n \times n} \times C_p$$

Fuente: Apuntes de taller con arranque de viruta

Formula 3-3. Tiempo de mecanizado, torno

Dónde:

T_c	:	Tiempo de mecanizado (min)
L_m	:	Longitud mecanizada (mm)
F_n	:	Avance por revolución (mm/r)
n	:	Velocidad de husillo (rpm)
C_p	:	Cantidad de pasadas

3.2. MECANIZADO EN FRESADORA

Este proceso se lleva a cabo con la máquina-herramienta fresadora (véase en 3.2.1) en donde se realiza el montaje de ambas placas una sobre la otra y con la ayuda de un pasador alojado en las perforaciones centrales y, así permitir que estas queden concéntricas.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica.

Figura 3-6. Montaje de ambas placas en fresa

En la figura 3-6 se aprecia el montaje elaborado para el proceso de mecanizado, en donde se logra apreciar que las letras “A” y “B” se muestra el amarre que las bridas efectúan sobre las placas y, la elipse indica el montaje sobre las paralelas para que la broca perfore libremente.

En vista de que el usuario determine que el montaje este adecuadamente apto para llevar a cabo el mecanizado se procederá a marcar los puntos para el perforado de ambas placas; una vez finalizadas las perforaciones con la broca de $\text{Ø}7,8$ mm, se debe dar

la medida final $\varnothing 8$ mm con la ayuda de un escariador, para posteriormente alojar en ellas pasadores que permitirán un amarre concéntrico de las placas, evitando que estas tiendan a girar una sobre la otra.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica

Figura 3-7. Placas unidas y concéntricas por pasadores

3.2.1. Fresadora

La máquina-herramienta fresadora nos permite elaborar una enorme cantidad de piezas, por arranque de viruta y, con la ayuda de herramientas rotativas; su mesa de trabajo, la cual funciona con la ayuda de 2 ejes, los cuales se denominan eje “X” y eje “Y” permiten la producción de una amplia gama de productos, además cabe mencionar, que se consta con la ayuda de un tercer eje, el cual se encuentra en el cabezal de la máquina y también en la mesa de trabajo, este eje es denominado eje “Z”, dándonos así la capacidad de realizar perforaciones, cavidades, figuras geométricas, ruedas dentadas, entre otras cosas; a pesar de esta diversidad de mecanizados.

Para determinar la velocidad del husillo y el tiempo de mecanizado, se necesitan algunos datos que deben ser entregados por el fabricante del material a mecanizar.



Fuente: Elaboración propia, taller de mecánica

Figura 3-8. Máquina herramienta fresadora

3.2.2. Teoría del fresado

Para determinar parámetros de velocidad y tiempo de una manera más eficaz, se consta con fórmulas universales, entre las cuales se encuentran:

3.2.2.1. Velocidad de corte

Velocidad con la cual una herramienta se enfrenta al material para ser eliminado. Su valor es expresado en metros por minuto (m/min), en donde dependerá de factores tales como:

- ✚ Calidad, tipo y geometría de herramienta a utilizar;
- ✚ Profundidad de corte;
- ✚ Dureza y maquinabilidad de material a mecanizar y,
- ✚ Velocidad de avance empleada

$$V_c = \frac{D_{cap} \times \pi \times n}{1000}$$

Fuente: Apuntes taller con arranque de viruta

Fórmula 3-4. Velocidad de corte, fresadora.

Dónde:

- V_c : Velocidad de corte (m/min)
 D_{cap} : Diámetro a profundidad de corte real (mm)
 n : Velocidad de husillo (rpm)
 Π : Constante pi (3,1416)

3.2.2.2. Velocidad de husillo

Número de revoluciones que efectúa la herramienta en el husillo en función de cada minuto. Valor orientado a la maquina el cual es calculado a partir de la velocidad de corte establecida para cada operación.

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\Pi \times D_{cap}}$$

Fuente: Apuntes taller con arranque de viruta

Fórmula 3-5. Velocidad de husillo, fresadora

Dónde:

- n : Velocidad de husillo (rpm)
 V_c : Velocidad de corte (m/min)
 D_{cap} : Diámetro a profundidad de corte real (mm)

3.2.2.3. Avance por diente

Es un valor con el cual se puede calcular datos de corte, como el avance de la mesa. También se calcula considerando el espesor máximo de la viruta y el ángulo de posición.

$$f_z = \frac{V_f}{n \times Z_c}$$

Fuente: Apuntes taller con arranque de viruta

Fórmula 3-6. Avance por diente, fresadora

Dónde:

- f_z : Avance/diente (mm)
 V_f : Avance de mesa (mm/min)
 n : Velocidad de husillo (rpm)
 Z_c : Número eficaz de diente (piezas)

3.2.2.4. Velocidad de avance

Velocidad con la cual la herramienta se desplaza con respecto a la pieza en función de avance por diente (f_z) y del número de dientes por fresa (Z_c), su avance se expresa en mm/min.

$$V_f = f_z \times n \times Z_c$$

Fuente: Apuntes taller con arranque de viruta

Fórmula 3-7. Velocidad de avance, fresadora

Dónde:

V_f	:	Avance de la mesa (mm/min)
f_z	:	Avance / Diente (mm)
n	:	Velocidad de husillo (rpm)
Z_c	:	Número eficaz de dientes (piezas)

3.2.2.5. Tiempo de mecanizado

Tiempo transcurrido en minutos en que la pieza estuvo sometida a arranque de viruta.

$$T_c = \frac{L_m}{F_n \times n} \times C_p$$

Fuente: Apunte taller con arranque de viruta

Fórmula 3-8. Tiempo de mecanizado, fresadora

Dónde:

T_c	:	Tiempo de mecanizado (min)
L_m	:	Longitud mecanizada (mm)
F_n	:	Avance por revolución (mm/r)
n	:	Velocidad del husillo (rpm)
C_p	:	Cantidad de pasadas

3.3. DIMENSIONADO FINAL DE PLACAS

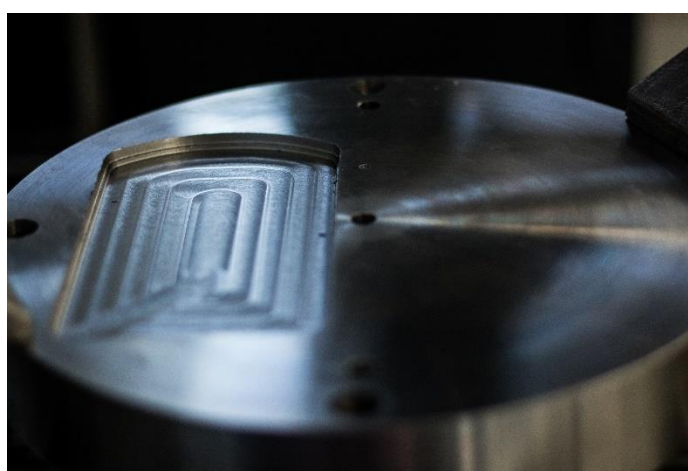
Ya finalizado el perforado y escareado para el amarre, se realizará un nuevo montaje de ambas placas en la máquina-herramienta torno para dar las medidas finales a ambas placas amarradas, para que así se obtenga una concentricidad con estas.

3.4. ELABORACIÓN DE PLACA MACHO

Para la fabricación de las cavidades de la placa macho, se necesitará de la ayuda de softwares de diseño en 2D Y 3D y, de simulación de mecanizado, para así obtener un óptimo mecanizado de ambas cavidades y que estas obtengan las medidas establecidas por plano.

El proceso de fabricación será utilizando la máquina-herramienta CNC, en la cual el montaje deberá ser de alta precisión debido a la tolerancia de tan baja dimensión con la que se consta en el resultado final del producto a obtener, para que este cumpla con sus dimensiones de una manera en la que permita su uso adecuadamente. Una vez montada la placa, se procederá a buscar el punto de origen de la pieza (cero pieza), lugar en el cual la maquina reconocerá donde deba iniciar su trabajo.

Se debe proceder a realizar una de las cavidades primariamente, ya que cada cavidad tiene un programa independiente una de la otra, con los cuales se generan sus mecanizados.



Fuente: Elaboración propia, laboratorio de CNC.

Figura 3-9. Primera cavidad en proceso de fabricación

En la figura 3-9, podemos apreciar la forma que tendrá la cavidad, ya que posteriormente de finaliza ambas cavidades, se procederá a realizar un afinado en estas.

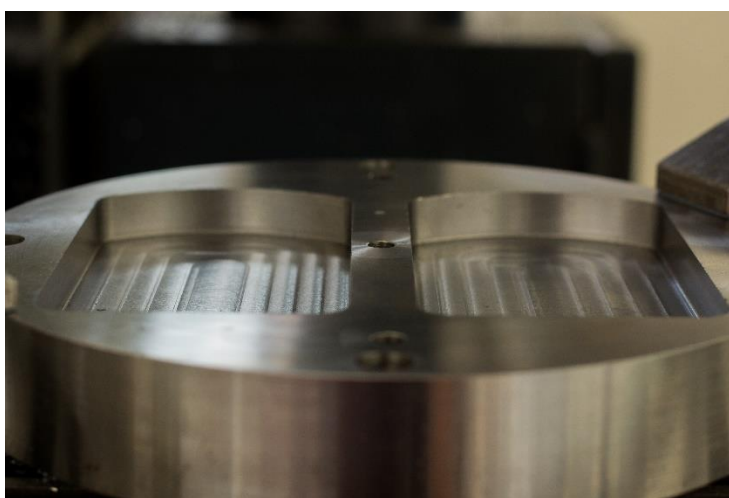


Fuente: Elaboración propia, laboratorio de CNC

Figura 3-10. Fabricación de segunda cavidad

3.4.1. Afinado

Una vez finalizada ambas cavidades se procederá a realizar un afinado en las paredes de cada una de ellas, lo que permitirá obtener una mayor calidad superficial y dar las dimensiones finales.



Fuente: Elaboración propia, laboratorio de CNC.

Figura 3-11. Cavidades finalizadas después del proceso de afinado

3.4.2. Máquinas-herramientas CNC

La maquinaria-herramienta CNC permite una fabricación de alta precisión, debido a su trabajo a partir de coordenadas las cuales son dadas por códigos de mecanizado

los cuales pueden ser ingresados por el operador de manera manual, o con la ayuda de softwares de diseño y simulación especialmente diseñados para este tipo de máquinas.



Fuente: Elaboración propia, laboratorio de CNC

Figura 3-12. Fresadora CNC, Leadwell Mustang kmc5p

En la figura 3-12 se puede apreciar una fresadora CNC que a simple vista es muy idéntica a una fresadora convencional, pero a diferencia de ella, contamos con una funcionalidad manual o guiada por códigos de mecanizado.



Fuente: Elaboración propia, laboratorio CNC

Figura 3-13. Centro de mecanizado CNC, Leadwell TDC 510

La máquina-herramienta apreciada en la figura 3-13 es muy similar a una fresadora CNC, debido a que esta también trabaja en los 3 ejes principales, eje “X”, eje “Y” y eje “Z”, pero a diferencia de la fresadora es que esta posee una torreta, la cual tiene una capacidad para realizar un montaje de 12 herramientas simultáneamente, lo que permite un trabajo más rápido.



Fuente: Elaboración propia, laboratorio de CNC.

Figura 3-14. Torno CNC, Benedetto CNC 1000

El torno CNC cumple con la misma función que un torno convencional, pero a diferencia de que este puede ser utilizado de manera manual como a su vez, puede ser utilizado a través de códigos de mecanizado. Además de contar con una torreta la cual permite montar 6 herramientas simultáneamente.

3.4.3. Sistema de botadores

En ambas cavidades se deberán efectuar un total de 21 perforaciones para el sistema de botadores, para la expulsión del producto, dentro de las cuales encontraremos 3 perforaciones de un diámetro de 3 mm y 18 perforaciones de un diámetro de 4 mm, además de esto, en el centro de la separación de ambas cavidades encontraremos otro botador de 4 mm.



Fuente: Taller de mecánica, JMC -USM

Figura 3-15. Perforado para sistema de botadores

En la figura 3-15 podemos apreciar ambas cavidades en donde se observan todos los puntos marcados por una broca de centro, los cuales fueron realizados mediante cnc, la cual nos ayudaran a guiar las perforaciones para los botadores; dentro de los óvalos rojos podemos apreciar 4 perforaciones las cuales no están consideradas para los botadores, sino que son perforaciones para el amarre de los núcleos que se insertaran dentro de estas cavidades.

3.4.4. Taladro de banco

Máquina-herramienta con la cual se puede efectuar el proceso mecánico “perforado”, proceso con el cual se producen agujeros cilíndricos, utilizando principalmente como herramienta una broca.



Fuente: Taller de mecánica, JMC – USM

Figura 3-16. Taladro de banco

3.4.5. Teoría del taladrado

En el proceso mecánico del taladrado se deberán tener en cuenta una amplia variedad de parámetros de corte, entre los cuales encontraremos:

- Elección de bronca;
- Sistema de fijación para la pieza;
- Velocidad de corte de la broca;
- Diámetro exterior de la broca u otra herramienta;
- Velocidad de giro del husillo;
- Avance de corte de la broca;
- Profundidad de la perforación;
- Esfuerzos de corte, y
- Tipo de taladradora y accesorios adecuados.

3.4.5.1. Velocidad de husillo

Velocidad con la que gira la broca, se expresa en revoluciones por minuto (rpm). Esta velocidad en los taladros convencionales depende principalmente del motor que este posea junto al número de velocidades que posea la caja de cambio. La velocidad de rotación es proporcional a la velocidad de corte y al diámetro de la herramienta.

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times Dc}$$

Fuente: Apuntes taller con arranque de viruta

Fórmula 3-9. Velocidad de husillo, taladradora

Dónde:

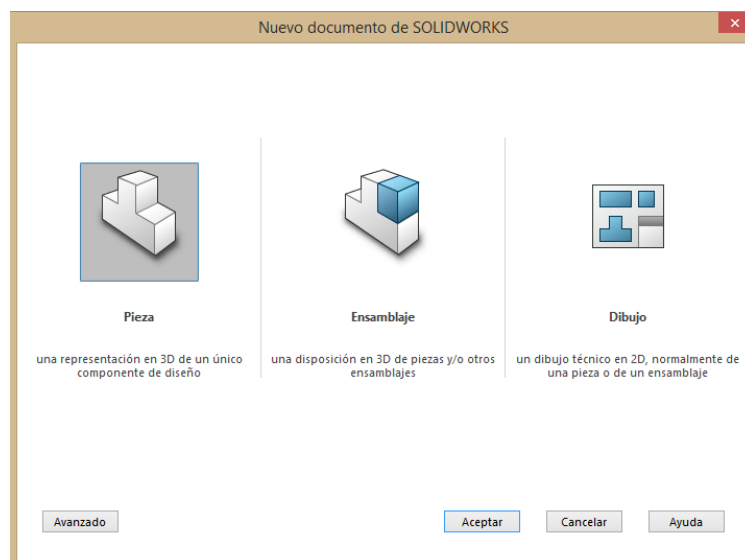
- n : Velocidad de husillo (rpm)
 Vc : Velocidad de corte (m/min)
 Dc : Diámetro de broca (mm)

3.4.6. Softwares

En el mercado se puede encontrar una amplia variedad de softwares de diseño y simulación de mecanizados, dentro de los cuales se destacarán los utilizados principalmente en la realización de este producto, tales como:

3.4.6.1. SolidWorks

Software de diseño en el cual se trabaja principalmente en 3D, ideal para realizar todo tipo de diseño que este a nuestra imaginación, ya que consta con un modo de dibujo por pieza, ensamblaje y/o dibujo, este último mencionado es utilizado para la realización de planos en 2D, su extensión para almacenamiento es .sldprt.

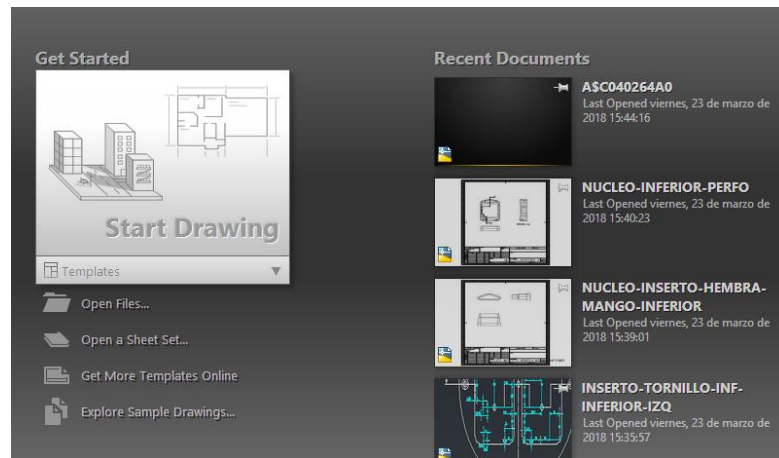


Fuente: Elaboración propia, mediante software SolidWorks

Figura 3-17. Menú de inicio de SolidWorks

3.4.6.2. AutoCAD

Software de diseño en 2D, perteneciente a la familia de autodesk, utilizado principalmente para el diseño de planos, su extensión para almacenamiento es .dwg.

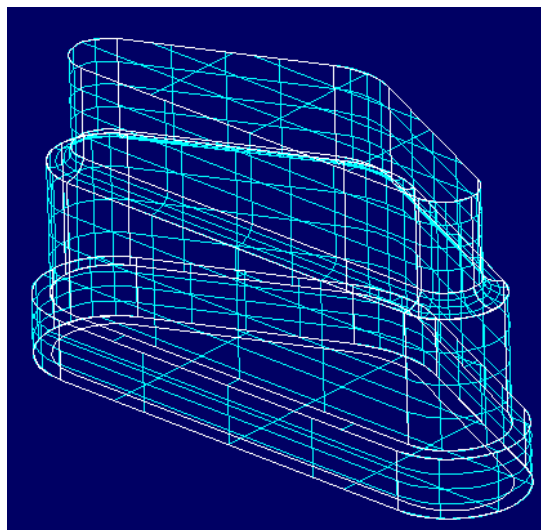


Fuente: Elaboración propia, mediante software AutoCAD.

Figura 3-18. Menú de inicio de AutoCAD

3.4.6.3. Surfcam

Programa para realizar simulaciones de mecanizados u obtener códigos de mecanizado para máquina-herramienta CNC, a partir de dibujos previamente realizados con la ayuda de otro software o, diseñados dentro de este mismo, su extensión de almacenamiento es .dsn.



Fuente: Elaboración propia, mediante software Surfcam

Figura 3-19. Pieza simulada en Surfcam

3.4.6.4. Códigos de mecanizado

Archivo creado a partir de Surfcam, que brinda información acerca del mecanizado que se realizara a través de control numérico computarizado, en donde encontraremos datos tales como, la velocidad de avance, velocidad de corte, velocidad de husillo, desplazamiento efectuado en los diferentes ejes. Su extensión de almacenamiento es .nc.

```

N5 G17 G40 G80 G90
N10 T1 M6
N15 M3 S2000
N20 G00 G54 X52.8274 Y34.2581
N25 G43 Z25. H1
N30 M8
N35 G00 Z0
N40 G01 Z-1.5 F100.0
N45 X52.7102 Y34.2716 F300.0
N50 X52.5774 Y34.2859
N300 X83.4027 Y-63.8891
N305 X83.4069 Y-63.8135
N310 X83.4073 Y-56.9259
N315 G00 Z25.
N320 M9
N325 G90 G00 G49 Z0 M5
N330 X0 Y0
N335 M30 |

```

Fuente: Elaboración propia, mediante software Surfcam

Figura 3-20. Inicio y fin de códigos de mecanizado

3.5. FABRICACIÓN DE INSERTOS

Para la fabricación de los insertos se necesitará de la ayuda de software de diseño y simulación de mecanizados, en donde encontraremos dos insertos inferiores, donde uno de ellos se alojará en la cavidad derecha y el otro será alojado en la cavidad izquierda, ambos en la placa hembra y, encontraremos un tercer inserto el cual ira alojado en el núcleo inferior, el cual se encontrará en la placa macho.

3.5.1. Corte de material en bruto

Cada uno de los tres trozos de material duraluminio, debe ser cortado con un exceso de material en su largo, para lograr un buen agarre al momento de mecanizar, llegando así a un excesivo de 35mm sobre la medida final del inserto.

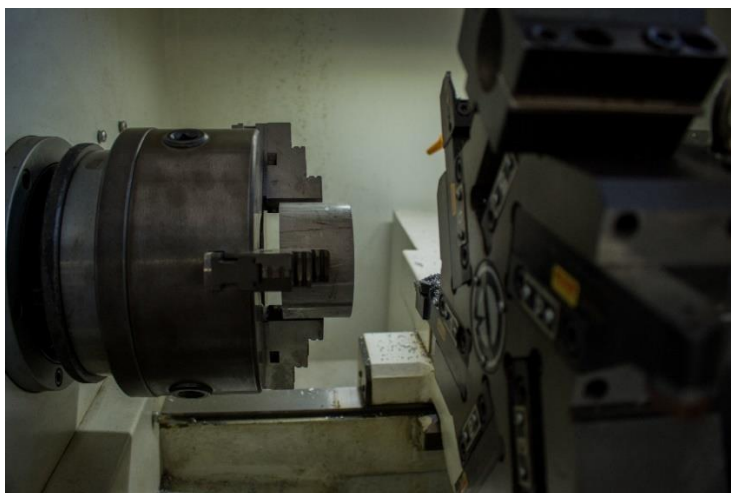


Fuente: Laboratorio de CNC, JMC – USM

Figura 3-21. Material para insertos

3.5.2. Torneado CNC

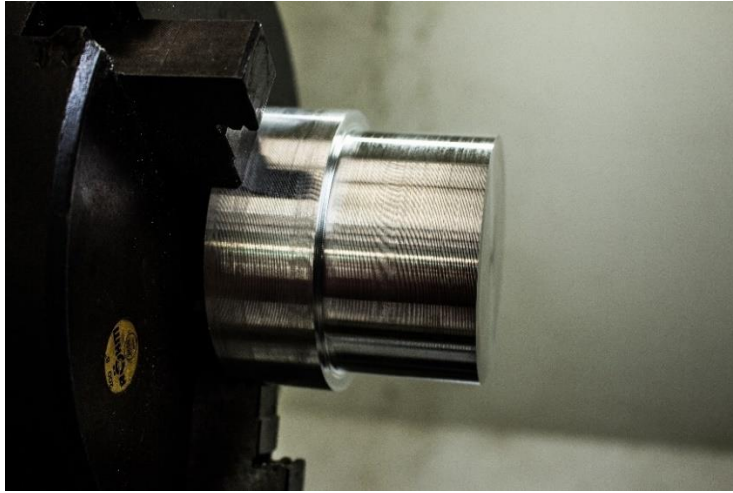
Se realizará un refrentado en todos los trozos de material, para así, al momento de ser realizado el montaje en el centro de taladrado, este pueda tener un montaje eficiente y veloz.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC – USM

Figura 3-22. Montaje en torno CNC

Una vez refrentada ambas caras, se procederá a cilindrar el trozo de material, para disminuir su diámetro y así disminuir el trabajo dentro del centro de perforado.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC – USM

Figura 3-23. Cilindrado de insertos

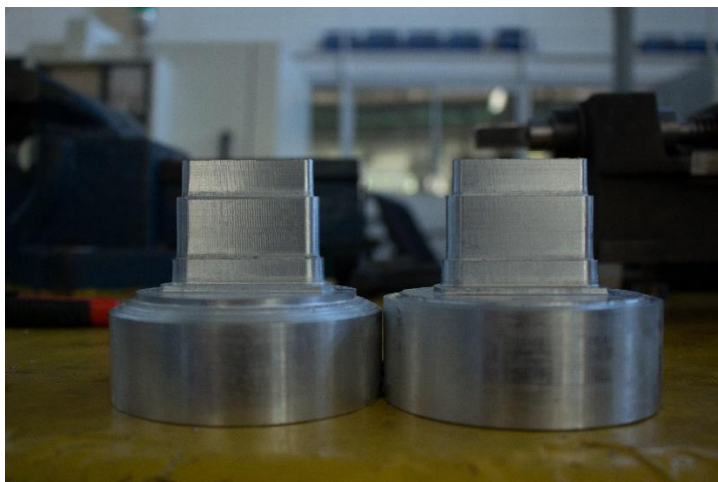
3.5.3. Mecanizado de inserto

Ya finalizado el proceso mecánico en torno cnc, se procederá a realizar la figura de los insertos en el centro de perforado cnc.



Fuente: Laboratorio cnc, JMC – USM

Figura 3-24. Mecanizado de inserto en centro de perforado



Fuente: Laboratorio cnc, JMC – USM

Figura 3-25. Insertos con exceso de material

En la figura 3-24 se puede apreciar dos de los insertos, los cuales su forma principal ha sido finalizada y sus medidas han sido verificadas, pero, aun así, estos constan con un gran exceso de material, el cual será retirado dentro del centro de perforado, debido a la complejidad que puede brindar su montaje para ser realizado en una máquina-herramienta tono.



Fuente: Laboratorio cnc, JMC – USM

Figura 3-26. Mecanizado para eliminación de exceso de material

3.5.4. Terminación de insertos

Una vez eliminado todo el exceso de material, se procederá a verificar el largo total del inserto, para la verificación de que sus dimensiones se encuentren correctamente y, con la ayuda de limas matriceras se procederá a eliminar la rebaba restante.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC – USM

Figura 3-27. Inserto finalizado

3.6. ELABORACIÓN DE PLACAS EXPULSORAS

Elaboradas en SAE 1020, en donde su proceso mecánico será realizado por la máquina herramienta torno, en donde se les dimensionara, tanto su diámetro como espesor, para posteriormente realizar 4 perforaciones, en las que irán alojados 4 pernos M8, los cuales permitirán el amarre de estas.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC – USM

Figura 3-28. Placas expulsoras

3.6.1. Sistema de botadores

Al igual que en la placa macho, se ha utilizado el mismo programa cnc, para realizar, con broca de centro, la ubicación de las perforaciones y así tener una mayor precisión al momento de realizar las perforaciones finales para los botadores.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC – USM

Figura 3-29. Perforaciones con broca de centro

Una vez finalizadas las perforaciones, en la cara que empalmara con la otra placa, se deben realizar unas perforaciones de mayor diámetro, lugar donde irán alojadas las cabezas de los botadores.

3.7. ELABORACIÓN DE PLACA HEMBRA

Para la fabricación de las cavidades de la placa hembra, se necesitará de la ayuda de softwares de diseño en 2D Y 3D y, de simulación de mecanizado, para así obtener un óptimo mecanizado de ambas cavidades y que estas obtengan las medidas establecidas por plano.

Su fabricación será realizada con la ayuda del centro de mecanizado CNC, en donde se deberá realizar un montaje guiado por dos pasadores de 8mm, los cuales nos permitirán centrar la placa gracias a un reloj palpador. Una vez montada la placa se procederá a buscar el punto donde la maquina reconocerá que deba iniciar los ciclos de mecanizado. Además de ambas cavidades, en esta placa se deberá realizar el canal de alimentación, el cual será fabricado mediante el proceso de electroerosionado.

Para la realización de las cavidades, se necesitará extraer la mayor cantidad posible de material con la herramienta de corte de $\varnothing 16\text{mm}$ para luego terminar de mecanizar los lugares donde esta no pudo cubrir. Con una herramienta de corte de menor

diámetro, se realizará un mecanizado de afinado, para darle la forma y medidas finales a la cavidad.



Fuente: Laboratorio CNC, JMC -USM

Figura 3-30. Mecanizado placa hembra

Luego de terminada ambas cavidades, se procederá a voltear la placa, volviendo a realizar un centrado con el reloj palpador, para mecanizar las cabezas donde irán alojados los insertos, previamente vistos y, de los insertos de tornillos

3.7.1. Electroerosión

Proceso mediante el cual se genera un arco eléctrico entre la pieza y un electrodo dentro de un medio dieléctrico permitiendo el arranque de partículas de la pieza permitiendo que esta consiga obtener la forma del electrodo. Para que este proceso mecánico se pueda llevar a cabo, tanto la pieza como el electrodo deben ser conductores, para que así se pueda producir el arco que arranara el material.



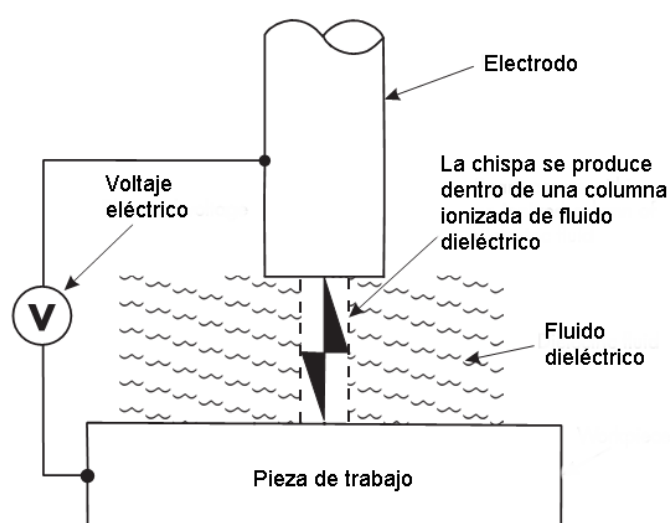
Fuente: Laboratorio CNC, JMC -USM

Figura 3-31. Electroerosionadora

Dentro del proceso de electroerosión encontraremos dos tipos de electrodos, los cuales son:

El electrodo de forma, conocido como ram EDM, donde el termino ram significa “ariete” en inglés.

Electrodo de hilo metálico o alambre fino, conocido como WEDM, lo cual significa Wire Electrical Discharge Machining.



Fuente: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/mecanizado-por-electroerosion>

Figura 3-32. Mecanizado por electroerosión

3.7.2. Teoría de electroerosión

En el proceso de electroerosionado se deberán tener en cuenta algunos cálculos que permitirán controlar algunos factores dentro del proceso, entre las cuales se encuentran:

3.7.2.1. Medida de electrodo con y sin pulido posterior

Dentro de las medidas de los electrodos de forma, pueden suceder dos casos:

La realización de una operación de pulido, luego de un proceso de acabado.

Que la pieza se deje acabada tal y como salga del proceso de erosión.

$$MEa = MN - 2(Rtl + gl)$$

$$MEa = MN - 2gap$$

Fuente: <http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/edm/Cap9.htm>

Fórmula 3-10. Calculo medida de electrodo con y sin pulido

Dónde:

MEa :	Medida de electrodo acabado (mm)
MN :	Medida nominal (mm)
Rtl :	Rugosidad total lateral (μ)
gl :	Gap lateral (μ)

3.7.2.2. Desgaste frontal y lineal

El desgaste lineal, caracteriza la parte lineal del electrodo, que presenta conicidad.

$$VI = \frac{L'}{H} \times 100$$

Fuente: <http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/edm/Cap9.htm>

Fórmula 3-11. Desgaste lineal de electrodo

Dónde:

VI :	Desgaste lineal (%)
L' :	Distancia lineal (mm)
H :	Altura pieza (mm)

El desgaste frontal, caracteriza la disminución de longitud de electrodo.

$$Vfr = \frac{l}{H} \times 100$$

Fuente: <http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/edm/Cap9.htm>

Fórmula 3-12. Desgaste frontal del electrodo

Dónde:

Vfr :	Desgaste frontal (%)
-------	----------------------

Δl : Distancia de desgaste frontal (mm)

H : Altura pieza (mm)

3.7.2.3. Tiempo de erosionado

Se obtiene dividiendo la cantidad de volumen de metal removido por la relación efectiva del mecanizado.

$$t = \frac{sm \times h}{Vwth \times Coe}$$

Fuente: <http://www.etitudela.com/profesores/jfcm/edm/Cap9.htm>

Fórmula 3-13. Tiempo real de electroerosionado

Dónde:

t : Tiempo de electroerosionado (min)

sm : Sección mecanizada (mm²)

h : Altura mecanizada (mm)

Vwth : Relación teórica de mecanizado (mm³/mm)

Coe : Coeficiente de correlación

3.8. FABRICACIÓN DE INSERTOS DE TORNILLOS

Para la fabricación de los insertos de tornillo se necesitará de la ayuda de software de diseño y simulación, para así obtener un mecanizado optimo, en el cual se obtengan las dimensiones de los diámetros de manera exacta y evitar que estos queden sueltos o, al contrario, que queden con una sobremedida.

Se utilizará la máquina-herramienta torno CNC, en donde se montará la pieza con una sobremedida en su largo, permitiendo que el trabajo se realice en un solo montaje y así obtener una concentricidad en todos sus diámetros.

3.9. FABRICACIÓN DE NÚCLEOS

Para lograr el vaciado en donde deberá ir alojado el sistema del cargador, se deberán fabricar dos núcleos, los cuales cumplirán la función de formar la tapa superior e inferior. La obtención de estos con sus dimensiones establecidas por plano será

fundamental para el producto final, ya que, de estos dependerá que el espesor de las paredes de la carcasa del cargador quede como se ha estipulado, y así evitar que alguna de ellas quede más débil que las demás.

Para la fabricación de ambos núcleos se necesitará de la ayuda de softwares de diseño y simulación, para así obtener un mecanizado óptimo, en el cual se obtengan las dimensiones de manera exacta y evitar que estos queden sueltos en las cavidades de la placa macho, y así evitar el escurrimiento de plástico o, medidas del producto final no adecuadas o, en su contra parte, que queden con una sobremedida impidiendo su montaje dentro de las cavidades. Este proceso se realizará con la ayuda de la máquina-herramienta centro de mecanizado CNC.

Su fabricación será realizada en un trozo de material de acero SAE 1020, en donde se deberá efectuar un contorneado externo del material en bruto para ir eliminando el exceso de material, hasta conseguir la figura final del núcleo.

Una vez finalizado ambos núcleos, se procederá a realizar las perforaciones, en donde irán encaminados los botadores, este proceso se realizará montando los núcleos en las cavidades correspondientes dentro de la placa macho, donde las perforaciones ya realizada en esta, servirán de guía.



Fuente: Elaboración propia, mediante software Surfcam

Figura 3-33. Inserto macho inferior



Fuente: Elaboración propia, mediante software Surfcam

Figura 3-34. Inserto macho superior

3.10. **ENSAMBLAJE DEL MOLDE**

Una vez finalizada la construcción de todos los componentes, se procederá a realizar el ensamblaje de estos, en este se llevará a cabo la verificación de los ajustes y tolerancias establecidas en la fabricación.

Para el ensamblaje de los componentes se necesitará de la ayuda de herramientas mecánicas, dentro de las cuales se encontrarán una maseta de goma, las cual nos permitirá golpear los componentes que deban entrar bajo algún ajuste y, llaves Allen de 6, 8 y 10mm para la fijación de pernos, en sus respectivos lugares.

CAPÍTULO 4: COSTOS

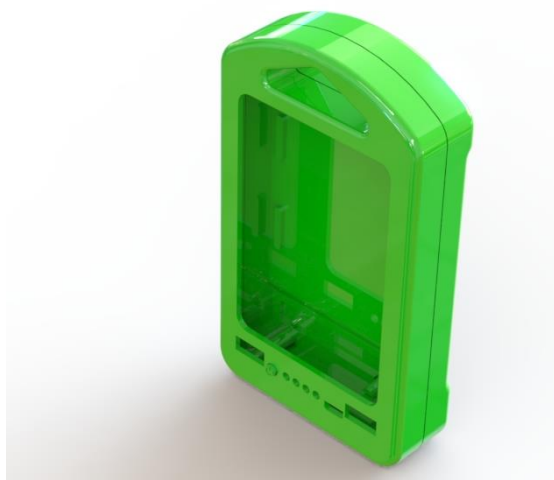
4. COSTOS

A continuación, se darán todos los valores que corresponden al desarrollo de este proyecto en donde se expondrán las horas desarrollas y valor económico que involucra a cada proceso, además, estos costos deberán estar efectuados sin utilidad, decir de forma neta. Se determinarán los costos netos asociados al molde de inyección:

- Costos de diseño;
- Costos de materiales y elementos comerciales;
- Costos de mecanizados; y
- Costo total del molde de inyección.

4.1. COSTO DE DISEÑO

Corresponden al tiempo invertido para el dibujo y modelamiento tanto como producto como método de fabricación de molde. Estos tiempos tienen un costo que sumando las horas van definiendo el costo total del diseño.



Fuente: Elaboración propia, a través del programa SolidWorks 2016

Figura 4-1. Diseño del producto

A continuación, se mostrará la siguiente tabla en donde salen los detalles para determinar el costo de diseño, incluyendo el IVA en el ploteo de los planos.

Tabla 4-1. Costos de diseño.

Ítem	Cantidad (h)	Valor (UF)	Total (UF)
Diseño del producto	15	0,18	2,63
Diseño de postizos	8	0,18	1,40
Diseño de S. de extracción	6	0,18	1,05
Diseño de porta-molde	6	0,18	1,05
Planos	7	0,18	1,23
Costo de ploteo	7	0,18	1,23
		TOTAL	8,59

Fuente: Elaboración propia, en base a cotizaciones comerciales.

4.2. COSTO DE MATERIALES Y ELEMENTOS COMERCIALES

Luego de consultar en distintos lugares comerciales de elementos metalúrgicos y mecánicos, se realizaron las cotizaciones necesarias y se decidió realizar las órdenes de compra tanto como en lugares de la ciudad de Santiago como también en la ciudad de Valparaíso, ya que, los cortes en bruto en estas empresas coincidían con las medidas requeridos para realizar los mecanizados. ´

En las siguientes tablas se observa las especiaciones y el valor con IVA incluido.

4.2.1. Costos de postizos

Tabla 4-2. Costos de materiales para la fabricación de postizos y sistema de extracción

PIEZA	MAT.	DIMENS.	PESO.	VALOR (UF)	CANT.	TOTAL. (UF)
Placa hembra	SAE 1045	260,5 x 70	12.23	0,54	1	0,54
Placa macho	SAE 1045	255,8 x 75	11.78	0,52	1	0,52
Placa expulsora	SAE 1020	220,4 x 25	8.26	0,33	1	0,33
Placa soporte	SAE 1020	220,4 x 25	8.64	0,33	1	0,33
Insertos para "mago"	Duro-Aluminio	90 x 70	2.26	0,36	2	0,36
Insertos para "tornillos"	SAE 1045	30 x 500	4.25	0,67	4	0,67
Núcleo superior	SAE 1045	230 x 60	8	0,34	1	0,34
Núcleo inferior	SAE 1045	230 x 60	8	0,34	1	0,34
SUB Total Mercaderías						3,43
I.V.A 19%						0,65
Σ Total						4,08

Fuente: Facturas de KÜPFER HERMANOS S.A. y Aceros Otero.S.A.

4.2.2. Costo de porta moldes

Como se trata de la fabricación de postizos para obtener la pieza deseada, se ha mencionado antes que este proyecto se apoyará de un porta-moldes ya fabricado en el cual los costos son los siguientes:

Tabla 4-3. Costos de porta-moldes

PIEZA	MAT.	VALOR (UF)	CANT.	TOTAL. (UF)
Placa superior e inferior	SAE 1020	0,20	2	0,41
Placa porta cavidad	SAE 1045	0,20	2	0,41
Placas soporte	SAE 1045	0,20	1	0,20
Placa móvil	SAE 1045	0,20	1	0,20
Paralelas	SAE 1020	0,20	4	0,80
Anillo centrador	SAE 1020	0,20	1	0,20
Manguito bebedero	Normalizado	0,23	1	0,23
Σ TOTAL				2,45

4.2.3. Costo de la tornillería

Tabla 4-4. Pernos Parker métricos y tornillos Philips Whitworth

DIÁMETRO Y PASO	LARGO	CANTIDAD	VALOR (UF)	TOTAL (UF)
M8 - 1.25	60	8	0,0021	0,017
M8 - 1.25	30	4	0,0021	0,0084
W4 - 3/8	10	160	0,00046	0,0736
Σ TOTAL				0,099

Fuente: Facturas de Industrias de pernos IRUA Ltda.

4.2.4. Costo acero plata

Tabla 4-5. Barra redonda acero plata

PIEZA	MATERIAL	DIMENS.	VALOR (UF)	CANTIDAD	TOTAL (UF)
Barra redonda	Acero Plata	Ø8 x 1000mm	0,35	1	0,35
Σ TOTAL					0,35

Fuente: Boleta Sociedad Distribuidora Materiales Industriales y Marítimos PROINMAR. LTDA.

4.2.5. Costo total de los materiales y elementos comerciales

Corresponden a la sumatoria de los materiales y elementos comerciales totales de las Tablas 4-2, 4-3, 4-4 y 4-5.

$$\Sigma CT_{mat} = UF4,08 + UF2,45 + UF0,099 + UF0,35$$

$$\Sigma CT_{mat} = UF6,98$$

4.3. COSTOS DE MECANIZADOS

Dentro de los costos de mecanización se incluirá en horas factores que son cruciales al operar las maquinas, estos factores de tiempo son:

- Montaje y desmontaje;
- Relojo;
- Medición y control de calidad;
- Cambios de herramientas, y
- Limpieza de la máquina.

4.3.1. Costo de CNC

Tabla 4-6. Mecanizado en centro de perforado CNC para la obtención de postizos

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Placa Hembra	1	13	0,70	9,1
Placa Macho	1	6	0,70	4,2
Inserto "Mango"	2	6	0,70	4,2
Núcleo superior	1	8	0,70	5,6
Núcleo inferior	1	8	0,70	5,6
Placa Expulsora	1	1	0,70	0,70
Σ TOTAL				29,4

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd

4.3.2. Costo de torneado

Tabla 4-7. Mecanizado en torno para la fabricación de postizos

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Placa Hembra	1	6	0,28	1,68
Placa Macho	1	6	0,28	1,68
Inserto "Mango"	2	2	0,28	0,56
Núcleo superior	1	1	0,28	0,28
Núcleo inferior	1	1	0,28	0,28
Placa Expulsora	1	4	0,28	1,12
Σ TOTAL				5,6

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd

4.3.3. Costo de taladrado

Tabla 4-8. Mecanizado en taladrado para la fabricación de postizos

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Placa Macho	1	4	0,28	1,12
Núcleo superior	1	2	0,28	0,56
Núcleo inferior	1	2	0,28	0,56
Placa Expulsora	1	2	0,28	0,56
Σ TOTAL				2,8

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd

4.3.4. Costo de electroerosionado

Tabla 4-9. Electroerosionado para la fabricación de postizos

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Electrodo espiga larga	1	4.5	0,53	2,39
Electrodo espiga corta	1	2.5	0,53	1,33
Electrodo entrada submarino	1	2.5	0,53	1,33
Σ TOTAL				5,05

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd.

4.3.5. Costo de Torno CNC

Tabla 4-10. Electroerosionado para la fabricación de postizos

PIEZA	CANTIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Insertos para "tornillo"	4	1.5	0,70	1,05
Σ TOTAL				1,05

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd

4.3.6. Costo de trabajo de banco

Tabla 4-11. Mecánica de banco para la fabricación de postizos

ACTIVIDAD	TIEMPO (h)	VALOR (UF/h)	TOTAL (UF)
Trazado	1	0,23	0,23
Pulido	12	0,23	2,76
Limado	1	0,23	0,23
Roscado	1	0,23	0,23
Ensamblado	1	0,23	0,23
Escareado	1	0,23	0,23
Σ TOTAL			3,91

Fuente: Elaboración propia, en base a referencia de Promaplast Ltd

4.3.7. Costo total de mecanizado

Corresponden a la sumatoria de los materiales y elementos comerciales totales de las Tablas

$$\Sigma CT_{mec} = UF29,4 + UF5,6 + UF2,8 + UF5,05 + UF1,05 + UF3,91$$

$$\Sigma CT_{mec} = UF47,81$$

4.4. COSTO DEL MOLDE DE INYECCIÓN4.4.1. Costo neto del molde de inyección

Tabla 4-12. Costo neto del molde de inyección

ÍTEM	TOTAL (UF)
COSTO DE DISEÑO (CD)	8,59
COSTE DE MATERIALES Y ELEMENTOS COMERCIALES (CMEC)	6,98
COSTO DE MECANIZADOS (CME)	47,81
Σ COSTO DEL MOLDE DE INYECCIÓN (CMI)	63,38

Fuente: Elaboración propia, en base a secciones 4.1,4.2,4.3

4.5. COSTOS DE PRODUCCIÓN (CP)

Corresponde al valor por unidad de la pieza deseada, sumando también los siguientes costos:

- Costo unitario de la pieza (CU)
- Costo de Materia Prima (CMP)
- Costo de inyección (CI)

4.5.1. Costo Unitario del producto (CU)

Corresponde a la recuperación de todos los gastos en el que incluyeron en la fabricación del molde, sin embargo, para obtener el costo unitario, es necesario tener en cuenta la cantidad que se quiere producir considerando la durabilidad del molde.

Se obtiene el costo unitario con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Costo total del molde (CTM)}}{\text{Piezas a producir (NP)}} = \text{CU}$$

Fuente: Nassir Sapag "Evaluación de proyectos"

Fórmula 4-1. Valor unitario de la pieza

Los datos obtenidos en las tablas anteriores son los siguientes:

- Costo total del molde (CTM) = UF63,38
- Número de piezas a producir (NP) = 5.000 para el ensamble del cargador solar.

Reemplazando la fórmula 4-1 se obtiene:

$$\text{CU} = \frac{\text{UF63,38}}{5.000} = \text{UF0,0126}$$

4.5.2. Costo de inyección

Para conocer el costo de producción de la pieza, es importante conocer el costo que tiene la utilización de la maquina inyectora que este costo es de 0,53 UF/hora.

Además, se debe tener en cuenta el ciclo de inyección que se obtiene en cada minuto, esto es para saber a fondo de cuántas piezas se obtendrán por cada hora permitiendo el entendimiento del análisis de precio que se hablará en los puntos siguientes.

Para determinar la cantidad de piezas por hora se desarrolla la siguiente fórmula:

$$\text{Ciclos por minuto} \times 60 \text{ min} \times \text{N}^\circ \text{ de cavidades} = \text{N}^\circ \text{ de piezas por hora}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN”

Fórmula 4-2. Número de piezas por hora

Reemplazando en la fórmula 4-2.

$$1 \times 60 \text{ min} \times 1 = 60 \text{ piezas por hora}$$

Con la cantidad de piezas por hora inyectadas, se puede obtener la cantidad de tiempo que será para producir las 5.000 piezas con la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{piezas totales}}{\text{piezas/h}} \cdot 1.1 = \text{horas total}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN”

Fórmula 4-3. Horas totales

Remplazando en la fórmula:

$$\frac{5000 \text{ piezas}}{60 \text{ piezas/h}} \times 1.1 = 91,67 \text{ horas}$$

Sabiendo el tiempo total para producir las 5.000 piezas, se puede obtener el costo total del arriendo de la maquina inyectora que se multiplica las horas de uso por la cantidad de piezas anteriormente dicha.

$$0,53 \text{ \$/h} \cdot 91,67 \text{ h} = UF48,585$$

Sin embargo, este valor se debe liquidar por cada unidad de pieza, para eso se divide el costo de utilización de la maquina inyectora entre la cantidad de piezas a producir, ver figura 4-4.

$$\frac{\text{valor total de inyección}}{\text{piezas totales}} = \text{valor por pieza}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN”

Fórmula 4-4. Valor inyección por pieza

Reemplazando los datos en la fórmula 4-4. Se obtiene:

$$\frac{\text{UF48,585}}{5.000 \text{ piezas}} = 0,0097 \text{ UF/pieza}$$

Se obtiene el costo a inyectar (CI) por cada pieza en función a la cantidad asignada cuyo valor es de UF0,0097

4.5.3. Costo de la Materia Prima (CMP)

Como se ha mencionado en los capítulos anteriores que el producto a fabricar será de PEAD, el dato para determinar el costo por material para inyectar va en función al peso del producto incluyendo la mazarota cuyo peso es de 60.70g, y el saco de Polietileno de Alta Densidad los cuales equivalen a 25.000g con un valor de UF1,15

Por ende:

$$\frac{25.000\text{g}}{60.70\text{g}} = \text{Cantidad de inyección (CIK)}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN”

Fórmula 4-5. Cantidad de inyección por saco (CIK)

CIK= 411 inyecciones en función a los 25 kg de PEAD.

Como resultado de cantidades por saco de materia prima, se obtiene 411 inyecciones, aunque corresponde a 822 piezas ya que como resultado inyecta tanto como la carcasa superior y la inferior por lo que corresponde al doble de piezas por inyección. Por lo consiguiente, se puede también calcular cuántos sacos de materia prima es necesario para obtener los 5.000 conjuntos de piezas para posteriormente el ensamblaje del cargador solar

Para la siguiente operación se realiza la siguiente regla de tres:

$$\frac{822 \text{ piezas}}{5000 \text{ piezas}} = \frac{25 \text{ kg}}{X \text{ kg}} = \text{Cantidad de Material necesario}$$

CMP= 152.1 kg

Como se sabe la cantidad en kilos de materia prima para inyectar las 5000 unidades y el kilo de PEAD cuesta UF0,046 se puede calcular el costo de material a producir.

$$152.1 \text{ kg} \times 0,046 \frac{\text{UF}}{\text{kg}} = \text{Costo total del material (CMT)}$$

CMT= UF6,99

Posteriormente se puede obtener el valor unitario de la pieza en función al material, para eso se realiza la siguiente operación:

$$\frac{\text{UF6,99}}{5000 \text{ piezas}} = \text{Valor del Material por cada pieza (VMP)}$$

VMP = UF 0,0014

4.6. PRECIO DE LA PIEZA (PPR) PARA LA VENTA

Una vez obtenido todos los costos fijos y variables del producto que se quiere fabricar, se puede determinar el precio de la pieza para su comercialización de la siguiente manera:

$$PPR = [CU + CP + VMP] \cdot UT$$

Fuente: MENGIS "Inyección de plásticos Mengis MOHREN"

Fórmula 4-6. Valor inyección por pieza

Donde:

PPR = Precio de la pieza (UF);

CU = Costo Unitario por pieza = UF0,0126;

CI = Costo de inyección = UF0,0097;

VMP = Valor del material por cada pieza = UF0,0014, y

UT = Utilidad por Pieza (+30% → 1,3)

Reemplazando se obtiene:

$$PPR = [UF0,0126 + UF0,0097 + UF0,0014] \cdot 1,3$$

$$PPR = UF0,030$$

Se establece que el precio (PPR) de las dos piezas tanto como carcasa superior e inferior con los tornillos Phillips para su ensamblaje, es de UF0,030.

4.7. PUNTO DE EQUILIBRIO

Se considera punto de equilibrio cuando en la producción de una pieza determinada, en el transcurso de ventas, hay un punto en que no se recibe ganancias ni tampoco pérdidas, es decir que su beneficio es igual a cero.

En este punto se obtendrá el valor de la recuperación de lo invertido en el proyecto de la construcción del molde, sumando los costos de producción y materia prima por lo que se analizará cuando será el valor en donde se ganará utilidad por unidad vendida.

Descomponiendo la siguiente fórmula:

$$\text{PE unidades} = \frac{\text{CF}}{\text{PV}_q - \text{CV}_q}$$

Fuente: MENGIS “Inyección de plásticos Mengis MOHREN”

Fórmula 4-7. Punto de equilibrio

Donde:

CF = Costos fijos

PV_q = Precio venta unitaria

PV_q = Costos variables unitarios

Para obtener los costos fijos se suman los resultados desarrollados en los puntos anteriores (CTM + CHT + CMT):

$$\text{CF} = (\text{CTM} + \text{total horas inyección} + \text{CMT})$$

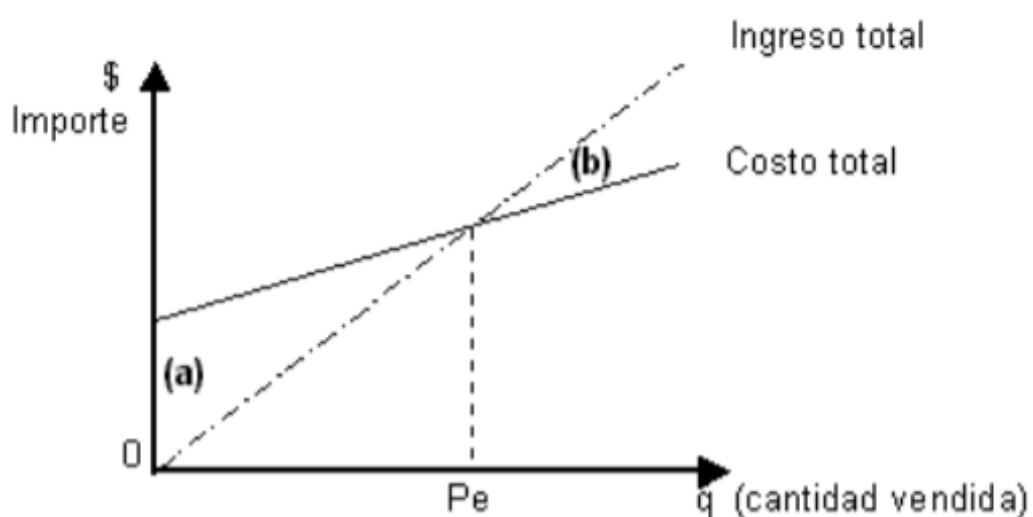
$$\text{CF} = \text{UF}(63,38 + 48,585 + 6,99) = \text{UF}128,955$$

En los valores dominantes se encuentran el precio unitario UF0,030 y el costo unitario de la pieza UF0,0126

Remplazando en la fórmula 4-6.

$$\text{PE unidades} = \frac{\text{UF}128,955}{\text{UF}0,030 - \text{UF}0,0126} = 7411 \text{ piezas}$$

Como resultado, el punto de equilibrio es de 7411 piezas para recuperar la inversión, luego la siguiente venta de la carcasa para cargador solar, será ganancia total.



Fuente: Planificación y control, apuntes de costos y calidad de producto

Figura 4-2. Gráfico Punto de equilibrio

La zona identificada como (a) representa área perdida, la zona (b) el área de ganancia.

El gráfico se compone por dos ejes uno denominado ingreso monetario (\$) y el otro de cantidades vendidas, la línea continua identificada como costo total, aumenta gradualmente a mayor producción, y su área bajo la línea (a) identifica la pérdida donde la cantidad de producción es inferior al punto de equilibrio, es pérdida, si la cantidad de unidades llega al punto de equilibrio no hay ganancia ni existe pérdida, si la cantidad supera el punto de equilibrio, hay ganancia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La planificación es transcendental en la realización de cualquier producto, debido a que mientras esta sea más eficaz, el objetivo se presentará en el tiempo estimado, sin obtener alzas de dinero. Es necesario que las distintas etapas que se analicen en la planificación de un molde, el cual conste con una producción de forma industrial, las realicen personas que se encuentran capacitados en el ámbito de la matricería, conociendo los distintos comportamientos de materiales y maquinas.

La ventaja de ocupar maquinarias con control numérico computarizado facilita el mecanizado de las cavidades y otros trabajos que requieren de una mayor precisión, permitiendo así una buena calidad superficial en el producto final; es debido a esto, que el saber utilizar un software debidamente es de vital importancia, debido que a partir de estos es de donde serán enviados los códigos de mecanizado a las maquinas-herramientas CNC.

Además, se debe destacar que el conocer de manera adecuada o, por la ayuda de tablas, se puede realizar un estudio y análisis del material, permitiendo así una buena elección del material plástico a utilizar.

Al instante de analizar los costos de producción y ganancia que podría traer un proyecto, trae considerables ventajas, ya que permite conocer un estimativo del precio monetario de un producto, del tiempo invertido y del material.

BIBLIOGRAFÍA

PLASTIDUCTOS, Tabla de propiedades físicas de PEAD. [en línea][Consulta:26 octubre del 2017]. Disponible en: < <http://plastiductos.com.mx/specs/tabla-de-resistencias-mecanicas.pdf> >.

PETROQUIM, Tabla de propiedades físicas PP. [en línea] [Consulta: 26 octubre del 2017]. Disponible en: < www.petroquim.cl >.

SITENORDESTE, Esquema de una máquina inyectora. [en línea] [Consulta: 20 noviembre del 2017]. Disponible en: < <http://www.sitenordeste.com/mecanica/proceso-de-inyeccion-de-plastico.htm> >.

ANEXOS

ANEXOS A: PROPIEDADES FISICAS DE LOS ACEROS S.A.E







Propiedades Físicas de los Aceros S.A.E.									
Acero SAE	Estado	Tratamiento Térmico			Propiedades Físicas				
		Calentado a (°C)	Enfriando en	Revenido a (°C)	Límite de Rotura (kg/mm ²)	Límite de fluencia (kg/mm ²)	Alargamiento (%)	Estricción (%)	Dureza Brinell
1010	LC				39	25	35	55	110
1010	EF				46	42	23	51	141
1015	EF				51	43	22	51	150
1015	LC				40	26	33	55	143
1020	LC				46	22	35	52	127
1020	EF				55	46	21	50	160
1022	LC				43	30	31	61	126
1024	EF				60	56	26	57	156
1025	LC				46	27	29	54	160
1025	EF				58	47	20	50	163
1025	TT	870	Agua	480	56	42	28	59	168
1030	LC				53	33	26	50	168
1030	EF				60	49	19	50	180
1030	TT	870	Agua	480	63	45	26	56	185
1035	LC				58	34	25	51	174
1035	TT	840	Agua	700	60	35	34	68	174
				430	74	53	23	52	212
1035	TT	840	Aceite	700	58	36	26	63	173
				430	68	46	19	48	197
1040	LC				63	38	24	41	187
1040	EF				64	53	18	46	195
1040	TT	840	Agua	700	64	39	31	64	186
				430	79	58	19	49	230
1045	LC				65	39	26	55	187
1045	N	900			65				185
1045	TT	815	Agua	700	68	42	28	56	197
				430	85	64	15	46	248
1045	TT	815	Aceite	700	67	43	22	55	193
				430	81	56	16	42	227
1050	LC				72	42	18	41	201
1050	TT	815	Agua	700	73	46	25		208
				430	91	70	11		266
1060	LC				82	50	16	26	217
1060	N	870			77				225
1060	TT	815	Agua	700	81	52	19		230
				430	101	80			315

ANEXO B: FICHA TÉCNICA CENTRO DE PERFORADO CNC TDC-510**SPECIFICATIONS**

Capacity			
X-axis travel	mm(in)	510(20.1)	
Y-axis travel	mm(in)	350(13.8)	
Z-axis travel	mm(in)	310(12.2)	400(15.7)
Distance from table(pallet) top to spindle end	mm(in)	150(5.9)~460(17.7)	150(5.9)~550(21.7)
Distance from column front to spindle center	mm(in)	370(14.6)	
Table (pallet)			
Table dimensions	mm(in)	600(23.6)x350(13.8)	
Permissible mass of workpiece	kg(lbm)	250(551)	
Table working surface configuratin	mm	18(0.7)x125(4.9)x3	
Height from floor to table top	mm(in)	868(34.2)	
Spindle		FANUC	
Spindle speeds	min ⁻¹	10000	
Number of spindle speed ranges		---	
Spindle nose(nominal size,NO.)		7/24 Taper,NO.30	
Spindle bearing inner diameter	mm	45	
Cont.rated spindle torque	N • m(lbf-ft)	47.7(35.2)	
Feedrate			
Rapid traverse	m/min(IPM)	48 (1890)	
Feedrate	m/min(IPM)	10 (394)	
Jog feedrate	mm/min(IPM)	---	
A.T.C		Drum type	Arm type
Tool shank(nominal size,NO.)		BT-30	
Retention knob(nominal size,NO.)		MAS-P30T-1	
Tool storage capacity		12	20
Max. tool diameter(with adjacent tools)	mm(in)	75(3)	68(2.6)
Max. tool diameter(without adjacent tools)	mm(in)	100(3.9)	
Max. tool mass	kg(lb)	3(6.6)	
Max. tool length	mm(in)	200(7.9)	
Tool change time (tool to tool)	sec	1.5	0.87
Tool change time (chip to chip)	sec	3.0	1.6
Tool selection		Random	
Motors		FANUC	Motor type
Spindle motor (30min)	KW(HP)	11(14.7)	α 8/8000i
X-axis feed motor	KW(HP)	1.6(2.1)	α 8/3000i

Y-axis feed motor	KW(HP)	3.0(4.0)	α 12/3000i
Z-axis feed motor	KW(HP)	3.0(4.0)	α 12/3000i
Hydraulic pump motor	KW(HP)	---	
Lubricant pump motor	W	4	
Coolant pump motor	KW(HP)	0.86(1.15)	
Power sources			FANUC
Electrical power supply	KVA	25	
Compressed air pressure	Mpa (psi)	0.6(87)	
Compressed air flow rate	L/min	200	
Tank capacity			
Hydraulic oil tank	L	---	
Lubricant tank	L	2	
Coolant tank	L	180	
Machine size			
Height of machine	mm(in)	2504(98.5)	
Floor space	mm(in)	1500×2724(59.1×107. 2)	
Mass of machine	Kg(lb)	3000(6610)	
Miscellaneous			
Positioning accuracy X,Y,Z	VDI(3441) mm	0.01/Full	
Repeatability X,Y,Z	VDI(3441) mm	0.007/Full	

ANEXO C: CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Termoplásticos			Aplicaciones	Usos después del reciclado
Polietileno tereftalato	PET		Botellas, envasado de productos alimenticios, moquetas, refuerzos neumáticos de coches.	Textiles para bolsas, lonas y velas náuticas, cuerdas, hilos
Polietileno alta densidad	PEAD		Botellas para productos alimenticios, detergentes, contenedores, juguetes, bolsas, embalajes y film, laminas y tuberías.	Bolsas industriales, botellas detergentes, contenedores, tubos
Polietileno de baja densidad	PEBD		Film adhesivo, Bolsas, revestimientos de cubos, recubrimiento contenedores flexibles, tuberías para riego,	Bolsas para residuos, e industriales, tubos, contenedores, film uso agrícola, vallado
Policloruro de vinilo	PVC		Marcos de ventanas, tuberías rígidas, revestimientos para suelos, botellas, cables aislantes, tarjetas de crédito, productos de uso sanitario,	Muebles de jardín, tuberías, vallas, contenedores
Polipropileno	PP		Envases para productos alimenticios, Cajas, tapones, piezas de automoviles, alfombras y componentes eléctricos.	Cajas multiples para transporte de envases, sillas, textiles
Poliestireno	PS		Botellas, vasos de yogures, recubrimientos	Aislamiento térmico, cubos de basura, accesorios oficina