

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.

CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA

**Construcción de un molde para la fabricación de un avión JAGUAR, a
escala por inyección.**

Por:

CABRERA ESPINOZA PAUL ERICK

Proyecto de grado a la obtención del

Título de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA

2007

CERTIFICACIÓN.

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. PAÚL ERICK CABRERA ESPINOZA**, como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA.

ING. GUILLERMO TRUJILLO.
DIRECTOR DE PROYECTO.

LATACUNGA 16 de Abril del 2007.

DEDICATORIA.

Quiero dedicar este trabajo a Dios por las bendiciones, la fortaleza, la calma y la tranquilidad, que a todos nos brinda, también le dedico este proyecto a mi madre que toda la vida a confiado en mí y que siempre ha estado a mi lado con su presencia cuando he estado cerca y con sus oraciones cuando he estado lejos; por ayudarme sin escatimar esfuerzos en todo el transcurso de estos años de estudio para terminar una de las etapas importantes de mi vida, a mi tía que tanto quiero, a toda mi familia que valoro, quiero y estimo.

De todo corazón este trabajo es para ustedes, es mi manera de decirles gracias no los defraudare y aprovecharé al máximo la vida y con esto quiero que sepan que seguiré luchando día a día por un buen porvenir; ustedes me han enseñado a crecer; y con confianza, esfuerzo y perseverancia todo se puede lograr.

Siempre sabré corresponderles de alguna manera esta ayuda valiosa y estaré agradecido todos los días de mi vida.

Dios cuida y ampara a todas las personas del mundo; si se encuentran intranquilos, por las confusiones y problemas de la vida, transmítele, confianza y planta en ellos la semilla de la tranquilidad, para que puedan ver a su alrededor; para que se den cuenta que aunque todo este mal, la fe y la esperanza siempre están ahí y mucho más cuando más las necesitamos, hay milagros en la vida, los vemos pasar pero no nos damos cuenta; Dios bendice a todas las personas y llénalas de ese sentimiento puro, sincero y cristalino, amor.

Dios los bendiga.

Paúl Cabrera Espinoza.

AGRADECIMIENTO.

A Dios por estar conmigo todos los días, por darme las capacidades físicas y mentales y por ayudarme en los momentos difíciles, al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico porque en sus aulas me llene de sabiduría y por permitirme ser un profesional de bien para mi Ciudad y mi País.

A mi director de proyecto de grado Ing. Guillermo Trujillo por su guía y apoyo para lograr el éxito en este trabajo, a todos mis profesores quienes compartieron conmigo y con mis compañeros sus conocimientos, capacidades y habilidades, quedo agradecido toda mi vida ya que sabré transmitir esos conocimientos con la misma lucidez con las que me la transmitieron en las aulas de nuestra muy querida Institución, gracias por todo.

A mi Familia, por su apoyo y guía incondicional, a mis hermanos, amigos a todas las personas que en algún momento estuvieron conmigo y me tendieron la mano cuando más lo necesitaba; los tengo a todos en mi corazón y forman parte importante de mi vida; a todos gracias por darme ánimos y acompañarme en mis alegrías y tristezas.

Y un agradecimiento muy especial Sandra Espinoza Villacrés por todo no se como agradecer todo lo que hace por mi y hoy, no quiero perder esta gran oportunidad de decirle que la quiero con mi alma madre mía.

Dios los bendiga a todos.

Paúl Erick Cabrera.

INDICE DE CONTENIDO DE CONTENIDOS.

• Portada.....	i
• Certificación.....	ii
• Dedicatoria.....	iii
• Agradecimiento.....	iv
• Índice general de contenidos.....	v
• Listas de Figuras.....	vi
• Listas de tablas.....	vii
• Lista de diagramas..	viii
• Listas de ecuaciones.....	ix
• Resumen.....	1
• Introducción.....	2
• Tema.....	3
• Planteamiento del Problema.....	4
• Justificación.....	5
• Objetivos.....	6
• Alcance.....	7

CAPÍTULO I MARCO TEORICO

1.1	Máquina de inyección.....	8
1.2	Generalidades.....	9
1.3	Tipos de máquinas de moldeo.....	22
1.4	Materiales que son inyectados.....	30
1.5	Moldes.....	33

CAPÍTULO II ALTERNATIVAS
IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

2.1	Estudio técnico.....	43
2.2	Estudio de los parámetros de evaluación y facilidades.....	44
2.3	Selección de la mejor alternativa.....	48

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCIÓN DE: un molde para la fabricación de un avión Jaguar, a escala por inyección.

3.1	Materiales.....	49
3.2	Molde de inyección.....	50
3.3	Diagramas de procedimientos.....	59
3.4	Diagramas de ensamble.....	71
3.5	Pruebas de funcionamiento.....	73

CAPÍTULO IV.

ELABORACIÓN MANUALES.

4.	Descripción general.....	76
4.1	Manual de mantenimiento.....	78
4.2	Manual de operación.....	79
4.3	Manual de seguridad.....	80
4.4	Manual de verificación.....	81
4.5	Hoja de registró.....	82

**CAPÍTULO V.
ESTUDIO ECONÓMICO.**

5.1	Presupuesto.....	83
5.2	Estudio económico.....	84

**CAPÍTULO VI
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

6.1	Conclusiones y recomendaciones.....	88
-----	-------------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

PLANOS.

LISTA DE FIGURAS.

Figura N° 1.1 Máquina de inyección de plástico.....	8
Figura N° 1.2 Producto plástico.....	12
Figura N° 1.3 Molde para fabricar un clip de plástico para papel.....	14
Figura N° 1.4 El enfriamiento, de las partes inyectadas.....	17
Figura N° 1.5 Husillo.....	21
Figura N° 1.6 Moldeo por compresión.....	23
Figura N° 1.7 Moldeo por transferencia.....	24
Figura N° 1.8 Corte transversal de una parte de un inyector de plástico en la que se observa.....	25
Figura N° 1.9 Molde de acero para soplado de una galonera plástica.....	26
Figura N° 1.10 Máquina termoformadora gn-plastics para producción en serie.....	26
Figura N° 1.11 Termoformado.....	27
Figura N° 1.12 Calandrado.....	28
Figura N° 1.13 Moldeado de plásticos por extrusión.....	29
Figura N° 1.14 Fundición.....	29
Figura N° 1.15 Molde de acero para la inyección de una tina plástica.....	35
Figura N° 1.16 Máquina Electro erosionadota.....	41
Figura N° 3.1. Electrodo.....	49
Figura N° 3.2. Máquina electro erosionadora con los electrodos.....	50
Figura N° 3.3. Máquina de electro erosión.....	50
Figura N° 3.4. Panel de coordenadas (x,y) de electro erosión.....	51
Figura N° 3.5. Control de ascenso y descenso.....	51
Figura N° 3.6. Panel de control de voltaje y amperaje.....	52
Figura N° 3.7. Bloques de acero.....	52
Figura N° 3.8. Bloque en el torno.....	53
Figura N° 3.9. Columnas de centrado.....	54
Figura N° 3.10. Bocines.....	54
Figura N° 3.11. Postizos de las alas.....	55

Figura N° 3.12. Postizos del Empenaje o cola.....	55
Figura N° 3.13. Una parte del molde con los postizos.....	55
Figura N° 3.14. Matriz hembra.....	56
Figura N° 3.15. Parte erosionada de la parte superior del avión.....	57
Figura N° 3.16. Segunda parte de la matriz.....	57
Figura N° 3.17. Molde de inyección.....	58
Figura N° 3.18 Molde terminado y después de las pruebas.....	74
Figura N° 3.19. Productos inyectados.....	74
Figura N° 3.20. Avión Jaguar de Plástico inyectado.....	75
Figura N° 3.21. Fotos del producto final.....	75
Figura N° 3.22. Productos inyectados 2.....	75

LISTA DE TABLAS.

Tabla N° 1.1. Contracción de termoplásticos.....	19
Tabla N° 1.2. Plásticos Industriales.....	30
Tabla N° 1.3. Porcentajes y Resistencias del acero.....	36
Tabla N° 2.1 Ventajas y desventajas del molde fabricado por el método 1.....	44
Tabla N° 2.2 Ventajas y desventajas del molde fabricado por el método 2.....	45
Tabla N° 2.3 Matriz de Evaluación.....	47
Tabla N° 2.4 Matriz de Decisión.....	48
Tabla N° 3.1 Simbología de los procesos de construcción del Molde.....	59
Tabla N° 3.2 Herramientas utilizadas.....	60
Tabla N° 3.3 Máquinas utilizadas.....	61
Tabla N° 3.4 Equipos utilizados.. ..	61
Tabla N° 3.5 Tiempo utilizado en Herramientas-Máquinas-Equipos.....	72
Tabla N° 3.6 Verificación de funcionamiento del molde.....	73
Tabla N° 4.1 Manual de mantenimiento.....	78
Tabla N° 4.2 Manual de operación.....	79
Tabla N° 4.3 Manual de seguridad.....	80
Tabla N° 4.4 Manual de verificación.....	81
Tabla N° 4.5 Hoja de registró.....	82
Tabla N° 5.1 Costo de la construcción del molde.....	84
Tabla N° 5.2 Costo de proceso de producción de los aviones.....	85
Tabla N° 5.3 Costo varios.....	86
Tabla N° 5.4. Costo total del proyecto.....	87

LISTA DE ECUACIONES.

Ecuación N° 1.1. Fuerza requerida para la unidad de cierre..... 13

Ecuación N° 1.2. Coeficiente de expansión térmica..... 17

Ecuación N° 1.3. Compresibilidad isotérmica..... 17

Ecuación N° 1.4. Ecuación empírica..... 17

Ecuación N° 1.5. $P = 0, \beta (0, T) = 0.0895/B(T)$ 17

Ecuación N° 1.6.

$$C_v = \frac{V_c - V_{mp}}{V_c} = 1 - \frac{V_{mp}}{V_c} \dots\dots\dots 18$$

Ecuación N° 1.7.

$$C_L = \frac{L_c - L_{mp}}{L_c} = 1 - \frac{L_{mp}}{L_c} \dots\dots\dots 18$$

Ecuación N° 1.8. $C_v \approx 3 \times C_L$ 18

RESUMEN.

El presente proyecto de grado tiene como objetivo principal la construcción de un molde para la producción de un avión jaguar por el método de inyección de plástico, dentro de este proceso veremos el alcance, ventajas y desventajas de construcción; el conocimiento científico, características, tipos, clases de materiales que se pueden utilizar para la elaboración de productos; con una visión amplia de mercado; esto es beneficioso, por el estudio y aprendizaje de construcción de matrices ya que con estas se puede producir y elaborar grandes cantidades de piezas y artículos; el conociendo de los procesos y las formas que existen en el mercado para la producción de un sin numero de artículos, de plástico incentiva a la persona a investigar crear e ingeniar las formas de competir en el mundo globalizado.

En la primera parte del proyecto se presenta una introducción general donde se presenta el marco teórico de lo concerniente al tema del proyecto. Para posteriormente presentar alternativas referentes a su construcción.

Mediante un estudio técnico entre las alternativas presentadas tomando en cuenta sus ventajas y desventajas se ha seleccionado la alternativa más idónea.

Una vez escogida la alternativa se procede a su construcción y pruebas de funcionamiento.

Después de haber realizado las pruebas de funcionamiento, los resultados que se han obtenido son los esperados, es decir, cumple los objetivos planteados, para que el molde quede en condiciones estándar de operación.

INTRODUCCIÓN.

El desarrollo tecnológico día a día da sorpresas a cada paso de la vida con nuevos y novedosos artículos, herramientas, máquinas, equipos, etc. Con esto el tiempo de obsolescencia de los productos se ha reducido a medida que los fabricantes investigan y desarrollan equipos con nuevas características, con mayor capacidad y velocidad.

En ese rumbo la tecnología ha marcado varias tendencias basadas no solo en alcanzar una mayor productividad sino también ofrecer a los usuarios facilidades y comodidad en diferentes actividades y tareas de la vida.

Con esto se observa que la tecnología trata día a día solucionar los problemas con efectividad minimizando casi a su totalidad el tiempo que no se emplea con beneficio; con la mejora, renovación o construcción de un nuevo producto, con diferentes tipos de materiales y aleaciones de elementos.

Los avances de la ciencia y tecnología se deben al arduo esfuerzo de estudio y dedicación de sistemas que puedan mejorar el tiempo de trabajo, brindar bienestar y facilitar las tareas del diario vivir; aquí la importancia de la producción, elaboración y fabricación de nuevos productos.

***Construcción de un molde para la fabricación de un avión
JAGUAR, a escala por inyección.***

Planteamiento del problema.

El Instituto tecnológico superior aeronáutico, crea profesionales capaces investigar las causas y efectos de los problemas, crear soluciones e incluso crear máquinas y herramientas; en la actualidad es prácticamente imposible hacer algo sin partes moldeadas por inyección. Su utilidad se puede ver y palpar en todos lados: en interiores de automóviles, cubiertas de dispositivos electrónicos, artículos para el hogar, equipos médicos, discos compactos e incluso casas para mascotas. El moldeo por inyección se utiliza para fabricar: pallets, juguetes, cajones, baldes, contenedores para alimentos, tazas, tapas, botellas y de mas productos. Esto por causa de la gran demanda que el mundo necesita, todas las personas necesitan algo y les gusta algo ese es el principio, he ahí nace la demanda de productos. Existe en la institución una máquina manual de inyección de plástico, para la producción de llaveros, la función de la máquina es inyectar plástico en un molde o matriz; de ahí que se plantea que es posible implementar mas moldes de diferentes artículos o productos para la máquina de inyección, con el objeto de sacar mas provecho de la misma; por lo que se podrá producir un nuevo producto. La máquina debe produce mas variedad; mas artículos y a aumentado la variedad de producción y si aumenta la variedad, para todos los gustos genera mayor demanda de mercado aumentando la producción incrementando puntos en ventas y consecuentemente incrementando producción, para el departamento que se encarga de producir artículos publicitarios; a todas las personas nos gusta tomar decisiones y si no existe variedad no ahí competitividad.

Justificación.

El INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO siempre realiza diferentes tipos de eventos donde se exhiben muchos artículos. Como centro educativo consiguientemente, permite que los aspirantes a las diferentes carreras y las personas que se interesen por conocer las carreras que existen en la Institución, conozcan por medio de casas abiertas u otras actividades; los diferentes proyectos que se han realizado en la institución, con la construcción de este molde; las personas que visitan la institución y participan en los diferentes eventos sociales, cívicos y culturales; aspirantes, padres de familia, profesores, alumnos civiles y militares incluso el personal de empleados civiles que aquí se encuentran, podrán conocer, ver, palpar y aprender sobre moldes y matrices, los beneficios y ventajas de los moldes, además se dirige con el fin de implementar otra matriz de un nuevo producto para la máquina de inyección que existe en la institución; también con esto podrá la institución fabricar aviones con el propósito de que la Institución pueda exhibir un producto a la venta para que las personas pueden adquirir, un avión JAGUAR a escala fabricado en la institución de buena calidad y a un costo considerable; con esto se brinda y se expende un producto hecho en la institución. El molde formara parte de un cambio en la visión de los alumnos, por lo que incentivando a los alumnos a tener una visión de construcción, producción y competencia; también con esto puede incrementa la publicidad de la Institución Académica, por ser un avión que existe en el Ecuador y participo en el conflicto del Cenepa, esto hace que el producto sea publicitario por que llama la atención de las personas, de aquí que se demostrara que producto que llama la atención donde se exhibe se vende.

OBJETIVOS:

OBJETIVO GENERAL.

Construir un molde para la fabricación de un avión JAGUAR, a escala por inyección.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Conocer el material que se va a utilizar en la fabricación de este molde.
- Identificar las partes de la máquina de inyección.
- Conocer las partes de los molde de inyección.
- Analizar procesos para la elaboración del molde.
- Analizar los tipos de materiales a inyectar.
- Conocer los tipos de Plásticos, su aplicación y características.
- Conocer el costo total de la construcción del molde.
- Definir la mejor alternativa de construcción.
- Conocer de manera general los parámetros que se deben tomar en cuenta si se piensa en un molde de mayor producción.

Alcance.

El proyecto va encaminado al conocimiento de construcción y fabricación de matrices y moldes; tiene como objetivo construir un molde de acero, saber y conocer en forma general las clases y tipos de plásticos; y en que productos se los utiliza, los plásticos que se pueden inyectar. La Institución podrá incrementar la producción de artículos publicitarios, si fuera así el ahorro económico que se puede generar en la institución por la producción en masa del producto se vera reflejado en la venta del producto; Además el articulo o producto puede ser producido en la institución, ya que el molde puede ser utilizado en una máquina de inyección que hay se encuentra; siendo así, con la construcción de esté molde generara un gran apoyo a todo lo relacionado en productos moldeados; Saber en forma general los factores que debe tomar en cuenta si quiere hacer un molde o matriz con mayores beneficios de producción; conocer parte de la historia de la máquinas de inyección, técnicas o clases modernas de moldeo, como pueden ser construidos, de que material están hechos, cuanto y cuan beneficioso puede ser un molde de inyección para la fabricación de artículos moldeados.

CAPITULO I

Marco teórico.

1.1. Moldeo por inyección.

El **moldeo por inyección** es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica y la pieza o parte final se obtiene al abrir el molde.

El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos diferentes. Sólo en los Estados Unidos, la industria del plástico ha crecido a una tasa de 12% anual durante los últimos 25 años, y el principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica son los famosos bloques interconectables LEGO y juguetes Playmobil, así como una gran cantidad de componentes de automóviles, componentes para aviones y naves espaciales.



Fig.: 1.1 Máquina de inyección de plástico.

Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso favorable que se lo compara con la fabricación de papel. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, tiene niveles bajos de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos no son susceptibles de ser reciclados y pueden ser depositados en el ambiente, causando daños a la ecología.

Antecedentes históricos.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a las compañías alemanas el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta, utilizando máquinas de moldeo por inyección. Estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido; el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

En 1932 apareció la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, a finales de los años treinta, el polietileno y el PVC —ambos, de alta producción y bajo costo— provocó una revolución en el desarrollo de la maquinaria, teniendo el PVC mayor éxito como material para extrusión.

En 1951 se desarrolló en Estados Unidos la primera máquina de inyección con un tornillo recíprocante (o, simplemente, husillo), aunque no fue patentada hasta 1956. Este cambio ha sido la aportación más importante en la historia de las máquinas inyectoras. De ahí la industria de inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido. Las mejoras se enfocaron a la eficiencia del diseño, el uso de sistemas de software CAD, e inclusión de robots más rápidos para extracción de piezas, inyección asistida por computadora, aumentan la eficacia en el control de calentamiento y mejoras en el control de la calidad del producto.

El principio del moldeo.

El moldeo por inyección, es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuya forma y tamaño son idénticos a los de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por que poseen la característica de formar cristales cuando aumenta su temperatura. Estos cristales proporcionan estabilidad dimensional a la molécula. La entropía de las moléculas del plástico disminuye drásticamente debido al orden de las moléculas en los cristales.

1.2. Generalidades de las máquinas de inyección.

Las partes más importantes de la máquina son:

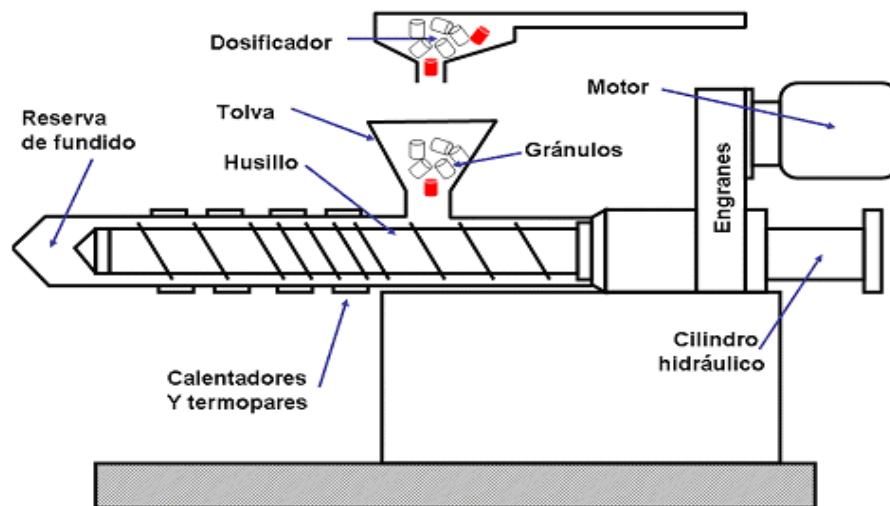


Diagrama 1.1 Diseño Genérico de la Unidad de inyección.

Unidad de inyección.

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el

polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

1. La temperatura de procesamiento del polímero.
2. La capacidad calorífica del polímero C_p [cal/g °C].
3. El calor latente de fusión.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones como el PVC, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye gradual (o drásticamente, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por subutilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PVT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir.



Fig.: 1.2 Máquina de inyección.

Unidad de cierre.

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa, que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que la pieza final tenga defectos de rebabas. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida témenos las siguiente formula con esto nos daremos cuenta que la cavidad y la dimensión del producto que se quiere, inyectar influye directamente a la fuerza requerida; excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

$$F = P_m \times A_p \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde:

F = Fuerza (N)

P_m = Presión media (Pa)

A_p = Área proyectada (m²)

Molde.

El molde es la parte más importante de la máquina de inyección, ya que es el espacio donde se genera la pieza; para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre.

Las partes del molde son:

- **Cavidad:** es el volumen en el cual la pieza será moldeada.
- **Canales o ductos:** son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la *boquilla*, los siguientes canales son los denominados *bebederos*.
- **Canales de enfriamiento:** Son canales por los cuales circula agua para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, ya que de un correcto enfriamiento depende que la pieza no se deforme debido a contracciones irregulares.
- **Barras expulsoras:** al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

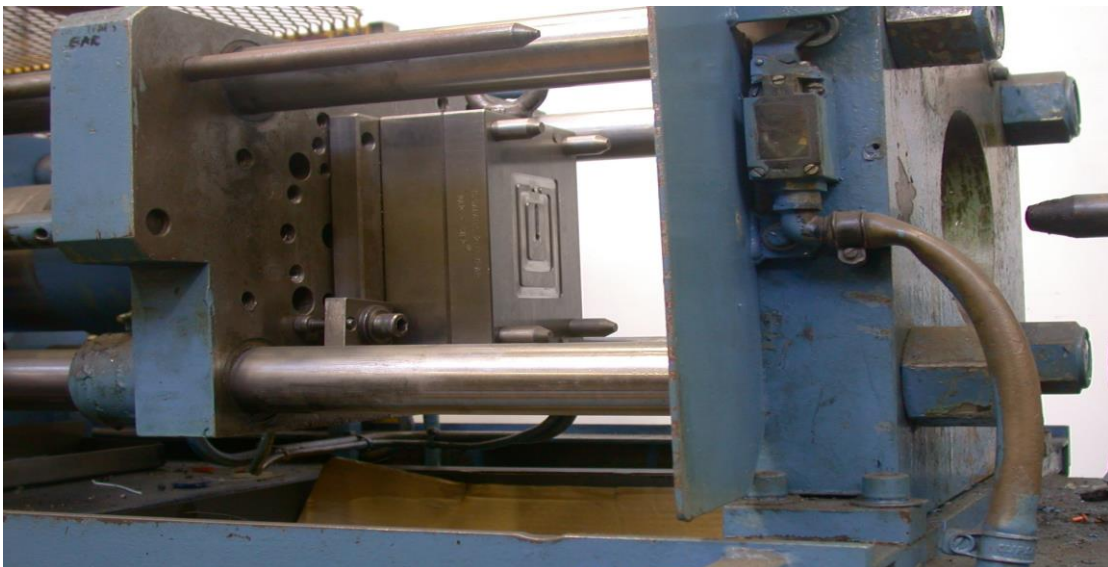


Fig.: 1.3. Molde para fabricar un clip de plástico para papel.

Parámetros de control.

Los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta para un proceso de inyección son los siguientes:

Ciclo de moldeo.

En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales (aunque algunos, llegan a distinguir hasta 9 pasos pero solo nombramos los más importantes):

- **1.** Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polímero fundido.
- **2.** Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y, con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
- **3.** La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.
- **4.** La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.
- **5.** La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo), la prensa libera la presión y el molde se abre; las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.
- **6.** La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

PvT (relaciones de presión-volumen-temperatura).

En cualquier polímero, las relaciones entre presión, volumen y temperatura son muy importantes para obtener un proceso de inyección eficiente, ya que el volumen específico de un polímero aumenta al ascender la temperatura del mismo. Entre estas dos dimensiones se presentan curvas isobáricas por las cuales se guía el polímero. El comportamiento de los polímeros amorfos y semicristalinos en el paso de enfriamiento es diferente, lo cual tiene que tomar en cuenta si quiere obtener una pieza de alta calidad.

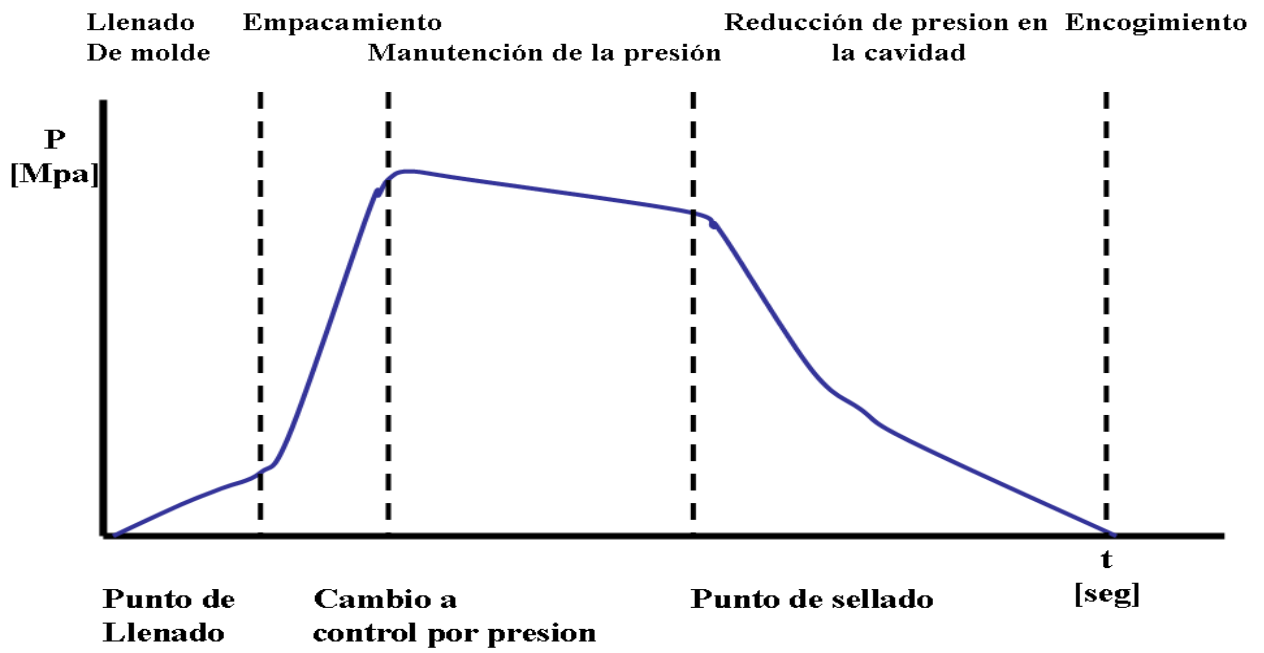


Diagrama 1.2. Llenado de molde por inyección.

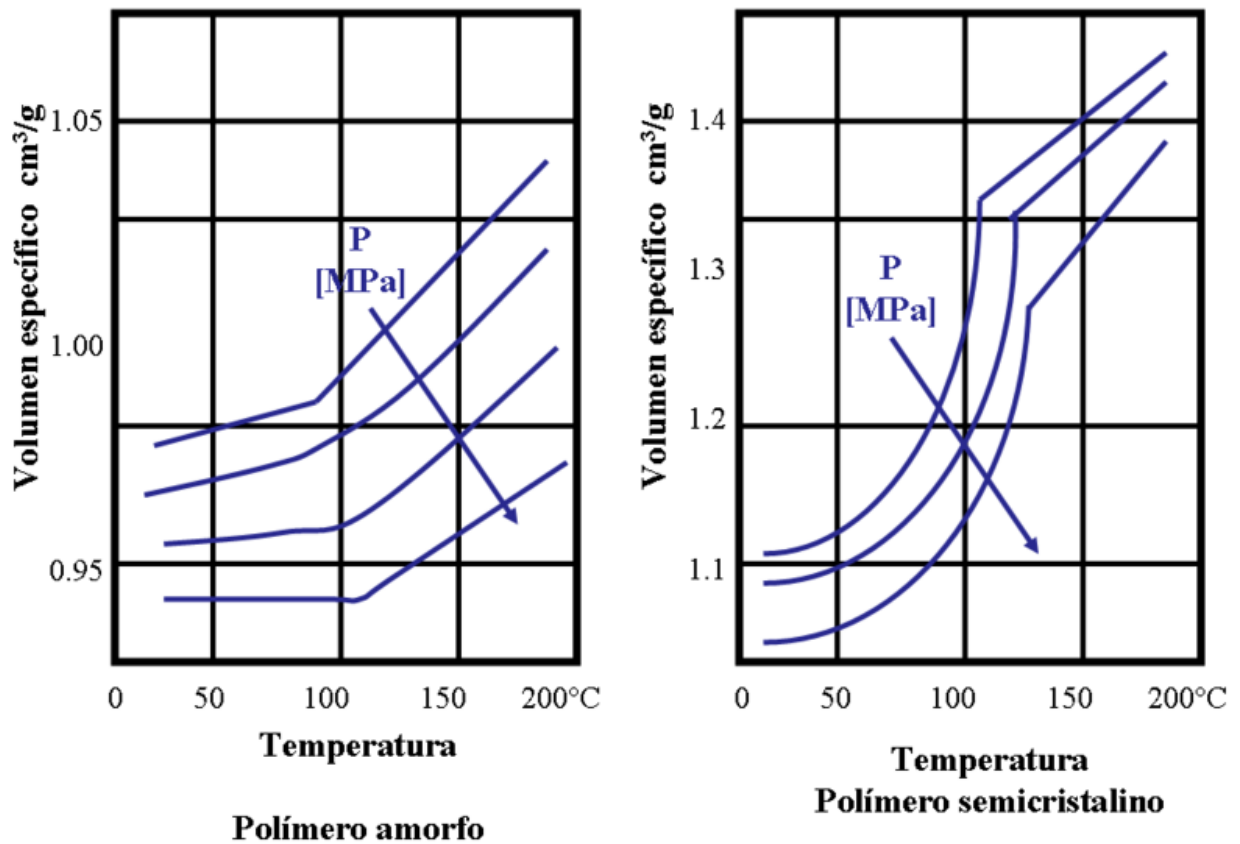


Diagrama 1.3. Líneas genéricas isobáricas de polímeros amorfos y semicristalinos en inyección.

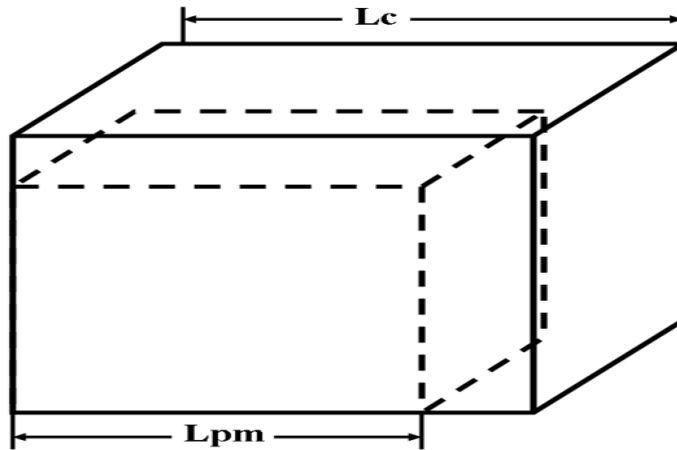


Fig.: 1.4. Al enfriarse, las partes inyectadas se contraen, siendo su volumen menor que el de la cavidad.

A continuación se mencionan los parámetros más comunes para el inicio de las relaciones de PvT, basados en la ecuación de Flory:

α = Coeficiente de expansión térmica.

β = Compresibilidad isotérmica.

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (\text{Ecu. 2.})$$

$$\beta = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (\text{Ecu. 3.})$$

Y una ecuación empírica es:

$$\beta (P, T) = \left\{ (P + B) \left[\frac{1}{0.0894} - \ln \left(1 + \frac{P}{B} \right) \right] \right\}^{-1} \quad (\text{Ecu. 4.})$$

Cuando $P = 0$, $\beta (0, T) = 0.0895/B(T)$ (Ecu. 5.)

Las relaciones de PvT se utilizan en ingeniería de polímeros para lograr un sistema técnico que, basado en la teoría molecular, proporcione datos aplicados a los polímeros en estado fundido en un amplio rango de presión y temperatura. Esto se

logra con datos empíricos concretos y limitados. Para determinar estas relaciones existen otras ecuaciones como la de Simha-Somcynsky, el modelo para fluidos de Sanchez y Lacombe y por supuesto, la ecuación de mayor éxito, la ecuación de Flory (Flory-Orwoll-Vrij).

Cristalización y deformación de la pieza al enfriarse (contracción).

Debe tenerse en cuenta que la razón de este fenómeno se debe al cambio de densidad del material, que sigue un propio comportamiento fisicoquímico, particular para cada polímero, y que puede ser isotrópico o anisotrópico.

De acuerdo con las relaciones de PVT anteriores, se infiere que la parte moldeada sufrirá una contracción, presentando cada polímero diferentes tipos de contracción; sin embargo, puede decirse que, en general, siguen las mismas ecuaciones para contracción isotrópica:

$$C_v = \frac{V_c - V_{mp}}{V_c} = 1 - \frac{V_{mp}}{V_c} \quad (\text{Ecu. 6.})$$

$$C_L = \frac{L_c - L_{mp}}{L_c} = 1 - \frac{L_{mp}}{L_c} \quad (\text{Ecu. 7.})$$

$$C_v \approx 3 \times C_L \quad (\text{Ecu. 8.})$$

Donde:

L_c = longitud de la cavidad.

L_{mp} = longitud de la parte moldeada.

C_v = contracción volumétrica.

C_L = contracción lineal.

V_c = Volumen de la cavidad.

V_{mp} = Volumen de la parte moldeada.

Los polímeros semicristalinos modificarán más su tamaño dependiendo de la temperatura en la cual se les permita cristalizarse. La temperatura del molde y el enfriamiento deben ser los adecuados para obtener partes de calidad.

Valores de contracción en polímeros para inyección (para diseño de moldes es conveniente solicitar una hoja de parámetros técnicos del proveedor de polímeros para obtener un rango específico).

Tabla Nº: 1.1. Termoplásticos.

Termoplástico.	Contracción (%)
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,4 – 0,8
Poliacetal	0,1 – 2,3
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0,2 – 0,7
Acetato de celulosa	0,5
Nylon 6,6	1,4 – 1,6
Policarbonato	0,6
Polietileno de baja densidad	4,0 – 4,5
Polipropileno	1,3 – 1,6
Poliestireno	0,4 – 0,7
PVC plastificado	1,0 – 4,5

Temperatura de proceso.

Para inyectar un polímero, específicamente un termoplástico, es necesario conocer su temperatura de transición vítrea (Tg) y su temperatura de fusión, si es un polímero semicristalino.

La temperatura de operación de cada termoplástico no es estándar, y varía según el proveedor. Es por tanto necesario solicitarle una **Hoja de Especificaciones** donde se encuentre tanto el índice de fluidez como la temperatura de trabajo, que además es un rango de temperaturas, y la temperatura de degradación, con lo cual se obtiene un intervalo dentro del cual se puede trabajar el material eficientemente.

Dimensiones de la máquina.

La efectividad de una máquina de inyección se basa en la cantidad de presión que esta pueda generar, por dos razones principales:

- **1.** Incrementando la presión se puede inyectar más material
- **2.** Incrementando la presión se puede disminuir la temperatura, que se traduce en menor costo de operación.

Las máquinas se venden dependiendo de su fuerza de cierre expresada en toneladas, y van desde 10 Ton las más pequeñas, hasta 2.500 Ton las de mayor capacidad.

Es aconsejable utilizar el cañón más largo posible si se necesita mezclar compuestos, y también hacer énfasis en el husillo adecuado. A continuación se muestra un husillo típico de laboratorio para polioleofinas:

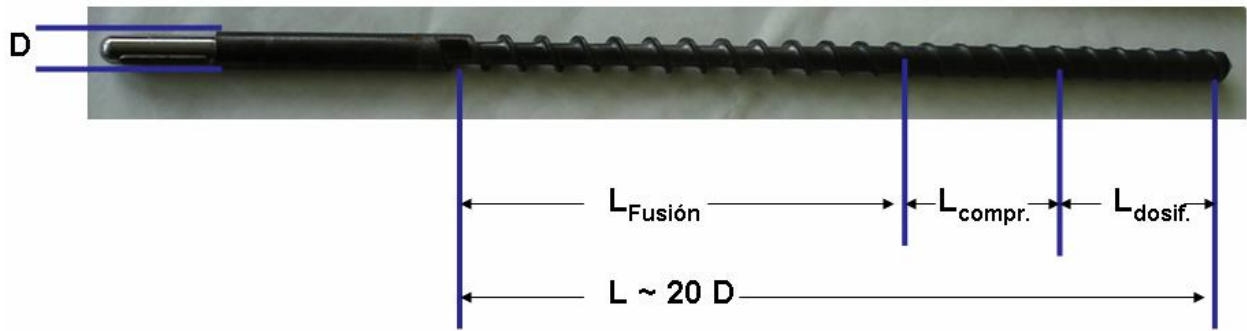


Fig.: 1.5. Husillo.

Aunque las dimensiones de la máquina dependen principalmente de la cantidad de polímero que se necesita para llenar la pieza deseada, es común que los proveedores de máquinas vendan equipos más o menos estándares. Las principales características para determinar las dimensiones de una máquina son:

- 1.) La capacidad de cierre.
- 2.) Dimensiones del molde.
- 3.) Carrera o recorrido del molde.
- 4.) Presión de inyección.
- 5.) Capacidad volumétrica de inyección.
- 6.) Características de plastificado y velocidad de inyección.

Flujo y diseño de flujo.

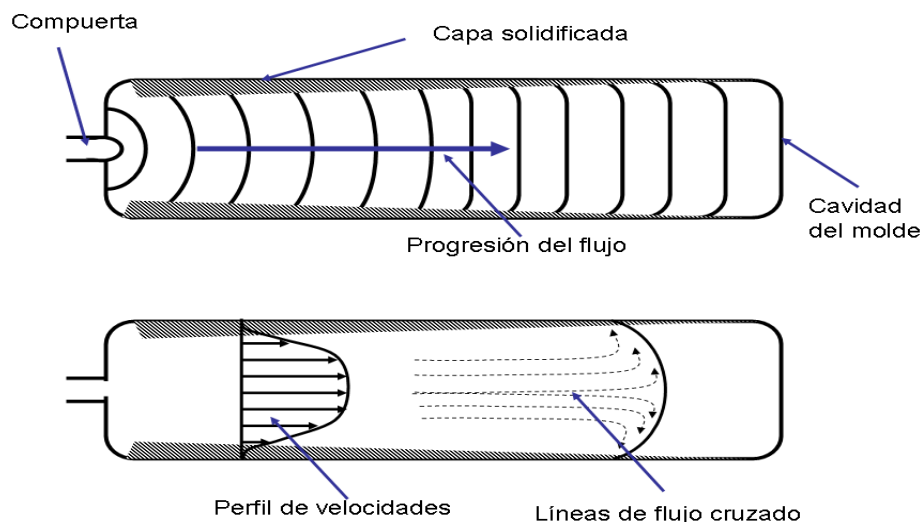


Diagrama: 1.4. Flujo de polímero en la cavidad. La viscosidad del polímero aumenta al enfriarse en contacto con las paredes del molde.

El polímero entra en el molde y se va acumulando desde el punto de entrada, arrastrándose por las paredes y empujando el polímero en el centro. Cuando este toca las paredes del molde, comienza a enfriarse y solidificarse.

El flujo de un polímero a través de una cavidad rectangular se puede estudiar utilizando condiciones isotérmicas, o con el molde a temperaturas menores que la T_g del polímero. El flujo de cada polímero es estudiado por la *reología*.

1.3. Técnicas modernas de inyección.

Inyección de multicomponentes, es decir, una pieza que contiene dos polímeros unidos entre sí o un polímero con diferentes colores y aditivos separados en capas. En esta técnica es posible inyectar dos polímeros en la misma pieza. Existen dos métodos para lograr esto: uno es con dos unidades de inyección, y otro con una unidad de inyección compuesta. Un polímero queda inmerso en el otro, o un color queda inmerso en el otro, ahorrando así costos: esta técnica es llamada inyección emparedado o sándwich.

La inyección puede contener injertos metálicos, cerámicos o plásticos. Estos son colocados manual o automáticamente en el molde, sobre el cual es inyectado el polímero que, por medios geométricos, evita su separación al enfriarse.

La inyección de materiales compuestos como madera-plástico o fibras naturales con polímero, fibra de carbón y nanopartículas tienen una problemática particular, debido a que el husillo tiende a romper, cortar o aglomerar las partículas, por lo que presentan un doble reto: por una parte deben ser dispersadas y distribuidas, a la vez que deben permanecer lo más estables posible. Las nanopartículas generalmente forman aglomerados, que reflejan una pérdida de propiedades mecánicas y no un aumento, ya que el estrés es función directa del área de la unión partícula-polímero.

1.3.1 Moldeado por prensa.

Es el método más usado para producciones unitarias y pequeñas series. Este procedimiento es indicado para moldear resinas denominadas Duroplásticos, que se obtiene en forma de polvo o granulado, para lo cual el molde previamente elaborado según la pieza a conformar, por lo general en macho y hembra, se calienta, se le aplica el desmoldante y se deposita en ella la cantidad precisa de resina.

Luego de cerrar el molde la resina se distribuye en su interior, se aplica calor y presión a valores de 140° - 170°C y 100 Bar o más. El calor y la presión conforman el plástico en toda su extensión. Con la finalidad de endurecer la resina a moldear (polimerizar o curar), se procede a enfriar el molde y se extrae la pieza. La polimerización o curado es un cambio químico permanente, dentro de la forma del molde. Para obtener el calor necesario se recurre a diversos procedimientos como resistencias eléctricas, luz infrarroja o microondas, la presión que se aplica se obtiene por medio de prensas mecánicas o hidráulicas. El tiempo que se aplica el calor y la presión al molde cerrado, está en función del diseño de la pieza y de la composición de la resina. El procedimiento se aplica para producir piezas simples y de revolución como tazas, platos, cajas de radio, llaves de luz, tubos etc.

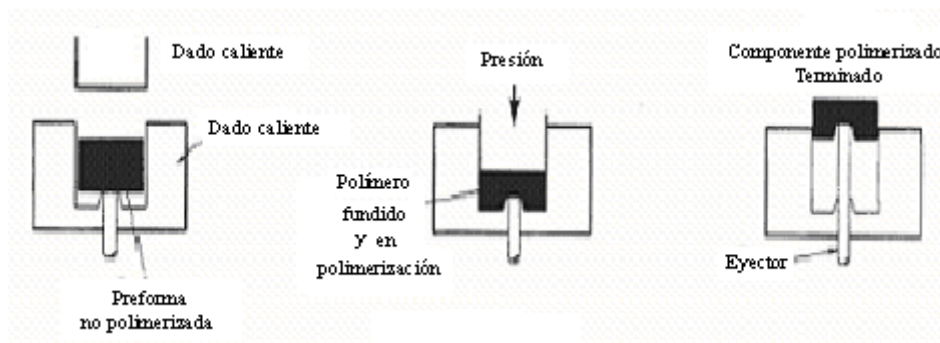


Fig.: 1.6. Moldeo por compresión o prensado.

1.3.2 Moldeo por prensado.

Al igual al método anterior también se lo utiliza para el moldeo de resinas duroplásticas y en algunos casos las termoplásticas. La diferencia entre el moldeo por prensa y el de transferencia es que el calor y la presión necesaria para la polimerización (para fundir) de la resina se realiza en una cámara de caldeo y compresión, en ella previamente calentada se aplica el desmoldante y una determinada

cantidad de resina en forma de polvo o en forma granulada. Cuando la resina se hace plástica, se transfiere al molde propiamente dicho mediante un émbolo en la cámara de caldeo. Por medio de bebederos o canales de transferencia, después de curado el plástico se abre el molde y se extrae la pieza.

El moldeado por transferencia fue desarrollado para facilitar el moldeo de productos complicados con pequeños agujeros profundos. En el moldeado por transferencia la masa plástica licuada fluye alrededor de estas partes metálicas.

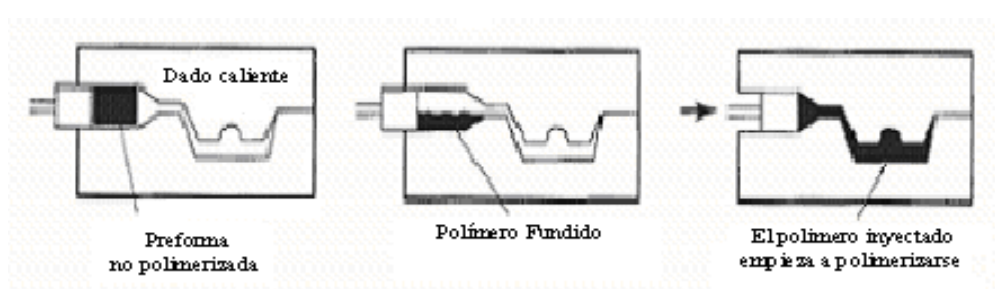


Fig.: 1.7. Moldeo por transferencia o prensado.

1.3.3. Inyección.

Es el principal método de la industria moderna en la producción de piezas plásticas, la producción es en serie, principalmente se moldea termoplásticos y para el moldeo de los duroplásticos se tiene que realizar modificaciones.

El material plástico en forma de polvo o en forma granulada, se deposita para varias operaciones en una tolva, que alimenta un cilindro de caldeo, mediante la rotación de un husillo o tornillo sin fin, se transporta el plástico desde la salida de la tolva, hasta la tobera de inyección, por efecto de la fricción y del calor la resina se va fundiendo hasta llegar al estado líquido, el husillo también tiene aparte del movimiento de rotación un movimiento axial para darle a la masa líquida la presión necesaria para llenar el molde, actuando de ésta manera como un émbolo.

Una vez que el molde se ha llenado, el tornillo sin fin sigue presionando la masa líquida dentro del molde y éste es refrigerado por medio de aire o por agua a presión hasta que la pieza se solidifica. Las máquinas para este trabajo se denominan inyectora de husillo impulsor o de tornillo sin fin, también se le denomina extrusora en forma genérica.

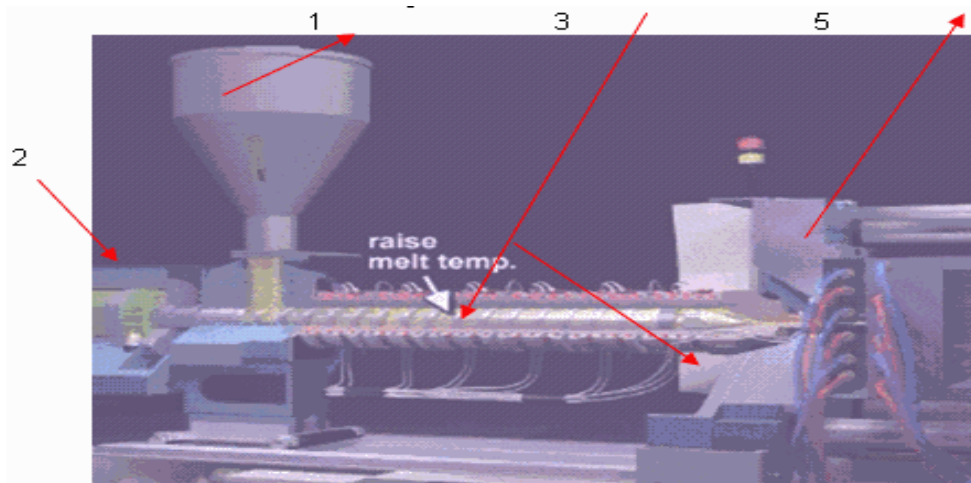


Fig.: 1.8. En gráfico adjunto tenemos un corte transversal de una parte de un inyector de plástico en la que se observa:

- 1.- Tolva.
- 2.- Motor Hidráulico.
- 3.-Husillo sin fin.
- 4.- Sistema de calefacción del husillo.
- 5.- Molde

1.3.4 Soplado de cuerpos huecos.

Es un procedimiento para moldeo de termoplásticos únicamente, para ello, mediante una extrusora en forma horizontal o vertical se producen dos bandas o preformas calientes en estado pastoso, de un espesor determinado y además inflable, que se introducen al interior del molde partido, posteriormente se cierra el molde y mediante un mandril se introduce aire a alta presión entre las dos láminas, ésta presión hace que las láminas de plástico se adhieran a las paredes interiores del molde haciendo que tomen su configuración, seguidamente se enfría el molde para que las películas se endurezcan, pasado esto se procede a extraer la pieza y se elimina el material excedente(rebaba).



Fig.: 1.9. Molde de acero para soplado de una galonera plástica de 64 onzas.

Para éste procedimiento es necesario que el material tenga estabilidad de fusión para soportar la extrusión de la preforma y el soplado de la misma al interior del molde. El moldeado por soplado de cuerpos huecos tiene un uso muy extenso para producir recipientes como botellas, galoneras, pelotas, barriles de todo tamaño y configuración, además de piezas para autos, juguetes como muñecas, etc.

1.3.5. Termoformado.

Procedimiento exclusivo para termoplásticos, la resina se proporciona en forma de fina lámina al cual se le calienta para poder conformarlo.



Fig.: 1.10. Máquina termoformadora gn-plastics para producción en serie.

Con aire a presión o vacío, se obliga a la hoja a cubrir la cavidad interior del molde y adoptar su configuración, se utiliza para la fabricación de diversos recipientes como vasos, copas, pequeñas botellas todos descartables, la producción es en serie, utilizándose planchas o láminas del tamaño adecuado para 100 a 200 piezas.

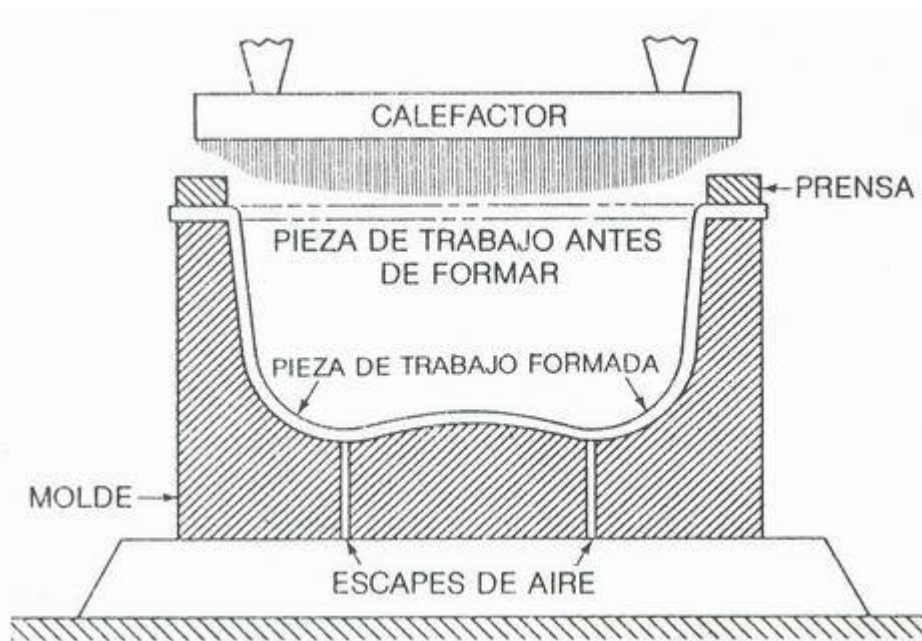


Fig.: 1.11. Termoformado.

1.3.6. El Calandrado.

Se utiliza para revestir materiales textiles, papel, cartón o planchas metálicas y para producir hojas o películas de termoplástico de hasta 10 milésimas de pulgada de espesor y las láminas con espesores superiores. En el calandrado de películas y láminas el compuesto plástico se pasa a través de tres o cuatro rodillos giratorios y con caldeo, los cuales estrechan el material en forma de láminas o películas, el espesor final del producto se determina por medio del espacio entre rodillos.

La superficie resultante puede ser lisa o mate, de acuerdo a la superficie de los rodillos. Para la aplicación de recubrimientos a un tejido u otro material por medio del calandrado, el compuesto de recubrimiento se pasa por entre dos rodillos horizontales superiores, mientras que el material por recubrir se pasa por entre dos rodillos inferiores conjuntamente con la película, adhiriéndola con el material a recubrir. Otro

procedimiento utiliza resina líquida a la cual se le agrega colorante y endurecedor y mediante dos rodillos de los cuales el inferior está en contacto con una bandeja con el compuesto líquido que impregna el material a recubrir, a los rodillos se les proporciona calor para acelerar la polimerización del compuesto.

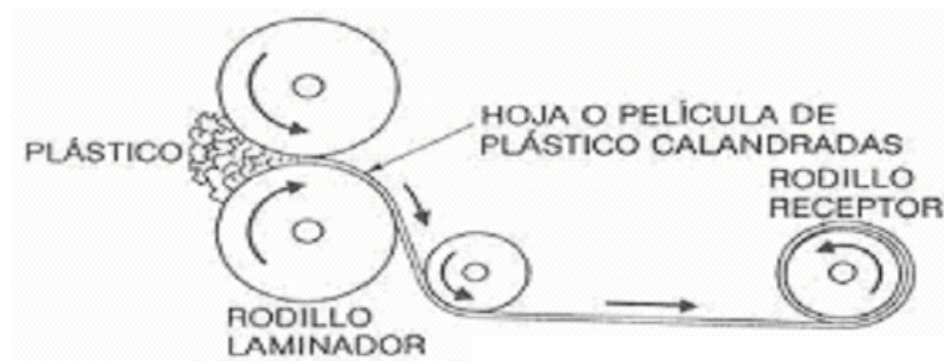


Fig.: 1.12. Calandrado.

1.3.7. Extrusión.

Se usa principalmente para termoplásticos. La extrusión es el mismo proceso básico que el moldeado por inyección, la diferencia es que en la extrusión la configuración de la pieza se genera con el troquel de extrusión y no con el molde como en el moldeado por inyección.

En la extrusión el material plástico, por lo general en forma de polvo o granulado, se almacena en una tolva y luego se alimenta una larga cámara de calefacción, a través de la cual se mueve el material por acción de un tornillo sin fin, al final de la cámara el plástico fundido es forzado a salir en forma continua y a presión a través de un troquel de extrusión preformado, la configuración transversal del troquel determina la forma de la pieza.

A medida que el plástico extruido pasa por el troquel, alimenta una correa transportadora, en la cual se enfría, generalmente por ventiladores o por inmersión en agua, con éste procedimiento se producen piezas como tubos, varillas, láminas, películas y cordones.

En el caso de recubrimiento de alambres y cables, el termoplástico se estruje alrededor de una longitud continua de alambre o cable, el cual al igual que el plástico pasa también por el troquel, después de enfriado el alambre se enrolla en tambores.

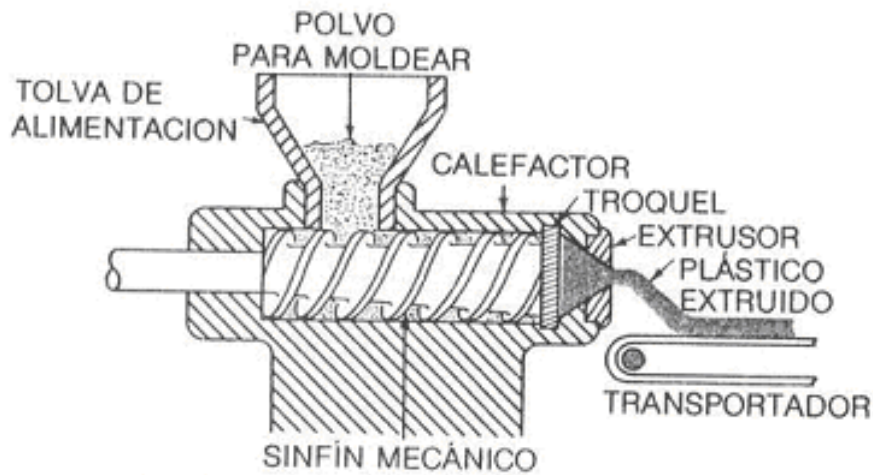


Fig.: 1.13. Moldeo de plásticos por extrusión.

1.3.8. Fundición.

Mediante éste procedimiento se trabajan tanto termoplásticos como duroplásticos, en estado líquido por lo general o en estado granulado o en polvo, para la producción de diversas piezas, la diferencia entre la fundición y el moldeo es que no se utiliza la presión, el calor se utiliza sólo para resinas en forma de polvo o granulados, la masa se calienta hasta que esté fluido y se vierte en el molde, luego se cura a temperaturas que varía según el plástico y luego se retira del molde.

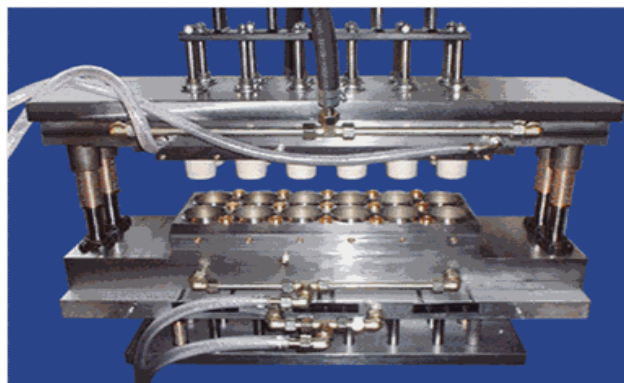


Fig.: 1.14. Fundición.

1.4. Clasificación y designación de los plásticos industriales.

En la industria moderna existe una gran variedad de plásticos para diversos tipos de usos, las aplicaciones van desde la elaboración de envases de medicina, recipientes


para alimentos, envolturas, bolsas, recubrimiento de conductores eléctricos, piezas mecánicas de artefactos electrodomésticos como engranajes, bocinas, etc.




Dentro de la gran variedad existente de resinas todas ellas se les puede clasificar en dos grandes grupos: Las resinas TERMOPLASTICAS ó termo deformables y las DUROPLASTICAS o termoestables, la designación de estables o deformables está en relación al comportamiento de la pieza ya elaborada en presencia del calor.



1.4.1. TERMOPLÁSTICOS: son las resinas que se ablandan en presencia del calor y se endurecen cuando se enfrían, no importa cuantas veces se repita el proceso, dentro de ellas tenemos: Vinílicos y Polivinílicos, Poliestirénos, Poliamidas (nylon), Policarbonatos, Polietilenos, ABS (Acrlonitrilo Butadieno Estireno), Acetáticas, Acrílicos, las Celulosas (acetato butirato de celulosa, propianato de celulosa, nitrato de celulosa y la celulosa etílica), Polipropileno, polimetacrilato, Politetra- fluoretileno, etc.

1.4.2. DUROPLASTICOS: son las resinas que se solidifican en forma definitiva cuando se les aplica calor y presión durante el moldeado, el recalentamiento no ablanda estos materiales y si el calor continúa la pieza llega a carbonizarse directamente. Dentro de éste grupo tenemos: Las resinas Fenólicas, Úricas, Melamínicas, Epoxi, Poliéster, Poliuretanos, Alquídicos, Caseína, Amina, etc.

➤ **TABLA DE PLÁSTICOS INDUSTRIALES.**

TIPO / NOMBRE	CARACTERISTICAS	USOS / APLICACIONES
 <p>PET</p> <p>Polietileno Tereftalato</p>	<p>Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por poli condensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se lo debe post condensar, existiendo diversos colores para estos usos.</p>	<p>Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios (mayonesa, salsas, etc.). Películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles</p>

		(pavimentación /caminos); películas radiográficas.
 <p>PEAD Polietileno de Alta Densidad</p>	<p>El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno (elaborado a partir del etano, uno de los componentes del gas natural). Es muy versátil y se lo puede transformar de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo.</p>	<p>Envases para: detergentes, aceites automotor, bolsas para supermercados, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas y cervezas, baldes para pintura, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, tuberías de agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas.</p>
 <p>PVC Cloruro de Polivinilo</p>	<p>Se produce a partir de dos materias primas naturales: gas 43% y sal común (*) 57%.</p> <p>Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (Inyección - Extrusión - Soplado).</p> <p>(*) Cloruro de Sodio (2 NaCl)</p>	<p>Envases para agua mineral, aceites, jugos, mayonesa. Perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües domiciliarios y de redes, mangueras, blister para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras), film cobertura, cables, cuerina, papel vinílico (decoración), catéteres, bolsas para sangre.</p>
 <p>PEBD Polietileno de Baja Densidad</p>	<p>Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión y Rotomoldeo.</p> <p>Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente</p>	<p>Bolsas de todo tipo: supermercados, boutiques, panificación, congelados, industriales, etc. Películas para: Agro (recubrimiento de Acequias), envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche,</p>

	<p>en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.</p>	<p>agua, plásticos, etc.). Streech film, base para pañales descartables. Bolsas para suero, contenedores herméticos domésticos. Tubos y pomos (cosméticos, medicamentos y alimentos), tuberías para riego.</p>
 <p>PP Polipropileno</p>	<p>El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas cargas (talco, caucho, fibra de vidrio, etc.), se potencian sus propiedades hasta transformarlo en un polímero de ingeniería. (El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/ termoformado)</p>	<p>Película/Film (para alimentos, snack, cigarrillos, chicles, golosinas, indumentaria). Bolsas tejidas (para papas, cereales). Envases industriales (Big Bag). Hilos cabos, cordelería. Caños para agua caliente. Jeringas descartables. Tapas en general, envases. Bazar y menaje. Cajones para bebidas. Baldes para pintura, helados. Potes para margarina. Fibras para tapicería, cubrecamas, etc. Telas no tejidas (pañales descartables). Alfombras. Cajas de batería, paragolpes y autopartes.</p>
 <p>PS Poliestireno</p>	<p>PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero (derivado del petróleo), cristalino y de alto brillo.</p> <p>PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto.</p> <p>Ambos PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección,</p>	<p>Potes para lácteos (yogurt, postres, etc.), helados, dulces, etc. Envases varios, vasos, bandejas de supermercados y rotiserías. Heladeras:</p> <p>Contrapuertas, anaqueles.</p> <p>Cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables. Bazar: platos, cubiertos, bandejas, etc. Juguetes, casetes, blisteres, etc.</p>

	Extrusión/Termoformado, Soplado.	Aislantes: planchas de PS espumado.
--	----------------------------------	-------------------------------------

Tabla Nº: 1.2. Plásticos Industriales.

1.5. Constitución de los moldes.

Los moldes para plásticos se construyen de diversas maneras, en función de la forma de la pieza que se quiere obtener, por lo general son moldes partidos, si la pieza es de revolución y simétrica, lo más común es que sea de macho (núcleo) y hembra (matriz), de lo contrario tendrá múltiples partes que se ensamblan para el cierre y llenado del molde y se abren para el desmolde de la pieza.

Dependiendo de la cantidad de piezas a producir, los moldes pueden ser de accionamiento manual, si se trata de pequeñas series, para series mayores se utilizan moldes semiautomáticos, accionados por prensas y para grandes series de piezas los moldes automáticos en los cuales no participan prácticamente la mano humana.

Para el diseño del molde se debe de considerar el color de la pieza, adornos , insertos metálicos, espesor de las paredes, conicidad de las paredes para facilitar el desmolde, conviene evitar bordes y salientes agudos, las curvas irregulares son difíciles de mecanizar, las superficies planas o grandes tienen el inconveniente de presentar alabeos por la contracción, lo que da a lugar a superficies irregulares y acabados rugosos, para evitar esto se deben reforzar las paredes con salientes suaves, nervios, redondamientos en el encuentro de las paredes.

Las paredes no deben de ser muy delgadas que puedan romperse, para los duroplásticos como los fenólicos no debe de sobrepasar los 0,65 mm. Los termoplásticos se pueden moldear con espesores más finos. Se debe de tener en cuenta la no existencia de cambios brusco de espesores para evitar concentraciones de tensiones.

Es recomendable en las paredes largas o altas, que el fondo, por donde generalmente se inicia el llenado sea más grueso que la parte superior, para facilitar el desmolde y evitar la concentración de tensiones.

Los plásticos tienen la tendencia de contraerse ajustándose alrededor del embolo o de los machos del molde, si la pieza es de revolución se puede optar por una conicidad de 1° , para otras formas hay que darle a la pieza una inclinación de $0,5^\circ$ por lo menos, ya que verticalidades mayores producen adherencias de la pieza al molde. Son los Metacrilatos de Metilo y el Poliestireno son los materiales de mayor contracción, en ese caso se usa inclinación mayor o igual de 1° .

Si la pieza tiene la inclinación en el núcleo del molde, la pieza queda retenida en la cavidad (matriz ó hembra) del molde, por lo que los expulsores estarán ubicados en ella.

El diseño, construcción de moldes para plásticos y el moldeo requiere ciertas experiencias y constituye una técnica y a la vez un arte, a lo que debemos agregar ingenio, sentido común y el conocimiento de la teoría cuando es necesario resolver impases.

Para producir agujeros en la pieza a moldear es conveniente emplear pasadores desmontables, en lugar de construir el molde con los machos fijos, por la dificultad de construcción por mecanizado. Es común ubicar insertos metálicos para roscas interiores, espárragos, adornos, soportes, etc. Se deberá de tener cuidado en el anclaje de los mismos mediante ranuras, recalcados o agujeros, se debe de evitar masas de metal excesivamente grandes.

En el moldeo por inyección para la elaboración de altos volúmenes de producción con una excelente calidad, es indispensable un molde de buenas cualidades, con una elaboración muy precisa, y duración aceptable. Los dos pasos más importantes en la producción de una pieza plástica son el diseño de la pieza y el diseño del molde.

La tarea principal del molde de inyección es recibir y distribuir el material plástico fundido, para ser formado y enfriado y posteriormente expulsar la parte moldeada.

Al diseñar el molde de inyección conviene tener en cuenta las consideraciones siguientes a parte de las consideraciones antes mencionadas:

1. Conocer perfectamente la pieza a moldear, establecer las líneas de partición, zona de entrada, lugar de los botadores y detalles del molde que puedan facilitar su construcción.
2. Determinar el tipo de máquina de moldeo y el efecto que puede tener en el diseño del molde.
3. A partir de las especificaciones del termoplástico, hay que tener en cuenta su contracción, las características de flujo y abrasión y los requisitos de calentamiento y enfriamiento.



Fig.: 1.15. Molde de acero para la inyección de una tina plástica.

Son muchos los puntos que deben de ser tomados en cuenta para la construcción de un molde: los materiales para su construcción, los métodos de elaboración del molde, diseño y características del molde y pieza a fabricar entre otros.

1.5.1 Materiales para la construcción de los moldes.

En la construcción de moldes para inyección de plásticos es necesario utilizar aceros especiales por las condiciones de trabajo, debido a las cargas severas a que son sometidos y porque se requiere alta precisión en los acabados. A esto hay que añadir que las tolerancias manejadas son muy finas.

Los aceros, utilizados en moldes para inyección deben cumplir con las siguientes características:

1. Condiciones aceptables para su elaboración.
2. Resistencia a la compresión.
3. Resistencia a la temperatura.
4. Aptitud para el pulido.
5. Tener deformación reducida.
6. Buena conductividad térmica.
7. Buena Resistencia Química.
8. Tratamiento térmico sencillo.

Dentro de los aceros para moldes podemos encontrar a los aceros de cementación, de nitruración, templados, bonificados para el empleo en el estado de suministro o resistentes a la corrosión, entre otros.

1.5.1.2. Acero.

Es una aleación de hierro y carbono, que puede contener otros elementos. El carbono es el elemento principal que modifica las características mecánicas del acero, cuanto mayor es el porcentaje de carbono, mayores serán la resistencia y la dureza del acero, pero también será más frágil y menos dúctil.

Porcentaje de Carbono	Denominación	Resistencia
0.1 a 0.2	Aceros extrasuaves	38 - 48 Kg / mm ²
0.2 a 0.3	Aceros suaves	48 - 55 Kg / mm ²
0.3 a 0.4	Aceros semisuaves	55 - 62 Kg / mm ²
0.4 a 0.5	Aceros semiduros	62 - 70 Kg / mm ²
0.5 a 0.6	Aceros duros	70 - 75 Kg / mm ²
0.6 a 0.7	Aceros extraduros	75 - 80 Kg / mm ²

Tabla Nº 1.3. Porcentajes y Resistencias.

1.5.1.2.1 Clasificación de los aceros.

El Instituto del Hierro y del Acero clasifica los aceros en las siguientes series:

F-100 Aceros finos de construcción general.

F-200 Aceros para usos especiales.

F-300 Aceros resistentes a la corrosión y oxidación.

F-400 Aceros para emergencia.

F-500 Aceros para herramientas.

Cada una de estas series se subdivide en grupos, obteniendo:

Grupo F-110 Aceros al carbono.

Grupo F-120 Aceros aleados de gran resistencia.

Grupo F-140 Aceros aleados de gran elasticidad.

Grupo F-150 Aceros para cementar.

Grupo F-210 Aceros de fácil mecanizado.

Grupo F-240 Aceros de alta y baja dilatación.

Grupo F-250 Aceros de resistencia a la fluencia.

Grupo F-410 Aceros de alta resistencia.

Grupo F-430 Aceros para cementar.

Grupo F-510 Aceros al carbono para herramientas.

Grupo F-520 Aceros aleados.

Grupo F-610 Aceros Bessemer.

1.5.1.2.2 Aceros aleados y especiales.

Además de los elementos de los aceros al carbono, tienen adicionados elementos como: cromo, níquel, molibdeno, tungsteno, vanadio, etc., la adición de tales elementos modifica o mejora las propiedades del acero. Los efectos que proporciona cada uno de los elementos son los siguientes:

Azufre.

Se encuentra en los aceros como impureza, se toleran porcentajes hasta un 0.05 %, en caliente produce una gran fragilidad del acero, sus efectos perjudiciales pueden neutralizarse en parte con la adición del manganeso, que se combina con él formando sulfuro de manganeso. A veces se adiciona en proporciones de 0.1 a 0.3 % con un contenido mínimo de manganeso de 0.6 %, dando lugar a aceros llamados de fácil mecanización, que tienen menor resistencia, pero pueden ser trabajados con velocidades de corte doble que un acero corriente.

Cobalto.

Se usa en los aceros rápidos para herramientas, aumenta la dureza de la herramienta en caliente. Se utiliza para aceros refractarios. Aumenta las propiedades magnéticas de los aceros.

Cromo.

Forma carburos muy duros y comunica la mayor dureza, resistencia y tenacidad a cualquier temperatura. Solo o aleado con otros elementos, proporciona a los aceros características de inoxidable y refractarios.

Molibdeno.

Junto con el carbono es el elemento más eficaz para endurecer el acero. Evita la fragilidad.

Níquel.

Aumenta la resistencia de los aceros, aumentando el temple y proporciona una gran resistencia a la corrosión.

1.5.2. Métodos de elaboración del molde.

Tan importante es el material que se utiliza para la construcción del molde como lo son los métodos que se emplean para la creación del mismo como son:

1.5.2.1 Mecanizado.

Puede ser dividido en dos fases, el desbaste (su objetivo es eliminar la mayor cantidad de material posible) y el mecanizado de acabado, el cual tiene como objetivo generar las superficies finales. Dentro de las máquinas y herramientas en este método tenemos nombraremos las mas conocidas.

- 1.) Torno.
- 2.) Fresadora.
- 3.) Perfiladoras.
- 4.) Cepilladura.
- 5.) Taladradoras y Perforadoras.
- 6.) Pulidoras.
- 7.) Sierra.

1.5.2.2. Estampado o troquelado.

Se emplea principalmente cuando hay que obtener cavidades del molde con una superficie difícil para ser elaborada por mecanizado. El punzón, estampa o troquel es elaborado exteriormente según el perfil deseado. Los elementos así obtenidos se someten a un recocido para la liberación de tensiones antes de la elaboración mecánica final, para que en el tratamiento térmico definitivo no se produzcan deformaciones.

1.5.2.3. Colada.

En este proceso el costo de la mecanización es alto y el tiempo empleado en la fabricación del molde puede ser considerable. Hay que tener en cuenta, además que la exactitud de dimensiones y la calidad superficial son inferiores respecto a los moldes fabricados por mecanización.

1.5.2.4. Electroerosión.

En este proceso se aprovecha el desgaste producido por descargas eléctricas breves y consecutivas. Es necesaria la creación de un electrodo, de grafito o cobre, el cual va formando las cavidades del molde.

Descripción.

Este sistema consiste en desbastar un metal mediante una corriente eléctrica.

Mecánicamente esta formado por una fresadora u otro tipo de máquina herramienta que trabaje en forma similar. A

El comando de descenso del husillo porta herramienta es remplazado por un motor eléctrico del tipo paso a paso. B

En el porta herramienta se coloca la matriz de cobre cuya forma será copiada en el metal trabajado. C

Sobre la base de la máquina se coloca una batea en la que se apoya la pieza a erosionar y se llena con un líquido dieléctrico. D

Un generador produce corriente de hasta 35 Amper con una frecuencia variable entre 400 y 40000 ciclos. E

La tensión de trabajo es de 80 Voltios.

Para las personas con alguna experiencia en soldadura reconocen que por ejemplo el sistema de soldadura TIG funciona también con una tensión similar y una onda de alta frecuencia ioniza el gas conductor formando el plasma, en este caso lo ionizado es el líquido.

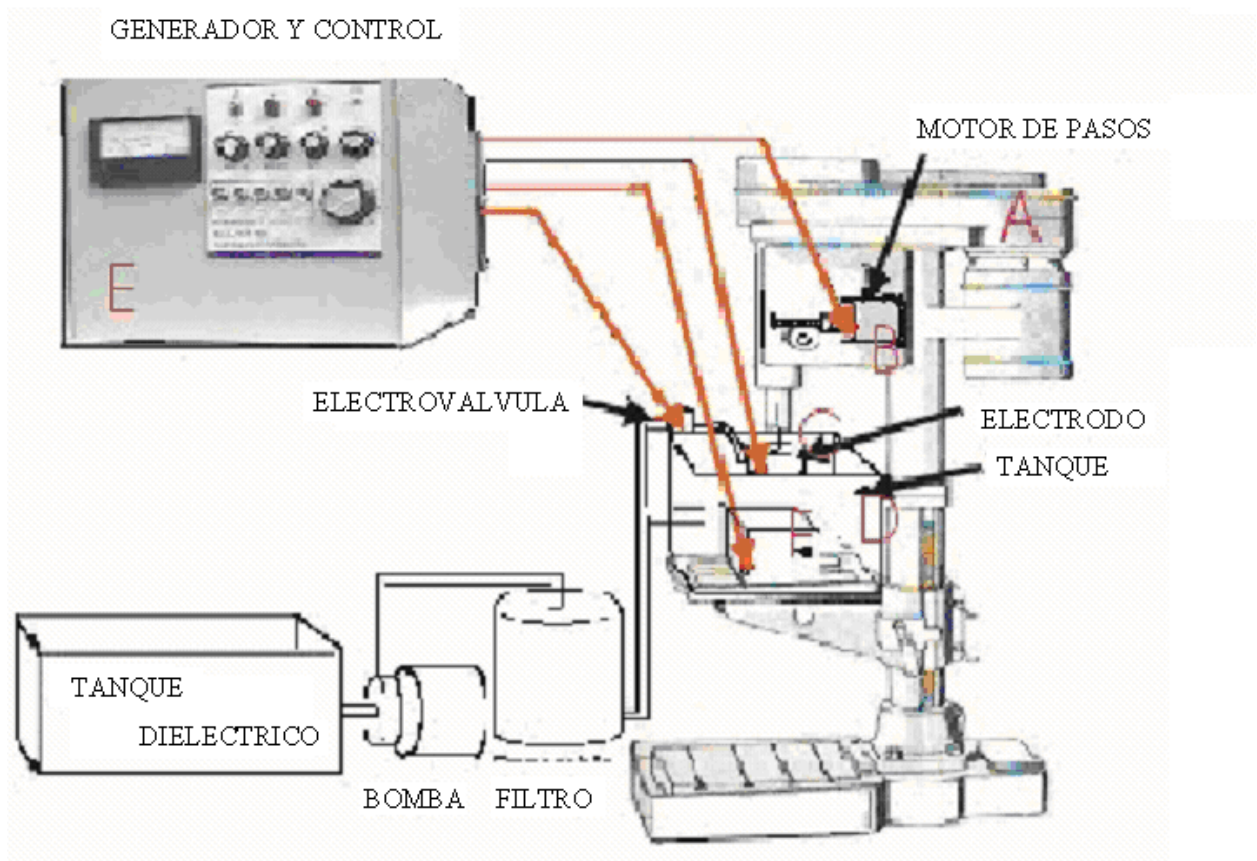


Fig.: 1.16. Máquina Electro erosionada.

Funcionamiento.

Se coloca el material a procesar dentro de la batea y se alinea con la matriz F instalada en el husillo, se llena la batea con el líquido dieléctrico y se pone en marcha el equipo.

El cabezal comienza a descender llevado por el motor de pasos hasta aproximarse al metal a erosionar y se producen chispas entre ambos metales.

La corriente puede ser aumentada aumentando la presión y la terminación superficial puede ser variada cambiando la frecuencia.

Circuitos auxiliares indican mediante el encendido de una luz la forma en que esta operando el equipo, si se mantiene encendida la presión es demasiada, si no se enciende es muy poca, una iluminación tenue variable es indicación de buen funcionamiento.

Una bomba inyecta líquido en forma continua para retirar del área de contacto la escoria del material extraído.

El avance producido por el motor es comandado por la corriente de trabajo.

Un lazo de realimentación fija la corriente del equipo a un valor promedio haciendo aumentar o disminuir la distancia entre las piezas. (Subiendo y bajando el electrodo)

Las máquinas de electroerosión preparadas especialmente para ese trabajo funcionan con el mismo principio pero en ellas los resultados obtenibles son una mayor precisión y velocidad de trabajo además de un importante mayor costo.

Los electrodos de grafito tienen la ventaja de tener un menor desgaste pero la desventaja de menor precisión. Los electrodos de cobre, por su parte, dan mayor precisión pero con un mayor desgaste.

➤ **El acabado.**

La apariencia de los productos es la que se especifica en los planos. La textura que debe de tener el molde en algunas ocasiones es un aspecto que comúnmente no es tomado en cuenta. Este factor influye sobre el comportamiento del plástico. Otro punto importante es que los acabados para los moldes son un costo adicional y suponen uno de los mayores costos de la construcción de los moldes.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.

Dentro de las alternativas existentes en el mercado se puede mencionar las siguientes:

- Construcción del molde por método mecanizado.
- Construcción del molde por electroerosión.

De las alternativas expuestas se estudiara a continuación varios factores para la elección de la mejor alternativa.

2.1.1 PRIMERA ALTERNATIVA.

- **Construcción del molde por método mecanizado.**

La construcción por este método se realiza mediante una máquina de desbaste, con cuchillas esta máquina se la conoce como fresadora; En las fresadoras, la pieza entra en contacto con un dispositivo circular que cuenta con varios puntos de corte. La pieza se sujeta a un soporte que controla su avance contra el útil de corte. El soporte puede avanzar en tres direcciones: diagonal, horizontal y vertical. En algunos casos también puede girar. Las fresadoras son las máquinas herramientas más versátiles. Permiten obtener superficies curvadas con un alto grado de precisión y un acabado excelente. Los distintos tipos de útiles de corte permiten obtener ángulos, ranuras, engranajes o muescas.

2.1.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.

- **Construcción del molde por electroerosión.**

Conocida también como erosión por chispa, utiliza la energía eléctrica para eliminar material de la pieza sin necesidad de tocarla. Se aplica una corriente eléctrica intensa entre la punta del útil y la pieza, haciendo que salten chispas que vaporizan puntos pequeños de la pieza. Como no hay ninguna acción mecánica, se pueden realizar operaciones delicadas con piezas frágiles. Este método produce formas que no se pueden conseguir con procesos de mecanizado convencionales.

2.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

Tomando en cuenta las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, se analiza las diferentes características y se determinara la mejor opción.

2.2.1 PRIMERA ALTERNATIVA.

Tabla 2.1 Ventajas y desventajas del molde fabricado por el método 1.

Molde de inyección (Por Mecanizado).	
VENTAJAS	DENVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Fácil de solucionar errores en caso de que sucedan.• El tiempo de fabricación es menor a relación del otro método.• Es mas barato por este método.	<ul style="list-style-type: none">• Menor precisión en trazos difíciles.• Mayor riesgo de accidentes por que utiliza más máquinas para su elaboración.• Se utiliza mayor espacio físico para su elaboración.• Mayor uso de maquinas y herramientas.• Mayor distancia de transportación.• El trabajo hombre es mayor, (por ser mas laborioso).• Facilidad de trabajo.

2.2.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.

Tabla 2.2 Ventajas y desventajas del molde fabricado por el método 2.

Molde de inyección (Por Erosión).	
VENTAJAS	DENVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Facilidad de trabajo.• La construcción de los electrodos es rápida.• Mayor precisión en trazos.• Fácil de solucionar errores en caso de que sucedan.• El riesgo de accidentes es bajo.• Menor ruido.• Facilidad de trabajo.• El trabajo hombre es mínimo (ya que la máquina es automática).• Menos espacio físico utilizado.• Se encuentra en un lugar fijo.• Menor uso de maquinas y herramientas.• Menor distancia de transportación.	<ul style="list-style-type: none">• Utiliza electrodo de grafito o cobre electrolítico, también se puede utilizar oro, (su precio).• El tiempo de erosionado (la erosión es paulatinamente y demora un buen tiempo en llegar a la profundidad adecuada).

2.3 PARÀMETROS DE EVALUACIÒN.

Para la evaluación se toma en cuenta las ventajas y desventajas descritas anteriormente, la alternativa que tenga mayor calificación será la elegida para la construir.

Los parámetros de evaluación que se consideran se subdividen bajo tres aspectos que son:

- Mecánico
- Financiero
- Complementario

Los mismos que se les asigna un factor de ponderación de 0 a 1 sobre la base de gerarquización.

2.3.1 FACTOR MECÁNICO:

- ✓ Material: Aquí se tomara en cuenta el material recomendable para la construcción con un factor de ponderación de 0.8.
- ✓ Construcción: Se necesitan piezas cuyas características sean óptimas para su funcionamiento con un factor de ponderación de 0.9
- ✓ Operación: Requiere sencillez y facilidad para el manejo con un factor de ponderación de 0.8.
- ✓ Mantenimiento: Proporciona un funcionamiento optimo y soluciones para posibles fallas con un factor de ponderación de 0.8.

2.3.2 FACTOR FINANCIERO:

- ✓ Costo de fabricación: La decisión adecuada permitirá escoger la opción más económica.

2.3.3 FACTOR COMPLEMENTARIO:

- ✓ Tamaño: Dependiendo de las dimensiones del molde.
- ✓ Forma: Se refiere a la estética o presentación del molde.

Tabla 2.3 Matriz de Evaluación.

PARAMETROS DE EVALUACION	FACTOR DE PONDERACION	ALTERNATIVAS	
		PRIMERA	SEGUNDA
Factor mecánico			
<i>Material</i>	0,8	7	7
Construcción	0,9	5	6
Operación	0,8	7	6
Mantenimiento	0,8	8	9
Factor financiero			
<i>Costo de fabricación</i>	0,9	6	8
Factor complementario			
Tamaño	0,7	7	7
Forma	0,6	6	6

Tabla 2.4 Matriz de Decisión.

PARAMETROS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE PONDERACIÓN	ALTERNATIVAS	
		PRIMERA	SEGUNDA
Factor mecánico			
<i>Material</i>	0,8	7	7
Construcción	0,9	5	6
Operación	0,8	7	5
Mantenimiento	0,8	8	9
Factor financiero			
<i>Costo de fabricación</i>	0,9	6	8
Factor complementario			
Tamaño	0,7	7	7
Forma	0,6	6	6
TOTAL		46	48

2.4 DETERMINACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA.

Después de haber analizado cada una de las alternativas y evaluado cada parámetro se concluye que la **segunda alternativa** presenta las mejores características, sobre esta base se selecciona para la construcción.

CAPÍTULO III.

CONSTRUCCIÓN.

En este capítulo se tiene como objetivo principal detallar los principales procesos de construcción y ensamblaje del molde.

3.1. Materiales.

A continuación se nombra los materiales que han sido utilizados en el proceso de construcción del molde:

3.1.1. Electrodo.

Los electrodos son los elementos más importantes en la construcción del molde de acero ya que son el complemento de la máquina erosionadora.

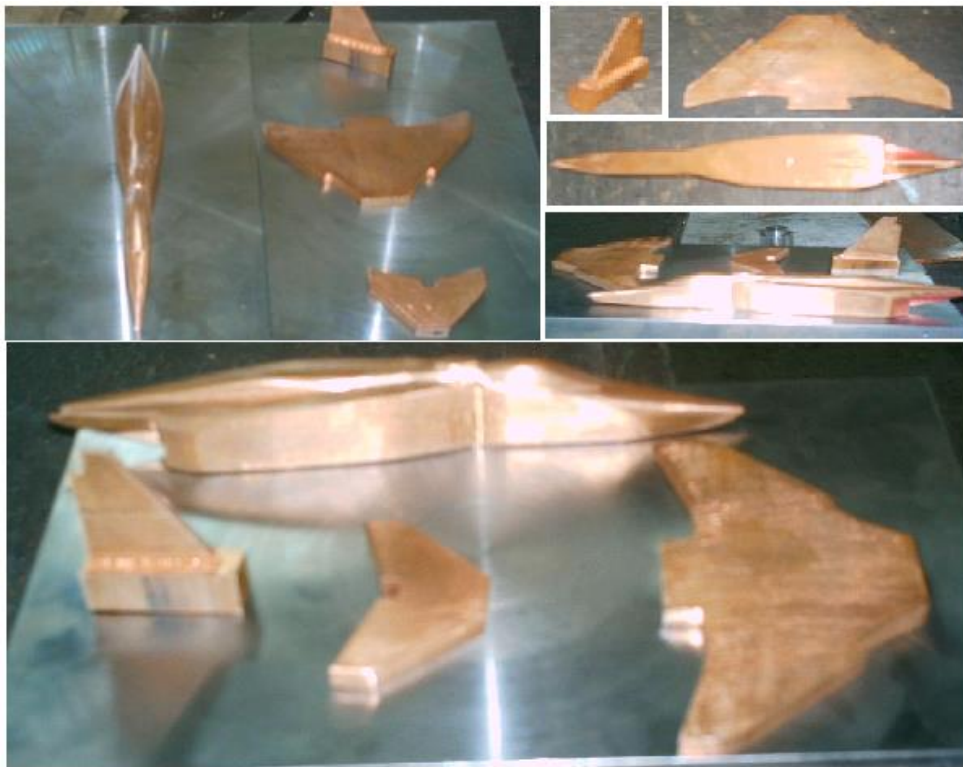


Fig. Nº 3.1. Electrodo.

Los electrodos, son los elementos esenciales; por eso se debe tomar en cuenta el diseño de estos ya que la figura de estos es la que se va a obtener cuando el proceso de erosionado culmine, cada uno de ellos cumplen funciones de diseño diferentes; son de cobre electrolítico por su estructura molecular permite una excelente conductividad eléctrica.

Los electrodos se colocan en la máquina erosionadora, como vemos:



Fig. Nº 3.2. Máquina electro erosionadora con los electrodos.



Fig. Nº 3.3. Máquina de electro erosión.



Fig. Nº 3.4. Panel de coordenadas (x,y) de electro erosión.

El panel de coordenadas sirve para direccional con precisión los electrodos.

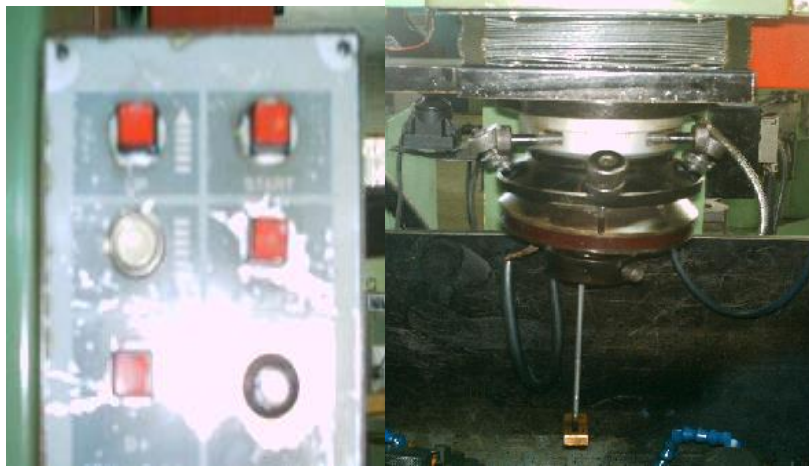


Fig. Nº 3.5. Control de ascenso y descenso.



Fig. Nº 3.6. Panel de control de voltaje y amperaje.

Sin los electrodos, la máquina de electroerosión no funcionaria por eso es uno de los factores preponderantes en la construcción del molde, y del diseño; la selección correcta del material en que estén hechos es primordial.

3.1.2. Bloques de acero (F-110. Acero al carbon).

Los bloques son los que van hacer la matriz en si; estos necesariamente tienen que estar centrados y las medidas tienen que ser iguales.



Fig. Nº 3.7. Bloques de acero.

La selección de estos y las características técnicas que deben tener son importantes ya que debe cumplir con los requerimientos necesarios como: resistencia a

la temperatura, corrosión, desgaste, deformación; ya que estos son los que van a estar sometidos al efecto eléctrico de erosión que genera la máquina erosionadora.



Fig. Nº 3.8. Bloque en el torno.

3.1.3 Bocines y columnas (Varilla de acero F-210).

Estas columnas y bocines son de acero con mayor resistencia al desgaste por lo que no solo cumple la función de guía para el centrado, también cumplen la función de resistir la mayor carga de fricción por que la matriz tiene dos caras que se cierran y se abren continuamente en el proceso de producción.



Fig. Nº 3.9. Columnas de centrado.

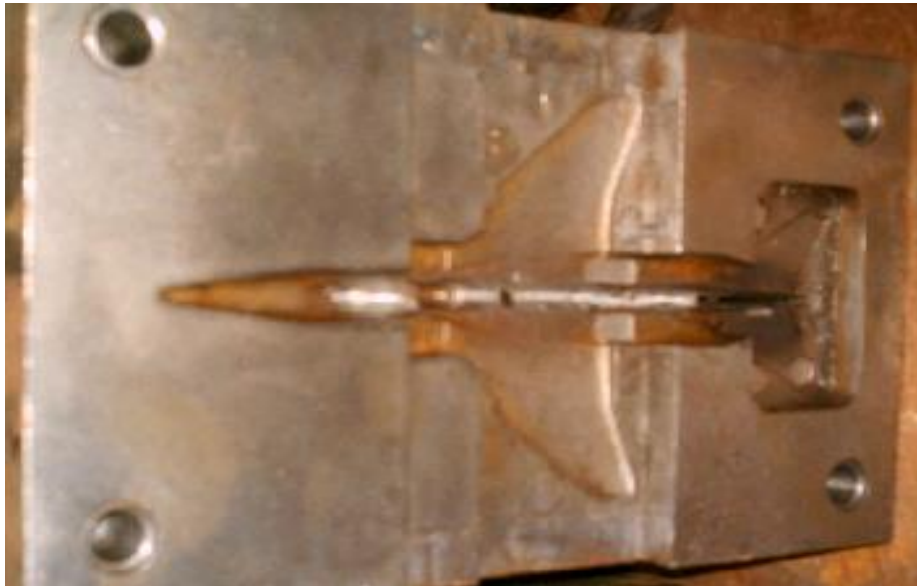


Fig. Nº 3.10. Bocines.

3.1.4. Postizos Platinas de acero (F-210).

Los postizos son de acero de transmisión de 2"x ½" por sus características el acero de transmisión tiene: resistencia, rigidez y facilidad para darle forma.



Fig. N° 3.11. Postizos de las alas.



Fig. N° 3.12. Postizos del Empenaje o cola.



Fig. N° 3.13. Una parte del molde con los postizos.

3.2. Molde de inyección.

El molde de inyección, esta compuesto de dos caras y dentro de estas se encuentran:

- 1 Matriz hembra.
 - 4 Bocines.

- 1 Matriz macho.
 - 4 Columnas.
 - 1 Postizo ala derecha.
 - 1 Postizo ala izquierda.
 - 1 postizo del empenaje.

3.2.1 Matriz hembra.

Es una de las caras del molde, se le denomina así ya que en esta parte se encuentran los cuatro bocines de centrado y guías del molde y como podemos observar en el siguiente gráfico se encuentra erosionado la parte superior del avión.

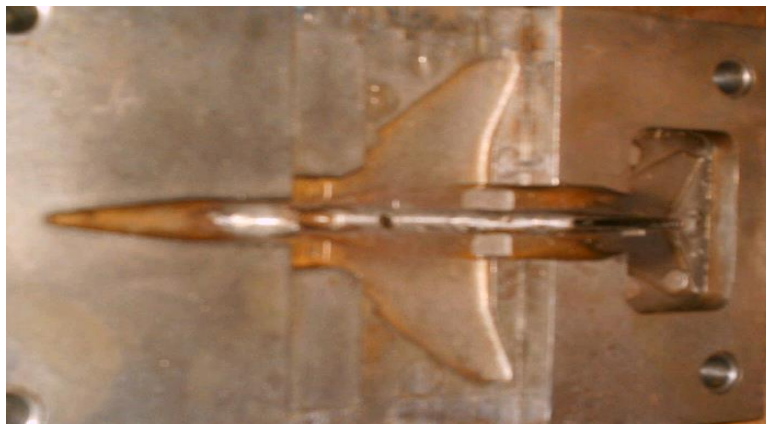


Fig. N° 3.14. Matriz hembra.



Fig. N° 3.15. Parte erosionada de la parte superior del avión.

3.2.2. Matriz macho.

Es la segunda cara del molde donde encontramos las cuatro columnas guías y de centrado del molde, en esta también se encuentran empennadas los postizos, y podemos apreciar la parte de la erosión que corresponde al inferior del avión.



Fig. N° 3.16. Segunda parte de la matriz.

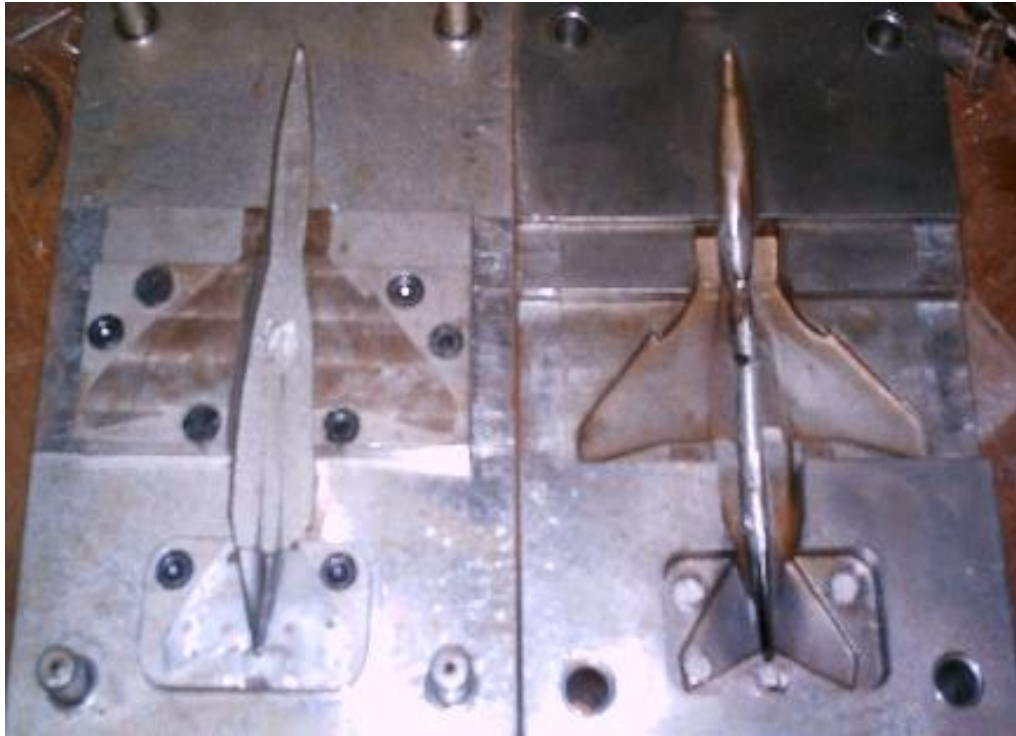


Fig. Nº 3.17. Molde de inyección.

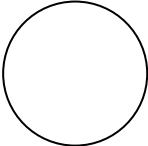


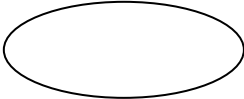
3.3. Diagramas de procedimientos.

A continuación se presentan los diagramas de los diferentes procesos en la construcción del molde de inyección.

Estos diagramas están compuestos por símbolos que indican la forma como se ha trabajado en la construcción del molde. Por tal razón se presenta una tabla con la simbología utilizada en cada uno de los procesos de construcción del molde.

3.3.1 Simbología de los procesos de construcción.

Tabla 3.1 Simbología de los procesos de construcción del Molde.

Num.	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
1		PROCESO
2		INSPECCIÓN
3		PROCESOS TERMINADOS
4		ENSAMBLAJE

3.3.2. Tipo de máquinas y herramientas utilizados en la construcción de molde de inyección.

En esta parte se presenta las herramientas, máquinas y equipos utilizados en la construcción del molde de inyección de plástico.

Tabla 3.2 Herramientas utilizadas.

Num.	HERRAMIENTA.	CODIGO.
1	Taladro.	H1.
2	Sierra manual.	H2.
3	Escuadra metálica.	H3.
4	Llaves de ajuste.	H4.
5	Martillo.	H5.
6	Entenalla.	H6.
7	Moladora.	H7.
8	Machuelo.	H8.
9	Lima.	H9.

Tabla 3.3 Máquinas utilizadas.

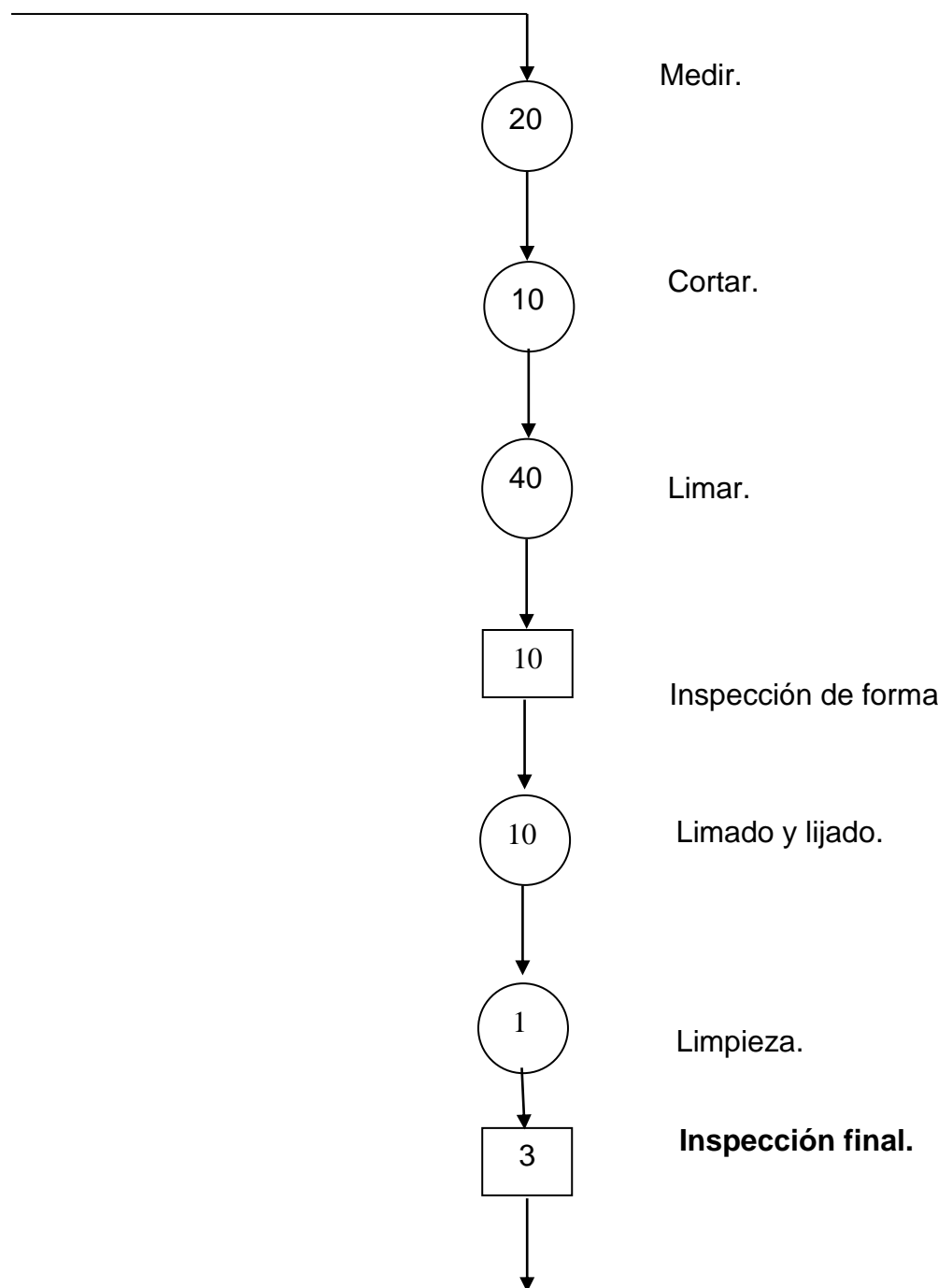
Num.	MÁQUINA	CARACTERISTICA	CODIGO
1	Erosionadora.	220 V AC.	M1.
2	Torno.	1800 rpm., 3HP, 220 V AC.	M2.
3	Fresadora.	110/220 V AC 60 Hz.	M3.
4	Esmeril.	110 V AC disco 6 plg.	M4

Tabla 3.4 Equipos utilizados.

Num.	EQUIPO	CARACTERISTICA	CODIGO
----	Ninguno	----	----

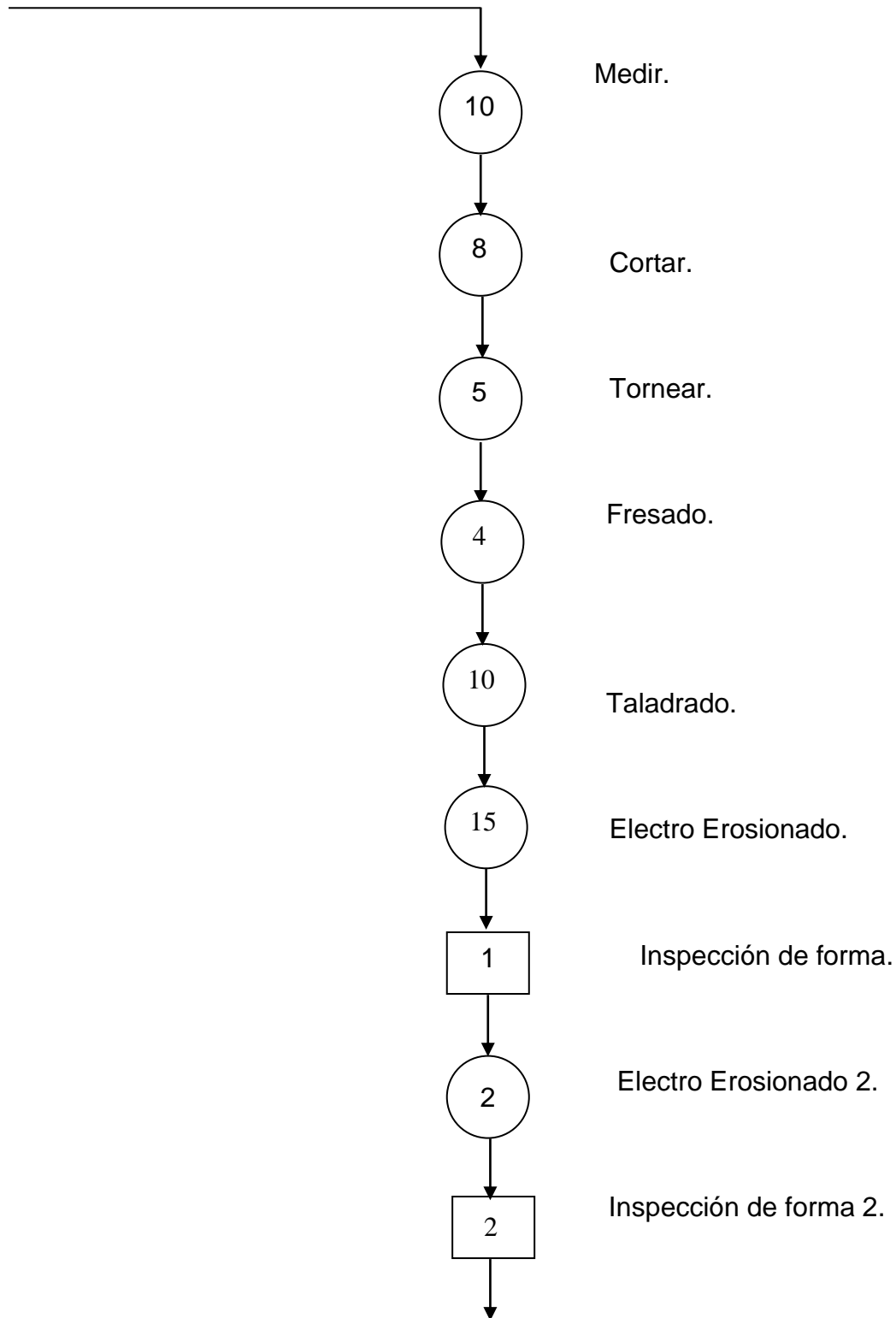
3.3.3. Diagrama de proceso de fabricación de los electrodos, para las diferentes partes y secciones electro erosionado, para la máquina erosionadora.

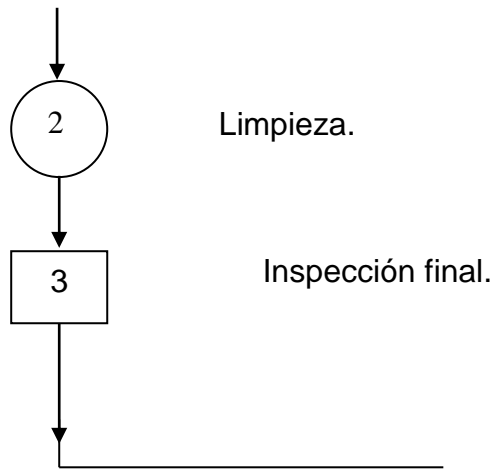
Material: Cobre Electrolítico.



3.3.4. Diagrama de proceso de fabricación de la matriz hembra que es la primera cara del molde para inyectar aviones en escala del avión jaguar.

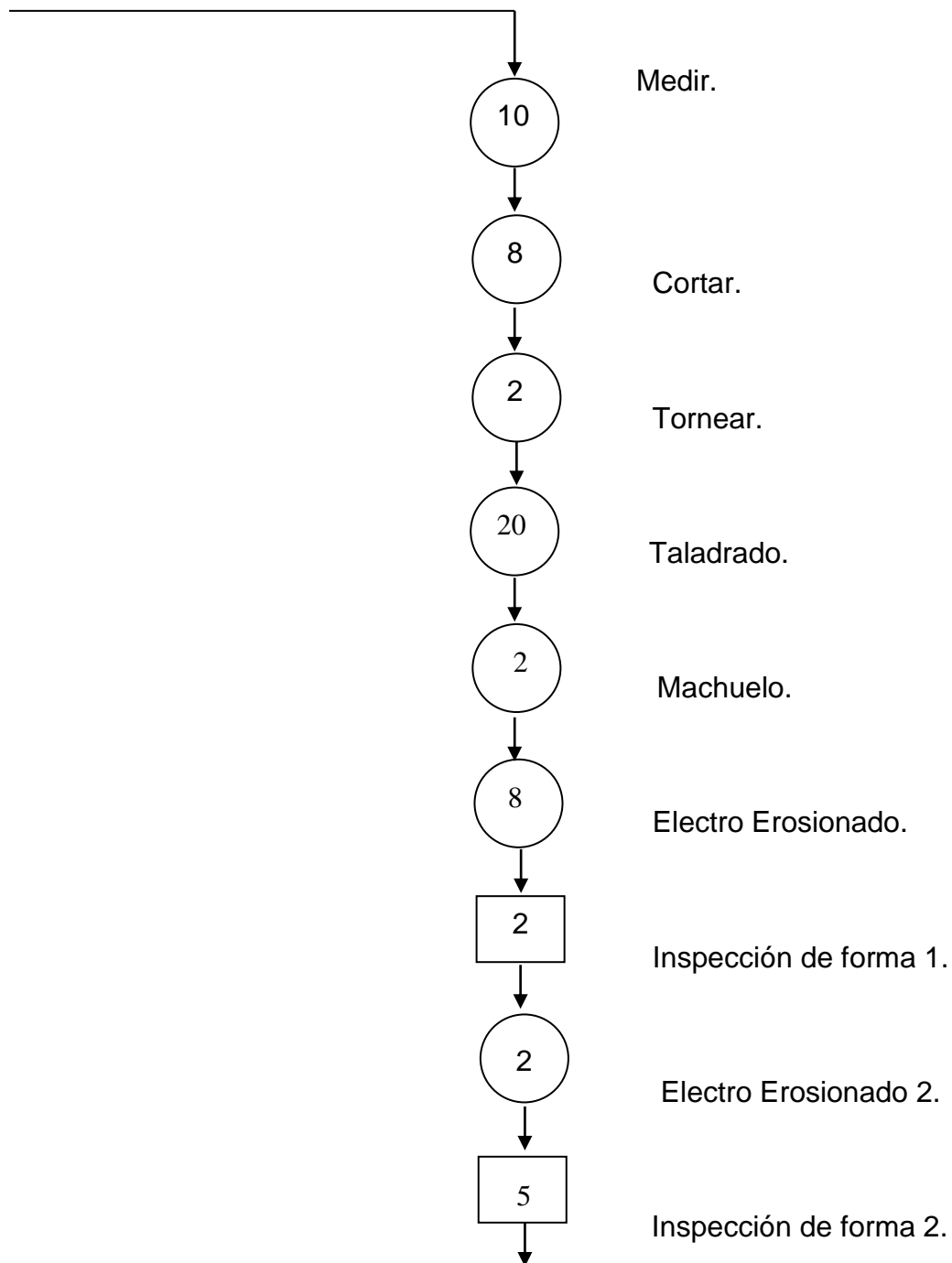
Material: Primer bloque de acero para Matriz hembra.

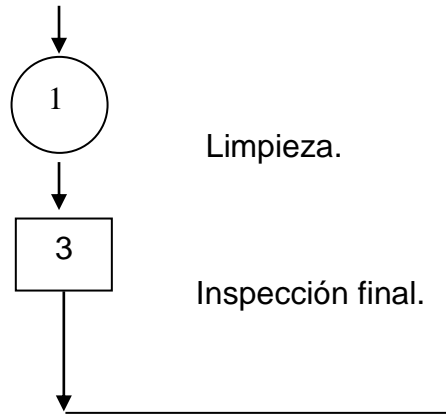




3.3.5. Diagrama de proceso de fabricación de la matriz macho que es la segunda cara del molde para inyectar aviones en escala del avión jaguar.

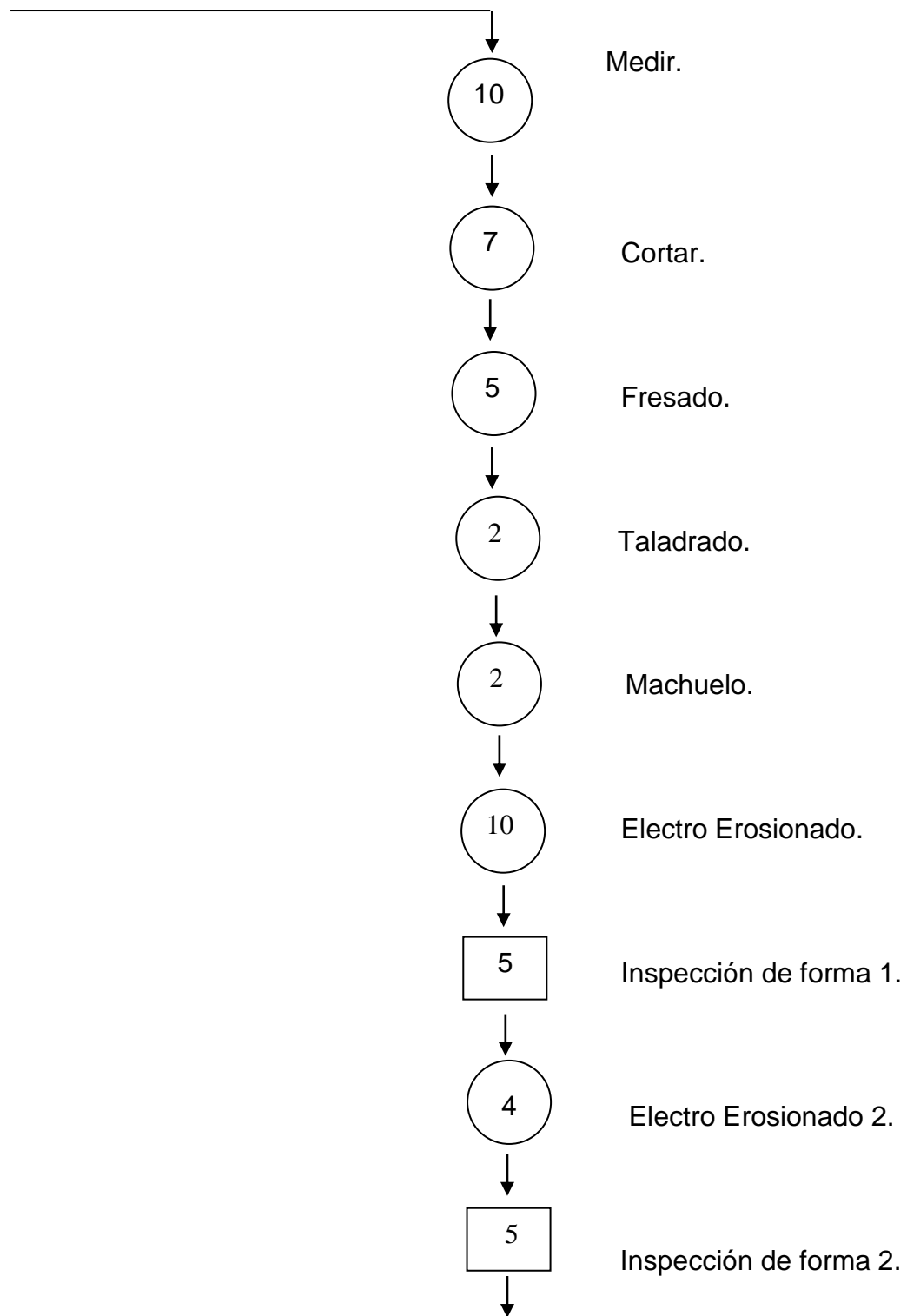
Material: Segundo Bloque de acero para matriz macho.

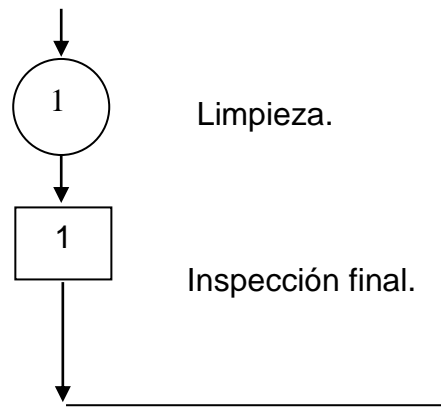




3.3.6. Diagrama de proceso de fabricación de los postizos.

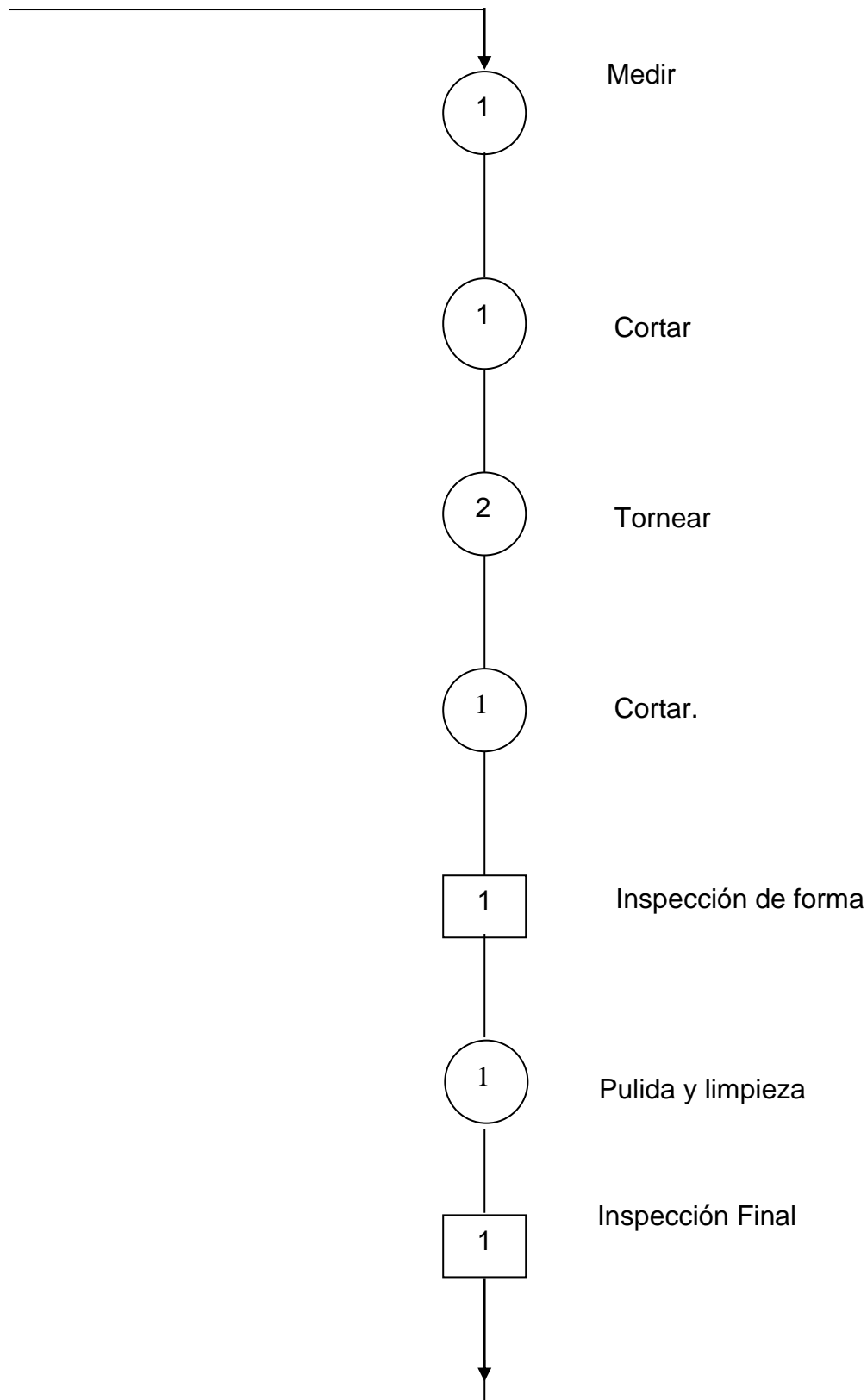
Material: Platinas de Acero, para postizos.





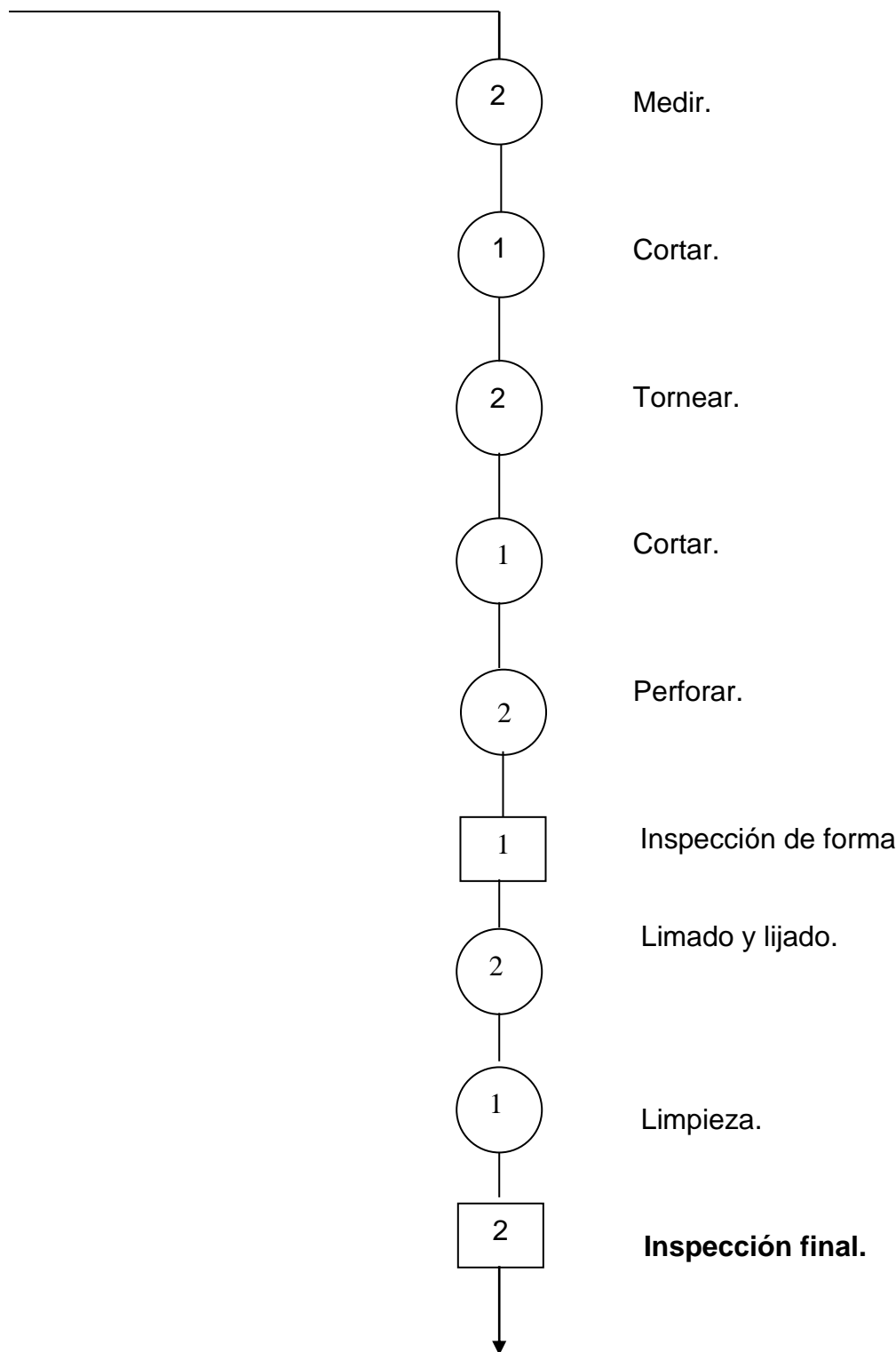
3.3.7. Diagrama de proceso de fabricación de las columnas guías.

Material: Varilla de acero para columnas.

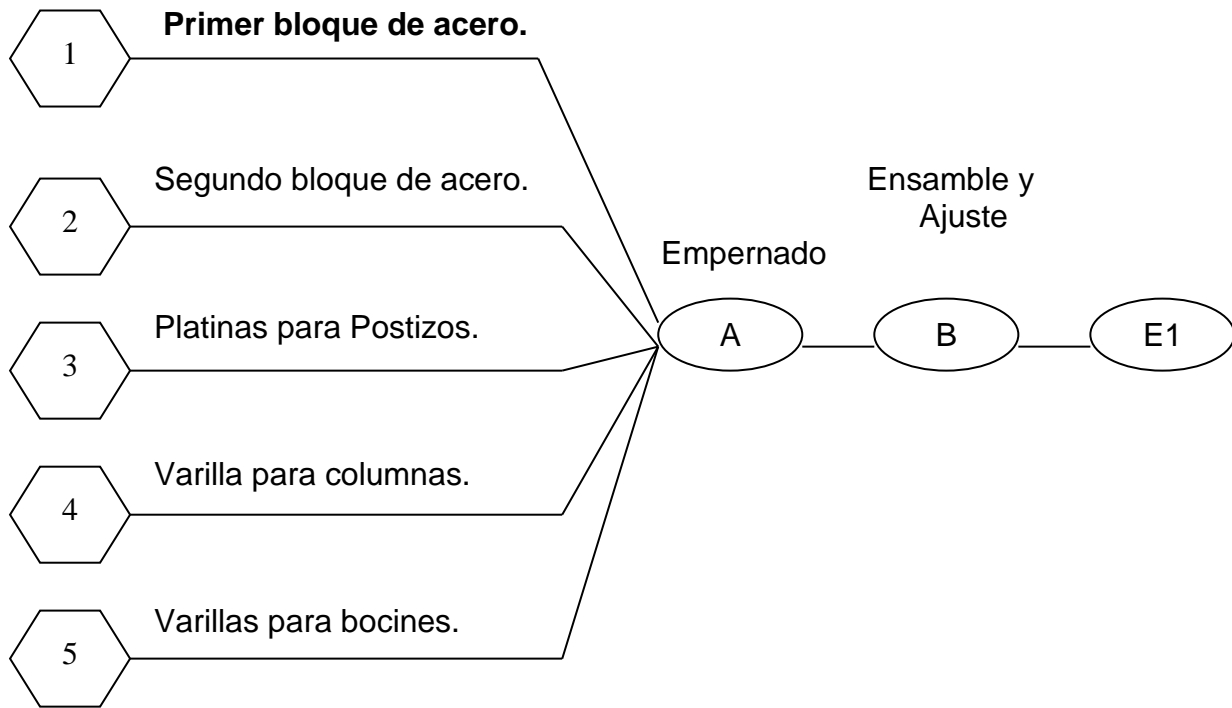


3.3.8. Diagrama de proceso de fabricación de los bocines, para las columnas guías, del molde para inyección.

Material: Varilla de acero, para bocines.



3.4 Diagrama de Ensamble.



Ensamble completo del molde de inyección, para la producción de aviones jaguares a escala.

Tabla 3.5 Tiempo utilizado en Herramientas-Máquinas-Equipos.

Num.	H – M - E	COD.	TIEMPO (HORAS)
1	Taladro.	H1	34
2	Sierra manual.	H2	32
3	Escuadra metálica.	H3	53
4	Llaves de ajuste.	H4	1
5	Martillo.	H5	2
6	Entenalla.	H6	30
7	Moladora.	H7	1
8	Machuelo.	H8	2
9	Lima.	H9	40
8	Erosionadora.	M1	42
9	Torno.	M2	9
10	Fresadora.	M3	9
11	Esmeril.	M4	13

3.5. Pruebas de funcionamiento.

Una vez realizada la construcción de la estructura y el acoplamiento de los componentes de la misma, se procede a verificar su correcto funcionamiento o fallas del mismo.

Tabla 3.6 Verificación de funcionamiento del molde de inyección, para la producción de un avión jaguar a escala.

<i>ESTRUCTURA</i>	<i>CUMPLE TOLERANCIAS</i>	EMSAMBLE ÓPTIMO
Matriz Hembra.	✓	✓
Matriz Macho.	✓	✓
Postizos.	✓	✓
Columnas y bocines.	✓	✓

Con respecto al funcionamiento global de la estructura del molde de inyección; se observa que se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente, por los resultados de producción satisfactorios ya que se produjo veinte aviones jaguares de plástico, que se los ah entregado a la institución para que puedan verificar los resultados de producción del molde de una manera física; ya que lo pueden ver y manipular el producto.

Aquí se presenta terminado el molde:



Fig. Nº 3.18 Molde terminado y después de las pruebas.



Fig. Nº 3.19. Productos inyectados.

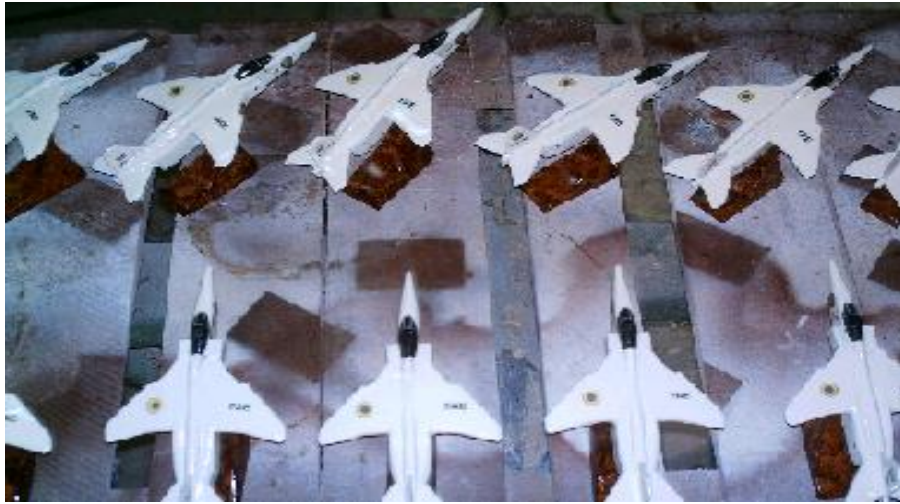


Fig. Nº 3.20. Avión Jaguar de Plástico inyectado.



Fig. Nº 3.21. Fotos del producto final.



Fig. Nº 3.22. Productos inyectados 2.

CAPÍTULO IV

MANUALES.

4.1. Descripción General.

En este capítulo, se establece los distintos procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad del Molde de inyección, con su respectiva hoja de registros.


Con la implementación de estos manuales se ha garantizado el correcto funcionamiento y utilización de la matriz construida.

Los manuales de operación, mantenimiento y seguridad se detallaran en los siguientes cuadros.

Detalles de cada uno de los cuadros en este capítulo.

Formato.	Tabla N°:
Manual de Mantenimiento.	4.1.
Manual de Operación.	4.2.
Manual de Seguridad.	4.3.
Manual de verificación.	4.4.
Hojas de registro.	4.5.

	MANUAL DE MANTENIMIENTO.	Página: 1de 1
	MANTENIMIENTO DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE UN AVIÓN JAGUAR POR INYECCIÓN.	Cuadro N°: 4.1
	Elaborado por: Paúl Erick Cabrera Espinoza	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.	Fecha: 16-04-2007
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA	I.T.S.A
<p>1.0 OBJETIVO.</p> <p>Documentar el procedimiento de Mantenimiento del molde para producción de un avión jaguar por inyección.</p> <p>2.0 ALCANCE.</p> <p>Contempla el mantenimiento que se debe realizar en el molde de fabricación.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar el polvo con una franela seca semanalmente. 2. Realizar una inspección visual de la estructura una vez al mes. 3. Mantener lubricado para evitar corrosión y fricción. 4. Si existen partes dañadas (realizar reparaciones necesarias). 5. Verificar la rectitud y centrado después de cada operación. 6. Verificar la rectitud de los pines guías después de cada operación. 7. Verifique los hilos donde se van a fijar los pernos que sujetan el molde a la inyectora. <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</p>		

	MANUAL DE OPERACIÓN.	Página: 1de 1
	OPERACIÓN DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE UN AVIÓN JAGUAR POR INYECCIÓN.	Cuadro N°: 4.2
	Elaborado por: Paúl Erick Cabrera Espinoza	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.	Fecha: 16-04-2007
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA.	I.T.S.A
<p>1.0 OBJETIVO.</p> <p>Documentar el procedimiento para la Operación del molde para la Fabricación de un avión jaguar por inyección de plásticos.</p> <p>2.0 ALCANCE.</p> <p>Contempla los procesos que se van a realizar en el momento de producción.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar que no existan obstáculos en los pines guías de centrado. 2. Observar que la mordazas del inyector estén en buenas condiciones de funcionamiento. 3. Asegúrese que el molde este fijo y asegurado a la máquina inyectora. 4. Lea la cartilla de instrucciones a seguir. 5. Verificar que los pernos de la base estén ajustados. 6. Verifique que tenga un buen cierre entre las dos caras de la matriz. 7. Verifique que las bases donde se sujeta la matriz no tenga objetos extraños. 8. Ajustar los pernos de fijación de la máquina al molde. 9. Verifique que tenga libre movimiento de apertura y cierre del molde cuando se encuentre montado en la máquina inyectora. 10. después de cada inyección verifique si el producto inyectado a sido expulsado correctamente, y si no verifique si no a quedado parte de el en la matriz. 11. Una vez realizado el trabajo desarme y retire las partes móviles. <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</p>		

	MANUAL DE SEGURIDAD	Página: 1de 1
--	----------------------------	----------------------



**NORMAS DE SEGURIDAD
DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE UN
AVIÓN JAGUAR POR INYECCIÓN.**

Cuadro N°: 4.3

Revisión N°: 01

Elaborado por: Paúl Erick Cabrera Espinoza

Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.

Fecha: 16-04-2007

FAE

MECÁNICA – AERONÁUTICA

I.T.S.A

1.0 OBJETIVO

Documentar las normas de seguridad a tomar en cuenta para una correcta utilización del molde.


2.0 ALCANCE

Contempla instrucciones para evitar accidentes y daños.

2.0 PROCEDIMIENTOS

1. Concéntrese en su trabajo.
2. Observe si al su alrededor si existe peligro (tropiezo, quemadura, contactos eléctricos en mal estado, etc.)
3. No tocar el molde después de una inyección deje enfriar.
4. Utilice guantes de cuero.
5. Evite juegos y bromas en el momento de su trabajo esto es un punto muy importante.
6. Si va a montar la matriz verifique que las resistencias de la máquina de inyección estén desconectadas y si están caliente aguarde hasta que baje una temperatura considerable para evitar quemaduras.
7. Si va a montar el molde a la máquina verifique que los mecanismos de cierre estén, OFF y advierta a las personas a su alrededor, que esta montando la matriz; para evitar que alguien la haga funcionar en ese lapso de tiempo.
8. La persona que esta operando la máquina no debe utilizar joyas (anillos, pulseras, relojes, etc.).
9. Al momento de retirar la matriz tenga cuidado con la temperatura de la maquina y del molde.
10. No realizar presiones excesivas ya que puede causar daños a la máquina.
11. Utilizar el molde solo para inyección.

4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:

	VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.	Página: 1 de 1
	VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL MOLDE PARA LA FABRICACIÓN DE UN AVIÓN JAGUAR POR INYECCIÓN.	Cuadro N°: 4.4.
	Elaborado por: Paúl Erick Cabrera Espinoza	Revisión N°: 01
	Aprobado por: Ing. Guillermo Trujillo.	Fecha: 16-04-2007
FAE	MECÁNICA – AERONÁUTICA	I.T.S.A
<p>1.0 OBJETIVO</p> <p>Documentar el procedimiento de verificación de funcionamiento del molde.</p> <p>2.0 ALCANCE</p> <p>Contempla un seguimiento de funcionamiento y mantenimiento del molde.</p> <p>3.0 PROCEDIMIENTOS</p> <p>12. Realizar la verificación del molde cada tres meses. 13. Dejar constancia de la persona responsable que utilizó el molde. 14. Anotar los trabajos realizados. 15. Escribir y llevar un inventario de materiales usados o repuestos cambiados. 16. Informar si el molde se encuentra en óptimas condiciones de trabajo. 17. Escribir novedades y observaciones realizadas. 18. Llevar un registro de las horas de funcionamiento del molde. 19. Avisar algún daño presentado en la estructura del molde que dificulté su operación.</p> <p>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD:</p>		

CAPÍTULO V.

ESTUDIO ECONÓMICO.

5.1. Presupuesto.

La realización del presupuesto para el estudio económico esta de acuerdo a las necesidades de la construcción del molde, es autofinanciada en la compra de todo lo utilizado. Esto es en la adquisición de herramientas, equipos materiales y fabricación que se utilizaron en este trabajo.

5.2. Análisis Económico.

El análisis del estudio económico realizado en el transcurso del proyecto de grado y práctica se detalla brevemente a continuación, estos rubros son:

- **Costo de construcción del molde.**
 - Herramientas y máquinas.
 - Materiales usados.
 - Mano de obra.
- **Costo de proceso de Producción.**
- **Costos Varios.**

De entre las cuales tengo que acotar que se negocio con los dueños y jefes de taller el monto total de la, electro erosión, cortes, pulido, máquinas, herramientas, material y mano de obra.

Tabla 5.1 Costo de la construcción del molde.

DETALLE	VALOR USD
Construcción de un molde de inyección Para un avión jaguar en escala.	
Dimensión 210x113x24mm.	
Construcción de electrodo en cobre electrolítico.	
Electro erosionado.	
Construcción de cuatro bocines, y columnas para el centrado.	
TOTAL:	840

El monto de la construcción del molde asciende a ochocientos cuarenta dólares (\$ 840 USD). Anexo copia de la Factura de Fabricación del molde.

Tabla 5.2 Costo de proceso de producción de los aviones.

Nota: la inyección de cada avión y el material de plástico utilizado fue negociado con el dueño de la inyectora.

CANTIDAD	DETALLE	VALOR USD	Total USD
20	Aviones inyectados.	1	20
1	1/2 Litro de Pintura Sintética blanco (hueso).	4	4
1	1/2 Litro de brillo Sintético.	4	4
20	Mano de Obra Pintura.	.25	5
20	Bases de madera.	.5	10
1	Pega Súper Border.	2.50	2.50
20	Juegos de adhesivos con logos de las banderas, escudo del Ecuador, nombres, gráficos, y más.	.07	1.4
20	Clavos ½ pulgada, para la fijación del avión con la base	.25	.25
Valor TOTAL:			47.15

El monto a la producción asciende a cuarenta y siete con quince centavos de dólar (\$ 47,15. USD).

- **Lo que da un costo por cada avión de dos dólares con treinta y seis centavos. (\$ 2,36.USD.).**

Tabla 5.3 Costo varios.

CANTIDAD	DETALLE	VALOR USD	Total USD
58	Scanner.	.5	29
100	Horas computadora	.10	10
30	Horas de Internet	1	30
1	Resma de Papel.	3	3
1	Cartucho de tinta Negro (canon 40).	25	25
1	Cartucho de color (canon 41).	32	32
60	Transporte	.25	15
	Otros costos que no se han tomado en consideración.		20
TOTAL:			164

El monto de los costos varios asciende a ciento sesenta y cuatro dólares (\$ 164. USD).

Tabla 5.4. Costo total del proyecto.

DETALLE	VALOR USD
Costo de construcción del molde.	840
Costo de proceso de producción de los aviones.	47.15
Costos varios.	164
VALOR - TOTAL:	1051.15

*El costo total del proyecto asciende a la suma de: **mil cincuenta y uno dólares con quince centavos (\$ 1051.15).***

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1. Conclusiones:

- ✓ Los materiales del molde cumplen con los requerimientos necesarios para su función.
- ✓ Se conoce las partes de la máquina de inyección.
- ✓ Se conoce las partes del molde.
- ✓ El molde de inyección construido de acuerdo con las pruebas realizadas se encuentra en condiciones estándares de operación.
- ✓ Se conoce los tipos de plásticos que se pueden utilizar en la producción de artículos plásticos.
- ✓ El molde puede ser acoplado a distintas maquinas de extracción.
- ✓ Se conoce el costo total del proyecto, fabricación y producción.
- ✓ El moldeo por electroeroción es la mejor alternativa.
- ✓ Se conoce los parámetros que se toman en cuenta en los moldes.

6.2. Recomendaciones:

- ✓ Seguir los pasos de la cartilla de procedimientos de los manuales para de esta forma evitar perjuicios.
- ✓ Para mantener el equipo en óptimas condiciones y evitar daños en la estructura seguir los pasos del manual de mantenimiento antes indicado.
- ✓ Utilizar este sistema solo para lo que fue construido.
- ✓ Cada vez que se arme y desarme las partes móviles del molde realizarlo con herramientas adecuadas para no causar daños en la estructura y en las partes del molde.

Bibliografía:

Libro de ciencia e ingeniería de los materiales: Donald R. Askeland

Libro de ciencia y materiales para ingenieros por James F. Shackelford.

Libro de máquinas herramientas y manejo de materiales por Herman W.

Enciclopedia virtual Encarta 2006, para conceptos de torno fresa y de mas herramientas.

www.aviacion.com, para encontrar las características del avión jaguar.

www.tesis.com, para las clases de aceros.

www.monografias.com, para las clases de materiales que se pueden utilizar en inyección.





