

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

**DISEÑO DE MOLDE PARA CAJETÍN NORMALIZADO DE
TRANSFORMADOR ELÉCTRICO DE RED MONOFÁSICA**

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

Alumno:

Samuel Jorge Guillermo Pascal de la Fuente

Profesor Guía:

Ing. Vicente Antonio Crino Tassara

Profesor Correferente:

Ing. Claudio Abel Bahamondes Riquelme

RESÚMEN

Keywords: **MOLDE DE INYECCIÓN - CAJETÍN ELÉCTRICO - PP**

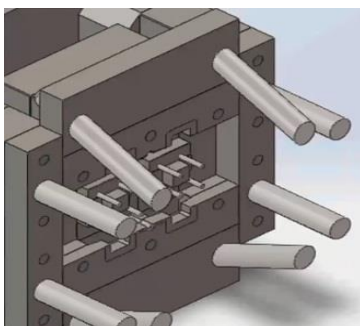
Este presente trabajo tratará del diseño de un cajetín de transformador eléctrico monofásico de núcleo tipo acorazado, el cual se inyectará en un molde de columnas inclinadas, y además se considera al final una evaluación de los costos asociados a una posible fabricación del molde.

Por ejemplo, en el Capítulo 1 se verán los temas asociados al producto en sí, donde se utilizará, fallas típicas en transformadores eléctricos y parámetros concernientes al material, además de la máquina inyectora.

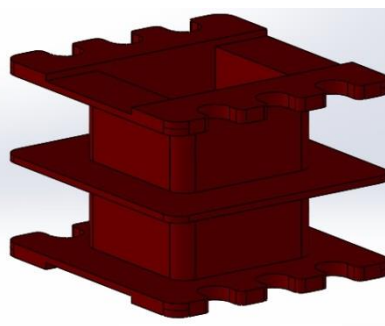
En el Capítulo 2 se verá el molde y cálculos asociados al mismo, así como por ejemplo el de la placa soporte, el número de botadores, fuerza de cierre del molde, entre otros.

Y para finalizar con el Capítulo 3 se verán los costos del molde, tanto de fabricación, tratamientos térmicos, de diseño, entre otras cosas por ejemplo la cantidad y el tipo de la tornillería necesaria.

Y por último, se darán a conocer las conclusiones y algunas recomendaciones del trabajo completo y otras específicas del molde de columnas inclinadas.



Molde de inyección



Cajetín eléctrico



Polipropileno

ÍNDICE GENERAL

RESÚMEN	
SIGLA Y SIMBOLOGÍA	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
 CAPÍTULO 1: EL PRODUCTO	
1. EL PRODUCTO	5
1.1. FALLAS TÍPICAS EN TRANSFORMADORES	5
1.2. LA FUNCIÓN	6
1.3. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES	6
1.3.1. Cálculo de la potencia del transformador, del área de la sección del núcleo y del número de chapas necesarias	7
1.3.2. Productos similares	9
1.4. EL MATERIAL	10
1.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	11
1.6. MÁQUINA A UTILIZAR	12
 CAPÍTULO 2: EL MOLDE	
2. EL MOLDE	17
2.1. DISEÑO DE LA PLACA PORTA POSTIZO	18
2.2. ÁREA TOTAL PROYECTADA EN LAS LÍNEAS DE CIERRE DEL MOLDE	19
2.3. FUERZA TOTAL DE CIERRE DEL MOLDE	19
2.4. DIAGRAMA DE LA PLACA SOPORTE	20
2.5. SECCIÓN DE LA PLACA SOPORTE	21
2.6. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA PLACA SOPORTE	21
2.7. CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA PLACA SOPORTE	22
2.8. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EXTRACTORES NECESARIOS	24

CAPÍTULO 3: LOS COSTOS

3. LOS COSTOS	31
3.1 COSTOS DE MATERIALES Y HORAS DE MECANIZADOS	31
3.2. COSTOS TOTALES, DE MECANIZADO CNC Y TRATAMIENTOS TÉRMICOS	32

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
---------------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	41
---------------------	----

ANEXOS: PLANOS DE FABRICACIÓN

PLANO 1. ENSAMBLAJE MOLDE COMPLETO	45
PLANO 2. CAVIDAD	47
PLANO 3. CORREDERA DELANTERA	49
PLANO 4. CORREDERA TRASERA	51
PLANO 5. EXPULSOR	53
PLANO 6. NÚCLEO	55
PLANO 7. PLACA BASE INFERIOR	57
PLANO 8. PLACA BASE SUPERIOR	59
PLANO 9. PLACA EXTRACTORA	61
PLANO 10. PLACA SOPORTE	63
PLANO 11. PLACA VÁSTAGO	65
PLANO 12. PLACA PORTAPOSTIZOS DE LAS CAVIDADES	67
PLANO 13. PLACA PORTAPOSTIZOS DE LOS NÚCLEOS	69
PLANO 14. POSTIZO DELANTERO	71
PLANO 15. REGLA GUÍA	73
PLANO 16. SOPORTE PARALELO	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Chapas “E” e “I” de un transformador monofásico tipo acorazado	7
Figura 1-2. Diversos tamaños de cajetines surtidos	10
Figura 1-3. Máquina inyectora, Intertech - INT-60	12
Figura 2-1. Molde de inyección para carrete de lienza de pescar	17
Figura 2-2. Molde de inyección con cilindros hidráulicos	18
Figura 2-3. Diagrama esquemático de la placa soporte	20

Figura 2-4. Diagrama esquemático de la sección de la placa soporte	21
Figura 2-5. Diagrama esquemático de las fuerzas en la placa soporte	21
Figura 2-6. Diagrama esquemático del producto y su ángulo de salida	24

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1-1. Cálculo de la potencia del transformador	7
Fórmula 1-2. Cálculo del área de la sección del núcleo	8
Fórmula 1-3. Cálculo del largo del núcleo	8
Fórmula 1-4. Cálculo del número de chapas necesarias	9
Fórmula 2-1. Cálculo del área en las líneas de cierre del molde	19
Fórmula 2-2. Cálculo de la fuerza total de cierre del molde	20
Fórmula 2-3. Fórmula general del momento flector	22
Fórmula 2-4. Despeje de la altura mínima para evitar flexión	22
Fórmula 2-5. Cálculo de la diferencia de espesores para encontrar el espesor de la placa soporte	23
Fórmula 2-6: Cálculo del área de contacto total entre núcleo y producto	24
Fórmula 2-7: Cálculo del número de extractores necesarios	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1. Costos de diseño	31
Tabla 3-2. Lista de materiales, tratamientos térmicos y horas de mecanizado	32
Tabla 3-3. Valores de hora máquina y trabajo de banco	33
Tabla 3-4. Costos totales de mecanizados	33
Tabla 3-5. Costos de materiales y tratamientos térmicos	33
Tabla 3-6. Tornillería necesaria	34
Tabla 3-7. Costos totales del molde de inyección	34

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

- Á : Área
- e : Espesor
- F_{tc} : Fuerza Total de Cierre
- IVA: Índice Valor Agregado
- L : Largo
- Nº : Número
- PP : Polipropileno
- PS : Poliestireno
- pág : Página
- R₁ : Reacción 1
- SAE: Society Automotive Engeeniers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)
- UF : Unidad de Fomento
- UV : Ultravioleta
- % : Porcentaje
- Ø : Diámetro
- \$: Unidad monetaria, peso chileno
- σ : Momento flector
- π : Pi
- ≈ : Equivalente
- √ : Raíz cuadrada

SIMBOLOGÍA

- A : Ampere
- cm : Centímetro
- cm² : Centímetro cuadrado
- g : Gramo
- g/cm³ : Gramo dividido por centímetro cúbico
- kp : Kilopondio
- kp/cm²: Kilopondio dividido por centímetro cuadrado
- mm : Milímetro
- ton : Tonelada
- VA : Voltio-Ampere

V : Voltio

W : Watt

°C : Grado centígrado

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se diseñará un cajetín de transformador por medio del software de diseño SolidWorks 2016, estimarán tiempos de mecanizado y se evaluarán costos asociados a su producción, con la intención de una futura fabricación. Así como los temas concernientes al producto y el material que lo conforma.

Objetivo General

- ❖ Elaborar un diseño de cajetín en base a las fallas más típicas en transformadores, siendo conformado en lo teórico en un molde de inyección, para una posible producción en serie a futuro.

Objetivos Específicos

- ❖ Identificar las fallas típicas en transformadores elaborando un diseño de cajetín acorde a las necesidades generales de dichos requerimientos técnicos.
- ❖ Diseñar un molde de inyección de columnas inclinadas por medio de software de diseño SolidWorks 2016 para una futura fabricación del cajetín.
- ❖ Evaluar por medio de tablas los costos asociados al producto con la finalidad de obtener su valor en costos de diseño, fabricación, tratamientos térmicos, y trabajo de banco para una posible fabricación futura.

CAPÍTULO 1: EL PRODUCTO

1. EL PRODUCTO

Debido a que este carrete-cajetín debe ser utilizado en una máquina, por lo demás eléctrica, se analizarán las diferentes causales de fallas en transformadores, estas son principalmente:

1.1. FALLAS TÍPICAS EN TRANSFORMADORES

❖ Vibraciones excesivas:

El roce entre las espiras ocasionado por las vibraciones magnéticas, tienden a gastar el barniz que recubre al alambre, provocando problemas de aislación.

❖ Humedad:

Cuando empieza a filtrarse humedad por entre las chapas del núcleo, sucede que esta agua empapa por dentro a los papeles aislantes, provocando que se fugue la tensión a través del líquido o lo que puede ser peor; problemas de aislación.

❖ Temperatura de trabajo:

Se acepta que la máquina se entibie, es decir que, colocando la mano sobre el núcleo, no queme, algunos transformadores poseen incorporados un interruptor térmico, el cual se desconecta al alcanzar cierta temperatura. Sin embargo, esto es más común para transformadores de una elevada potencia. Del mismo modo y dependiendo del tipo de barniz dieléctrico utilizado, la temperatura de trabajo puede ser más alta, esto lo especifica el fabricante. La parte de la máquina que se entibia son los bobinados, debido a que está circulando un flujo de electrones a través de ellos y por otra parte el núcleo, el cual se recalienta por corrientes parásitas también llamadas, corrientes de Foucault. Por ende, cualquiera sea el motivo, un sobrecalentamiento peligroso en cualquiera de estas dos partes, irá acompañado de un olor muy característico correspondiente al barniz quemado.

❖ Altas corrientes o sobretensiones:

Un aumento de carga exige mayor potencia de alimentación, lo cual podría sobrecargar al transformador en sí, provocando un aumento en la temperatura y problemas de aislación.

❖ Mala manipulación:

Una de las fallas más típicas en transformadores es el factor humano. Vale decir, si es que se traslada indebidamente a la máquina y se le somete a golpes, ésta se debilita, pues tienden a soltarse internamente las espiras del bobinado. Aparte un indebido almacenamiento (próximo a humedad y suciedad), podrían provocar fallas internas. Pero por sobre todo esto, nos referimos más particularmente al conexionado de éste, vale decir conectar al primario la corriente de entrada y al secundario las cargas, y no al revés, sea tanto para un transformador elevador como reductor y más particularmente cuando este posee más de un primario y tomas en el secundario.

Habiendo analizado las fallas se puede deducir que en lo principal, la vibración, la temperatura, y la humedad derivan en problemas de aislación. Por ende, como características adicionales al material del polímero, este producto en particular debe ser, rígido, e impermeable, pero además, debido a que se utilizará un polímero, los cuáles son inflamables, se le adicionará un catalizador auto extingible y otro antiestático. El primero por seguridad y el segundo para evitar que tienda a acumular polvo sobre la superficie del polímero.

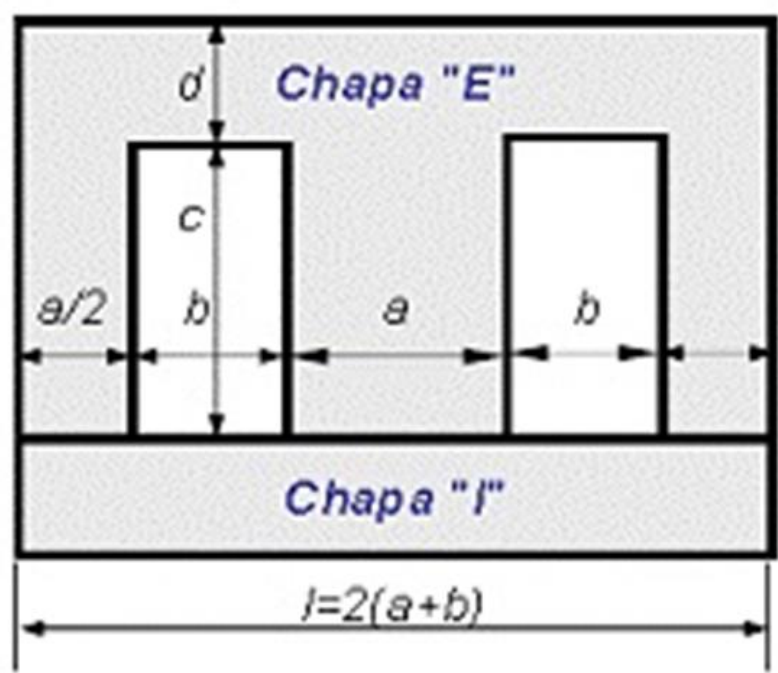
1.2. LA FUNCIÓN

La función de este producto, como la de cualquier cajetín es la de servir de soporte o sostén de los bobinados primario y secundario, además de ser la pieza aislante intermedia entre el núcleo del transformador y los bobinados anteriormente mencionados.

1.3. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Debido a que la limitante principal es la máquina de la que se dispone y como el cajetín debe encajar en otra pieza, se optó por dimensionar al producto de acuerdo al espacio en la máquina y también de acuerdo al núcleo en donde encaja, el cual está constituido por láminas o chapas.

La chapa en donde debe calzar el producto es una chapa “E”, la cual coincide vecinamente con una chapa “I”, formando un núcleo cerrado. A continuación se detalla la geometría de las chapas.



Fuente: diseño de transformadores monofásicos en monografías.com

Figura 1-1. Chapas “E” e “I” de un transformador monofásico tipo acorazado

En consecuencia, las limitantes geométricas del caso son el ancho del cubo (distancia “a”), el ancho del alerón (distancia “b”) y el alto de las entrantes (distancia “c”).

1.3.1. Cálculo de la potencia del transformador, del área de la sección del núcleo y del número de chapas necesarias

Se tiene que el supuesto transformador para nuestro cajetín deberá alimentar una carga de a lo mucho 10 W de potencia eléctrica. Y además el material del núcleo es un hierro de grano orientado con un factor de potencia del hierro de 0,7. Así pues se calcula la potencia aparente del transformador;

$$P_{\text{real}} = 10 \text{ W}$$

$$S = P_{\text{real}} / F_{\text{hierro}} \qquad \text{[Fórmula 1-1]}$$

- Dónde:
- S : Potencia aparente, VA
 - P_{real} : Potencia real, 10 W
 - F_{hierro} : Factor de potencia del hierro, 0,7

Reemplazando valores en la Fórmula 1-1:

$$S = 10 / 0,7$$

$$S = 14,2 \text{ VA}$$

Con la Potencia aparente, se puede calcular el área de la sección del núcleo necesaria para alimentar la carga. Se tiene que:

$$A_{\text{núcleo}} = \sqrt{S} \quad [\text{Fórmula 1-2}]$$

Dónde:

$A_{\text{núcleo}}$: Área del núcleo, cm^2

S : Potencia aparente, 14,2 VA

Reemplazando valores en la Fórmula 1-2:

$$A_{\text{núcleo}} = \sqrt{14,2}$$

$$A_{\text{núcleo}} = 3,8 \text{ cm}^2$$

Ahora bien, con el área del núcleo calculamos el largo, sabiendo que el cubo del cajetín será cuadrado. Nos queda;

$$L_{\text{núcleo}} = \sqrt{A_{\text{núcleo}}} \quad [\text{Fórmula 1-3}]$$

Dónde:

$L_{\text{núcleo}}$: Largo del núcleo, cm

$A_{\text{núcleo}}$: Área del núcleo, $3,8 \text{ cm}^2$

Reemplazando valores en la Fórmula 1-3:

$$L_{\text{núcleo}} = \sqrt{3,8}$$

$$L_{\text{núcleo}} = 1,9 \text{ cm} = 19 \text{ mm}$$

Y finalmente para determinar el número de chapas, basta con dividir el largo del núcleo con el espesor de cada chapa. Tenemos pues;

$$N^{\circ}_{\text{chapas}} = L_{\text{núcleo}} / e_{\text{chapas}} \quad [\text{Fórmula 1-4}]$$

Dónde:

$N^{\circ}_{\text{chapas}}$: Número de chapas

$L_{\text{núcleo}}$: Largo del núcleo, 19 mm

e_{chapas} : Espesor de cada chapa. 0,3 mm

Reemplazando valores en la Fórmula 1-4:

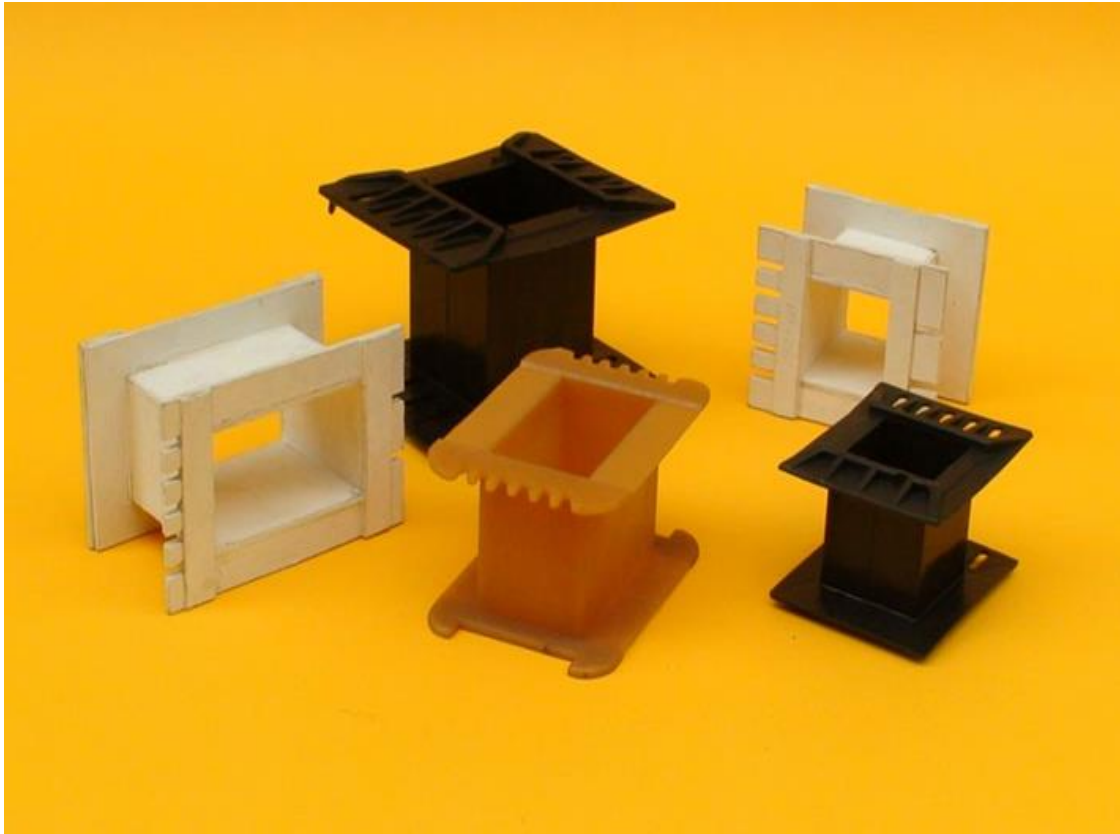
$$N^{\circ}_{\text{chapas}} = 19 / 0,3$$

$$N^{\circ}_{\text{chapas}} \approx 65 \text{ chapas}$$

Por ende, para que el transformador alimente con 10 W a nuestra carga, requerirá de un núcleo de aproximadamente 65 chapas aisladas entre sí. Las cuáles caben armoniosamente en un cajetín cuadrado de 20 x 20 mm.

1.3.2. Productos similares

Existen productos similares, por ejemplo; cajetines con bocados en “U” y cajetines perforados (color negro, véase imagen), lo cual se utiliza para sostener de una forma ordenada los cables de alimentación.



Fuente: construcción de un transformador casero en videorockola.com

Figura 1-2. Diversos tamaños de cajetines surtidos

El diseño propio aprovechará que la potencia del transformador no supera los 250 W para proponer un alerón central, el cuál es denominado como “doble cajetín”. Se hace especial hincapié en que no es aconsejable utilizar el “doble cajetín” cuando el transformador supera los 250 W. Una ventaja especial que proporciona el “doble cajetín” para transformadores pequeños es que en caso de quemarse un bobinado el otro queda intacto, pues son arrollados no uno sobre el otro, sino que independientemente, uno arriba del otro.

1.4. EL MATERIAL

El material consiste en un Polipropileno con un 2,5 % de contracción, y con aditivos del tipo auto extingüibles, antiestáticos, y opcionalmente algún aditivo plastificante. Esto con la mera intención de mejorar las propiedades del polímero virgen. Por ejemplo un aditivo plastificante mejora la resistencia a los rayos UV, la brillantez del color, o incluso propiedades de conformado como durabilidad. En cambio un aditivo antiestático, evita que se acumule polvo en la superficie del producto final, cuando sea usado en el transformador debido a las corrientes inducidas, y por otra parte, un aditivo auto extingüible, evitará que empiece a arder al contacto con una llama.

1.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

❖ Densidad:

De 0,895 a 0,92 g/cm³.

❖ Color:

Su tonalidad natural va desde ligeramente transparente hasta opaca. Se puede teñir en muchos colores opacos con alto brillo superficial.

❖ Propiedades mecánicas:

Rigidez, dureza y resistencia más altas que en el Polietileno, pero menor resistencia al impacto con probeta entallada. Se puede fijar con clavos. Es conveniente reforzar con fibras de vidrio las piezas sometidas a grandes esfuerzos.

❖ Propiedades eléctricas:

Parecidas a las del Polietileno. Características dieléctricas independientes de la frecuencia; por lo tanto, no es posible ningún calentamiento por altas frecuencias. Sus acusadas propiedades aislantes hacen que tienda a cargarse electrostáticamente y a acumular polvo, por lo cual se recomienda agregarle aditivos antiestáticos.

❖ Propiedades térmicas:

A temperaturas elevadas, el Polipropileno puro tiende a oxidarse; por consiguiente, todos los tipos de Polipropileno tienen que estabilizarse. Su temperatura de uso máxima en el aire es de 110 °C; si la estabilización es más fuerte y los tipos están reforzados, la temperatura de uso puede ser algo mayor. La temperatura de fragilización es de 0 °C; la de los tipos modificados es algo inferior.

1.6. MÁQUINA A UTILIZAR

La máquina inyectora corresponde a una Intertech - INT-60, la cual inyecta 60 g para el PS, un ciclo de inyección para sacar dos de estos productos más mazarota requiere de 45 g de material aproximadamente, debido a que cada carrete masa 20 g.



Fuente: taller edificio "C", Lab. C.1.60

Figura 1-3. Máquina inyectora Intertech - INT-60

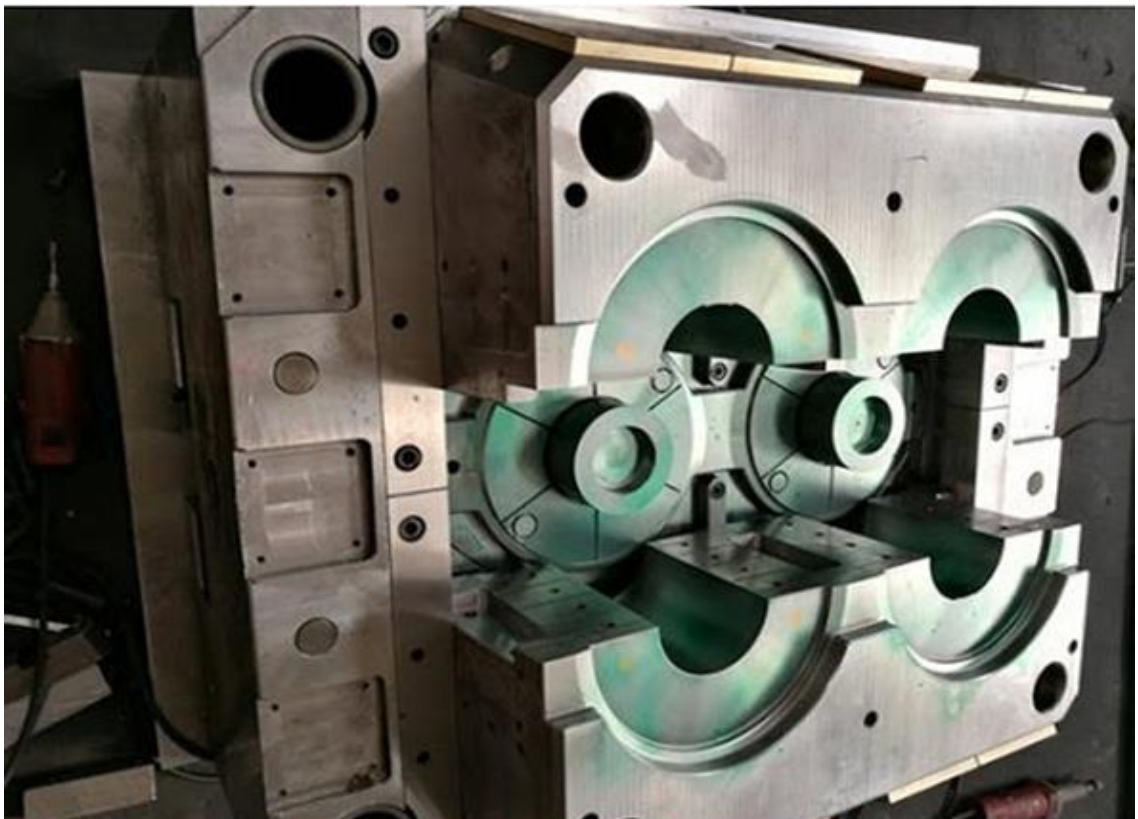
CAPÍTULO 2: EL MOLDE

2. EL MOLDE

Este molde se empezó a diseñar desde su conjunto fijo hasta el móvil, empezando en realidad desde las cavidades, es decir, desde el centro hacia las placas base.

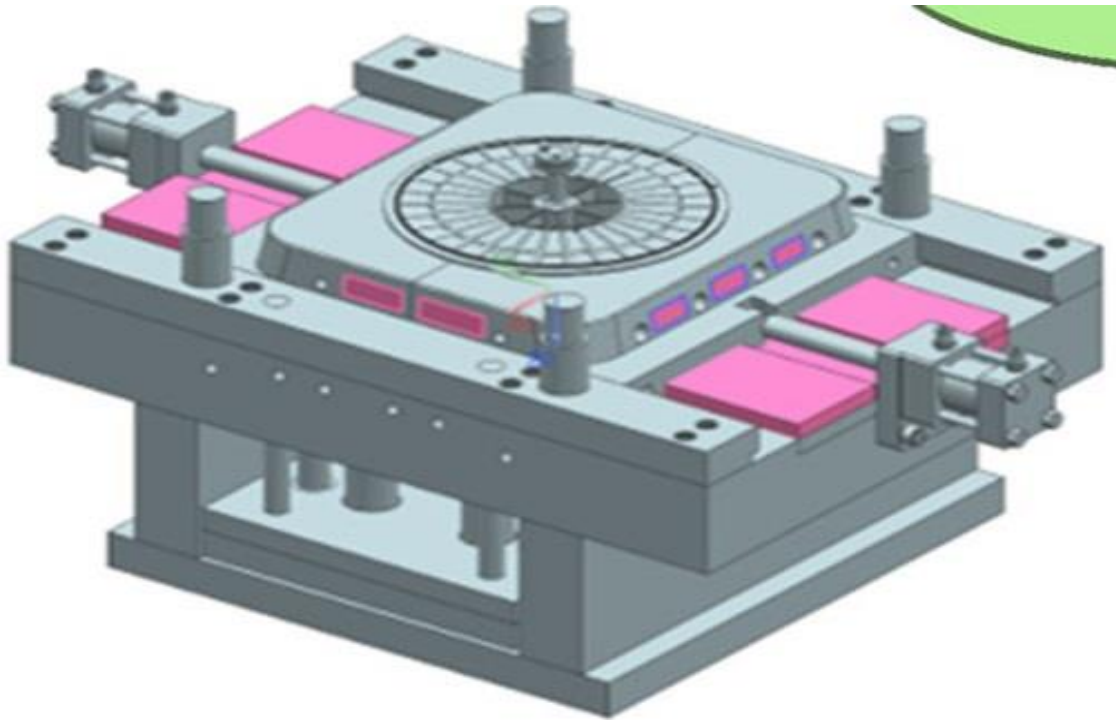
Las cavidades no fueron fáciles de imaginar, y luego de muchos bocetos e intentos de formar la idea, se determinó que el molde debía de tener unos carros transversales que liberaran la pieza para así formar los alerones o aletas del carrete-cajetín.

De hecho buscando ideas similares, se encontró que los moldes de columnas inclinadas similares a los que se requería en este caso, eran los que fabricaban carretes de hilo para coser o carretes de lienza de pescar.



Fuente: <http://es.injectmould.com/roduct-mould/plastic-spool-mould/plastic-mould-for-spool.html>

Figura 2-1. Molde de inyección para carrete de lienza de pescar



Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/plastic-injection-reel-mold-for-wire-coil-60820921053.html>

Figura 2-2. Molde de inyección con cilindros hidráulicos

2.1. DISEÑO DE LA PLACA PORTA POSTIZO

Se procedió pues a diseñar la placa que alojaría a los núcleos, la cuál debía de tener las piezas dispuestas en un cuadrado de 114 x 114 mm, con la intención de que pudieran ser desalojadas las piezas por los botadores, los cuáles se restringían a esa medida por las placas paralelas.

Habiendo considerando el detalle de la botadura de las piezas, se determinó llenarlas por el alerón central aprovechando la simetría del producto, por medio de canales de estrangulamiento, los cuáles se fabricarían a mano con lima.

Se consideró fabricar los postizos en acero SAE 1045, con tratamiento térmico de nitrurado, debido a su durabilidad, puesto que hay mucho roce entre los carros móviles y los postizos, aunque si no fuera necesaria una gran producción, estos postizos tanto móviles como fijos podrían ser de duraluminio.

De hecho elegir un material más blando, desencarecería las horas de mecanizado de los postizos y los tratamientos térmicos de los mismos. Aunque puede que con el roce se gasten mucho más rápido.

De todas maneras se estimaron los costos que veremos en el siguiente capítulo en base a un acero SAE 1045 con tratamiento de nitrurado, para dejar una holgura de precios y así estimar estos costos en base a la opción más cara primero. Así, si se fabricasen de duraluminio, se evidenciaría que sobraría un margen de dinero que se podría aprovechar en otros detalles futuros, como una posible mantención.

2.2. ÁREA TOTAL PROYECTADA EN LAS LÍNEAS DE CIERRE DEL MOLDE

Para calcular la Fuerza Total de Cierre, se procedió a calcular el área proyectada en las líneas de cierre del molde, las cuáles eran dos, debido a que el molde se abre tanto hacia atrás, como verticalmente sus postizos laterales. He aquí el cálculo;

$$\dot{A}_{total} = \dot{A}_{lcm} + \dot{A}_{ca} + \dot{A}_{lcc} \quad [Fórmula 2-1]$$

Dónde:

$\dot{A}_{total}$: Área total, mm²

$\dot{A}_{lcm}$: Área en la líneas de cierre del molde, 3.200 mm²

$\dot{A}_{ca}$: Área de los canales de alimentación, 170,24 mm²

$\dot{A}_{lcc}$: Área en las líneas de cierre de los carros, 169 mm²

Reemplazando valores en la Fórmula 2-1:

$$\dot{A}_{total} = 3.200 + 170,24 + 169$$

$$\dot{A}_{total} \approx 3.539 \text{ mm}^2$$

Como se aprecia, los canales de alimentación también se consideran, debido a que se encuentran en la línea de cierre de este molde, precisamente entre los postizos laterales.

2.3. FUERZA TOTAL DE CIERRE DEL MOLDE

Se procedió pues, a calcular la fuerza de cierre necesaria para que el molde no abra, y por ende, no escurra material. La fórmula utilizada ha sido la siguiente;

$$F_{tc} = P_i \times \dot{A}_{total}$$

[Fórmula 2-2]

Dónde:

F_{tc} : Fuerza total de cierre, kp

P_i : Presión de inyección para el PP, 543 kp/cm²

$\dot{A}_{total}$: Área total, 35,39 cm²

Reemplazando valores en la Fórmula 2-2:

$$F_{tc} = 543 \times 35,39$$

$$F_{tc} \approx 19.218 \text{ kp} \approx 20 \text{ ton}$$

Ha dado como resultado aproximadamente 20 ton de fuerza de cierre total. Se recuerda, que la máquina tiene capacidad para 60 ton de fuerza de cierre.

2.4. DIAGRAMA DE LA PLACA SOPORTE

Para facilitar la comprensión de este molde se ha procedido a diseñar un boceto rápido y didáctico.

La placa soporte debe aguantar la presión de inyección para que el molde no se pandee, lo que podría provocar que se escurra material.

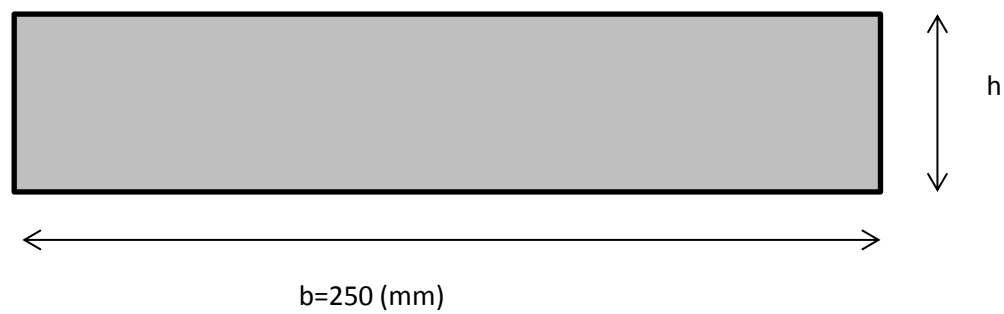


Fuente: elaboración propia en base a software MS-Word

Figura 2-3. Diagrama esquemático de la placa soporte

2.5. SECCIÓN DE LA PLACA SOPORTE

Nótese aquí que la sección transversal de la placa pintada en gris, se ha individualizado con la intención de mostrar posteriormente la importancia del cálculo de momento flector.



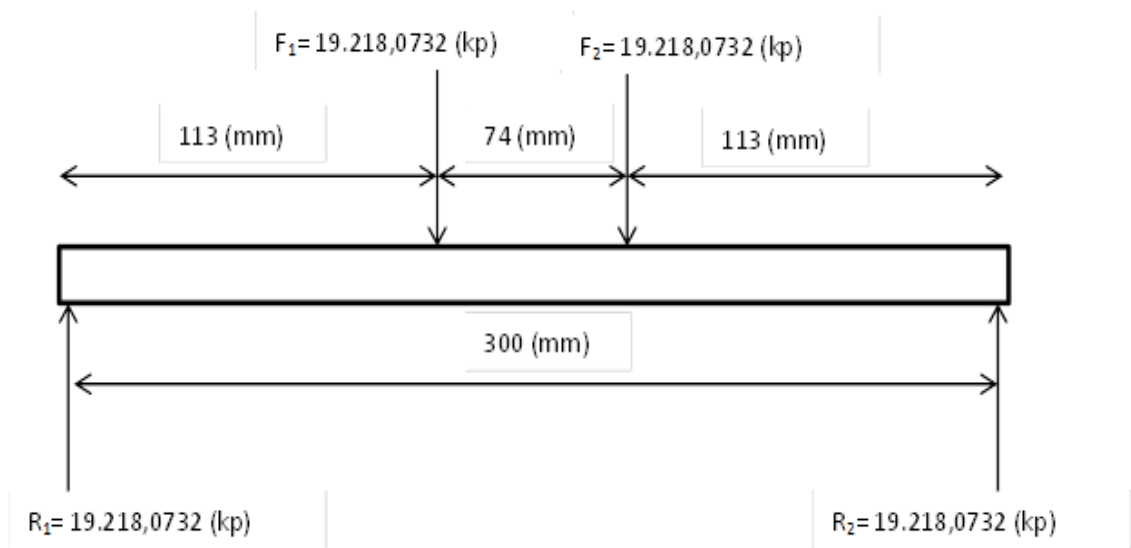
Fuente: elaboración propia en base a software MS-Word

Figura 2-4. Diagrama esquemático de la sección de la placa soporte

A continuación, se realiza un tercer diagrama, correspondiente a las fuerzas que actúan sobre el molde.

2.6. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA PLACA SOPORTE

Se ve pues, la disposición de las fuerzas considerada desde el centro de las cavidades y sus reacciones, considerando a dos cavidades.



Fuente: elaboración propia en base a software MS-Word

Figura 2-5. Diagrama esquemático de las fuerzas en la placa soporte

2.7. CÁLCULO DE LA ALTURA DE LA PLACA SOPORTE

Teniendo ya a estos antecedentes, se procede a calcular el momento flector para dos cavidades, el cuál es un cálculo distinto de si fuera una sola cavidad, puesto que el momento flector en ambos casos es diferente. Se tiene la fórmula general:

$$\sigma = \{M_{\text{flector máx}} \times d \times (h/2)\} / \{(b \times h^3) / 12\} \quad [\text{Fórmula 2-3}]$$

Dónde:

σ : Momento flector del acero SAE 1045, 1.200 kp/cm²

$M_{\text{flector máx}}$: Momento flector máximo, kp/cm²

d : Distancia a la línea de acción de la fuerza, 11,3 cm

h : Altura de la placa soporte, cm

b : Base de la sección de la placa, 25 cm

Luego se procede a despejar “h” que es la altura o espesor que se busca. Véase a continuación;

$$h_{\text{total}} = \sqrt{(6 \times R_1 \times d) / (b \times \sigma)} \quad [\text{Fórmula 2-4}]$$

Dónde:

h_{total} : Altura total desde la base del postizo hasta los soportes paralelos, cm

R_1 : Reacción 1, 19.218,0732 kp

d : Distancia a la línea de acción de la fuerza, 11,3 cm

b : Base de la sección de la placa, 25 cm

σ : Momento flector, 1.200 kp/cm²

Reemplazando valores en la Fórmula 2-4:

$$h_{\text{total}} = \sqrt{(6 \times 19.218,0732 \times 11,3) / (25 \times 1.200)}$$

$$h_{\text{total}} = \sqrt{(1.302.985,363) / (30.000)}$$

$$h_{\text{total}} = \sqrt{(43,432)}$$

$$h_{\text{total}} = 6,59 \text{ cm} = 65,9 \text{ mm}$$

Ahora pues, habiendo encontrado la altura total desde la base del postizo núcleo, se debe hacer una resta para determinar la altura de solamente la placa soporte, ya que las demás placas como la porta postizo de los núcleos también aporta y/o comparte sustentabilidad al molde, es decir la placa soporte es un apoyo y no trabaja sola. Veamos el siguiente cálculo;

$$h_{\text{ps}} = h_{\text{total}} - (h_{\text{pp}} - h_{\text{p}}) \quad [\text{Fórmula 2-5}]$$

Dónde:

h_{ps} : Altura de la placa soporte, mm

h_{total} : Altura total desde la base del postizo hasta los soportes paralelos, 65,9 mm

h_{pp} : Altura de la placa portapostizo, 44 mm

h_{p} : Altura del postizo, 20 mm

Reemplazando valores en la Fórmula 2-5:

$$h_{\text{ps}} = 65,9 - (44 - 20)$$

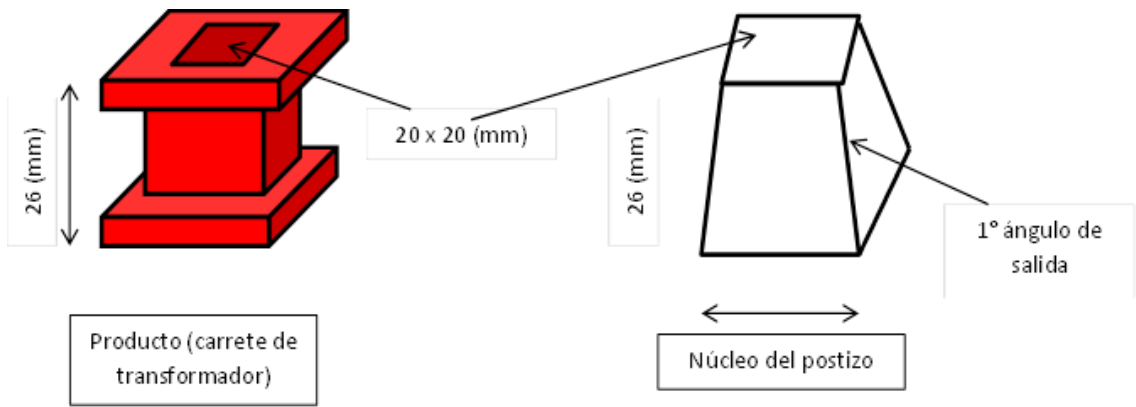
$$h_{\text{ps}} = 65,9 - 24$$

$$h_{\text{ps}} \sim 42 \text{ mm}$$

Así pues, esto quiere decir que el espesor de la placa soporte avalado por los anteriores cálculos debe ser de 42 mm a lo menos.

2.8. CÁLCULO DEL NÚMERO DE EXTRACTORES NECESARIOS

Se verá por un momento un último diagrama, para determinar el número mínimo de extractores para este molde.



Fuente: elaboración propia en base a software MS-Word

Figura 2-6. Diagrama esquemático del producto y su ángulo de salida

Sea pues, dos cavidades para cada ciclo de inyección, en donde se inyectará el carrete de transformador, el cuál por motivos estéticos y para simplificar el esquema anterior se le ha sustraído por un momento el alerón central que no hay que olvidar que si considera este diseño. Se calcula de la siguiente forma;

$$\hat{A}_{totalcnp} = \hat{A}_{cn} \times N^{\circ}_{caras} \times N^{\circ}_{cavidades}$$

[Fórmula 2-6]

Dónde:

$\hat{A}_{totalcnp}$: Área total de contacto entre núcleo y producto, mm²

$\hat{A}_{cn}$: Área de una cara del núcleo, 20,90 mm²

N°_{caras} : Número de caras, 4

$N^{\circ}_{cavidades}$: Número de cavidades, 2

Reemplazando valores en la Fórmula 2-6:

$$\dot{A}_{totalcnp} = 20,90 \times 26 \times 4 \times 2$$

$$\dot{A}_{totalcnp} \approx 4.347 \text{ mm}^2$$

Ahora bien se procede a sacar el 1 % de esta área y se ingresa en la siguiente fórmula;

$$N^{\circ}_{en} = (1 \text{ \% del } \dot{A}_{total}) / \{(\pi / 4) / \varnothing^2\} \qquad \qquad \qquad \text{[Fórmula 2-7]}$$

Dónde:

N°_{en} : Número de extractores necesarios

$\dot{A}_{total}$: Área total, 4.347 mm²

$\varnothing$: Diámetro del expulsor, 5 mm

π : Pi, 3,14

Reemplazando valores en la Fórmula 2-7:

$$N^{\circ}_{en} = (43,472) / \{(0,785) / 5^2\}$$

$$N^{\circ}_{en} \approx 3$$

Así pues se ha determinado y justificadamente por estos cálculos que el número mínimo de extractores es de tres, y que siempre se aproxima hacia arriba este valor, pero aprovechando la geometría de la pieza, se le han puesto en total nueve extractores, cuatro por cada esquina del cajetín, y uno central para la mazarota, en total nueve, puesto que son dos cavidades por ciclo de inyección.

CAPÍTULO 3: LOS COSTOS

3. LOS COSTOS

El tiempo total de diseño del molde fue de 96 horas considerando que se diseñó prácticamente desde cero. Solamente algunos elementos comerciales fueron sacados de las páginas totalmatrix.com y/o hasco.com, como por ejemplo las columnas o los bujes que son elementos comerciales.

Se ha considerado un valor diseño de 5.000 \$/hr, a continuación se detallará el estimado en el software MS-Excel 2010, que ofrece Windows 7.

1. Costos de diseño	
Valor hora de diseño	\$ 5.000
Tiempo de diseño (hr)	96
Neto	\$ 480.000
Iva	\$ 91.200
Total	\$ 571.200

Fuente: estimación propia en base a las horas de diseño utilizando el software MS-Excel 2010

Tabla 3-1. Costos de diseño

El total neto, ha dado \$ 571.200.

3.1 COSTOS DE MATERIALES Y HORAS DE MECANIZADOS

Así mismo se incluyen los costos y tiempos de fresa y banco, las cuales incluyen un pulido manual del molde, y la puesta a punto, además de trabajos con lima de las placas y las piezas fabricadas, los elementos comerciales anteriormente mencionados se han evaluado de TotalMatrix y Hasco. Así pues, se tiene lo siguiente:

Lista de materiales y tratamientos térmicos				Lista de horas de mecanizado	
Componente	Cantidad	Material	Tratamiento térmico	Fresadora (horas)	Trabajo en banco (horas)
Bebedero	1	-	-	-	0,5
Buje guía	4	Latón	-	-	0,5
Postizo cavidad	2	SAE 1045	Nitrurado	3	2
Columna inclinada	4	-	Temple	-	0,5
Columna paralela	4	-	Temple	-	0,5
Carro corredera delantero	2	SAE 1045	Temple	4	1
Carro corredera trasero	2	SAE 1045	Temple	4	1
Expulsor	9	-	-	-	0,5
Postizo núcleo	2	SAE 1045	Nitrurado	4	2
Placa base inferior	1	SAE 1020	-	2,5	0,5
Placa base superior	1	SAE 1020	-	3	0,5
Placa extractores	1	SAE 1045	Temple	2	0,25
Placa soporte	1	SAE 1045	Temple	8	2
Placa vástago	1	SAE 1045	Temple	2	0,25
Placa porta cavidad	1	SAE 1045	Temple	7	3
Placa porta núcleo	1	SAE 1045	Temple	5,5	3
Postizo lateral delantero	2	SAE 1045	Nitrurado	6	1
Postizo lateral trasero	2	SAE 1045	Nitrurado	6	1
Regla guía de los carros	2	SAE 1045	Temple	3	1
Soporte paralelo	2	SAE 1045	Temple	3	1
			Total de horas	63	22

Fuente: estimación propia en base a los componentes del molde de inyección utilizando el software MS-Excel 2010, nótese que algunos elementos comerciales se cotizaron de la página Web Totalmatrix.com y salen omitidos con un guión.

Tabla 3-2. Lista de materiales, tratamientos térmicos y horas de mecanizado

El material de las placas es acero SAE 1045, exceptuando las placas bases las cuales son de acero SAE 1020, esto porque si se hicieran de un acero demasiado duro, podrían fisurarse o quebrarse debido al endurecimiento.

Los postizos por su parte también se han considerado de acero SAE 1045 pero con un tratamiento de nitrurado, por cómo se mencionó anteriormente, desgaste en lo principal.

Las horas en fresa dan un total de 63 horas y el trabajo en banco el cual incluye el armado y la puesta a punto 22 horas.

3.2. COSTOS TOTALES, DE MECANIZADO CNC Y TRATAMIENTOS
TÉRMICOS

Sea pues 25.000 \$/hr de fresa CNC y 20.000 \$/hr de trabajo de banco. Así se muestra a continuación;

Valor hora fresa CNC	\$ 25.000
Valor hora trabajo de banco y puesta a punto	\$ 20.000

Fuente: estimación propia en base a las horas de mecanizado utilizando el software MS-Excel 2010

Tabla 3-3. Valores de hora máquina y trabajo de banco

En base a las horas de mecanizado anteriormente mostradas, se evidencia que el valor de los costos totales de mecanizado es de \$ 2.397.850. A continuación se muestran tabulados los valores:

Valor neto fresa CNC	\$ 1.575.000
Valor neto banco	\$ 440.000
Valor neto total	\$ 2.015.000
IVA	\$ 382.850
2. Costo total mecanizado	\$ 2.397.850

Fuente: estimación propia en base a las horas de mecanizado utilizando el software MS-Excel 2010

Tabla 3-4. Costos totales de mecanizados

Pero también se ha de considerar los costos de los tratamientos térmicos, así es que se tiene:

3. Costos de materiales y tratamientos térmicos	\$ 268.895
---	------------

Fuente: estimación propia en base a las horas de mecanizado utilizando el software MS-Excel 2010

Tabla 3-5. Costos de materiales y tratamientos térmicos

En total \$ 268.895, de acuerdo a los requerimientos del molde mostrados en tabla anteriormente.

Vale recalcar además el uso y cantidad de la tornillería estimada desde totalmatrix.com:

4. Tornillería	
Componente	Cantidad
Perno limitador amarre cavidad	4
Perno limitador amarre conjunto móvil	8
Perno limitador amarre placa base superior	4
Perno limitador amarre placa porta núcleo	4
Perno limitador amarre regla guía	8
Perno limitador carros laterales	6
Perno limitador columnas inclinadas	4
Perno limitador amarre nucleo	4
Perno achaflanado M10 x 1	4

Fuente: estimación propia en base al software MS-Excel 2010

Tabla 3-6. Tornillería necesaria

Así pues, se determinan los costos totales del molde:

Costos del molde de inyección	
1. Costos de diseño	\$ 571.200
2. Costo total mecanizado	\$ 2.397.850
3. Costos de materiales y tratamientos térmicos	\$ 268.895
4. Tornillería y elementos comerciales	\$ 37.650
Sub total	\$ 3.275.595
Utilidad 30%	\$ 982.679
Total	\$ 4.258.274

Fuente: estimación propia en base a las horas de mecanizado utilizando el software MS-Excel 2010

Tabla 3-7. Costos totales del molde de inyección

Dando un total de \$ 4.258.274, los cuales equivalen a la fecha del 06 de agosto de 2021 a 143,08 UF.

Considerando una utilidad del 30 % y una producción de 350.000 unidades se estima que el valor de cada cajetín es de \$ 12,1665.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye en primera instancia que el diseño del cajetín conviene hacerlo sin doble cajetín o alerón central para transformadores monofásicos de más elevada potencia. En concordancia con el objetivo principal o general, se ha conseguido elaborar un diseño teórico, que de acuerdo a las características del material que lo compone, perfectamente se podría fabricar y usar en un transformador de núcleo tipo acorazado.

En segundo lugar y en concordancia con el primer objetivo específico, se ha de concluir que las fallas más típicas redundan en problemas de aislación debido a que es una máquina en donde su principio de funcionamiento y seguridad se basa en la aislación tanto entre bobinado primario y bobinado secundario, en el aislamiento con el núcleo de chapas, tanto a tierra como aisladas entre sí, y entre los bobinados y el núcleo.

En conclusión para el segundo de los objetivos específicos se puede decir que se ha logrado el diseño del molde en su totalidad, se ha otorgado a éste de dos cavidades para que cuando sea oportuno, se pueda fabricar este molde y así sacar la pieza o producto final de forma óptima.

Para el tercer y último objetivo específico se puede decir que se ha logrado dar con un estimado del valor del molde completo en \$ 4.258.274. Con esto se acerca a la realidad de poder decidir entre este u otra posible opción, para lo cual se comparará este valor en un momento y/o caso futuro con otras opciones y otras tecnologías.

Así mismo y habiendo concluido, se procederá a dar las recomendaciones finales del caso.

Se recomienda aplicarle especial detalle al cálculo de la placa soporte entre otros que son sometidos a cargas por la presión de inyección.

Así mismo y en concordancia con la máquina a utilizar, se recomienda medir minuciosamente el espacio entre columnas en la zona de montaje de la máquina misma.

Y también, por último, sería una muy buena idea diseñarle un tipo de apoyo o tope a las columnas inclinadas cuando el molde está en la posición de inyección, es decir, cerrado, con la mera finalidad de que las columnas no se pandeen con la presión de inyección que podría tender a abrir los carros, formando rebabas en el producto final.

Puesto que se ha de determinar muy precisamente las carreras, tanto del molde como de los carros deslizables, debido a que las columnas que están inclinadas, soportan una fuerza axial cortante que las tiende a doblar hacia el interior del molde mismo y por supuesto, porque necesita expulsar la pieza sin que se salgan de sus guías los carros que son móviles

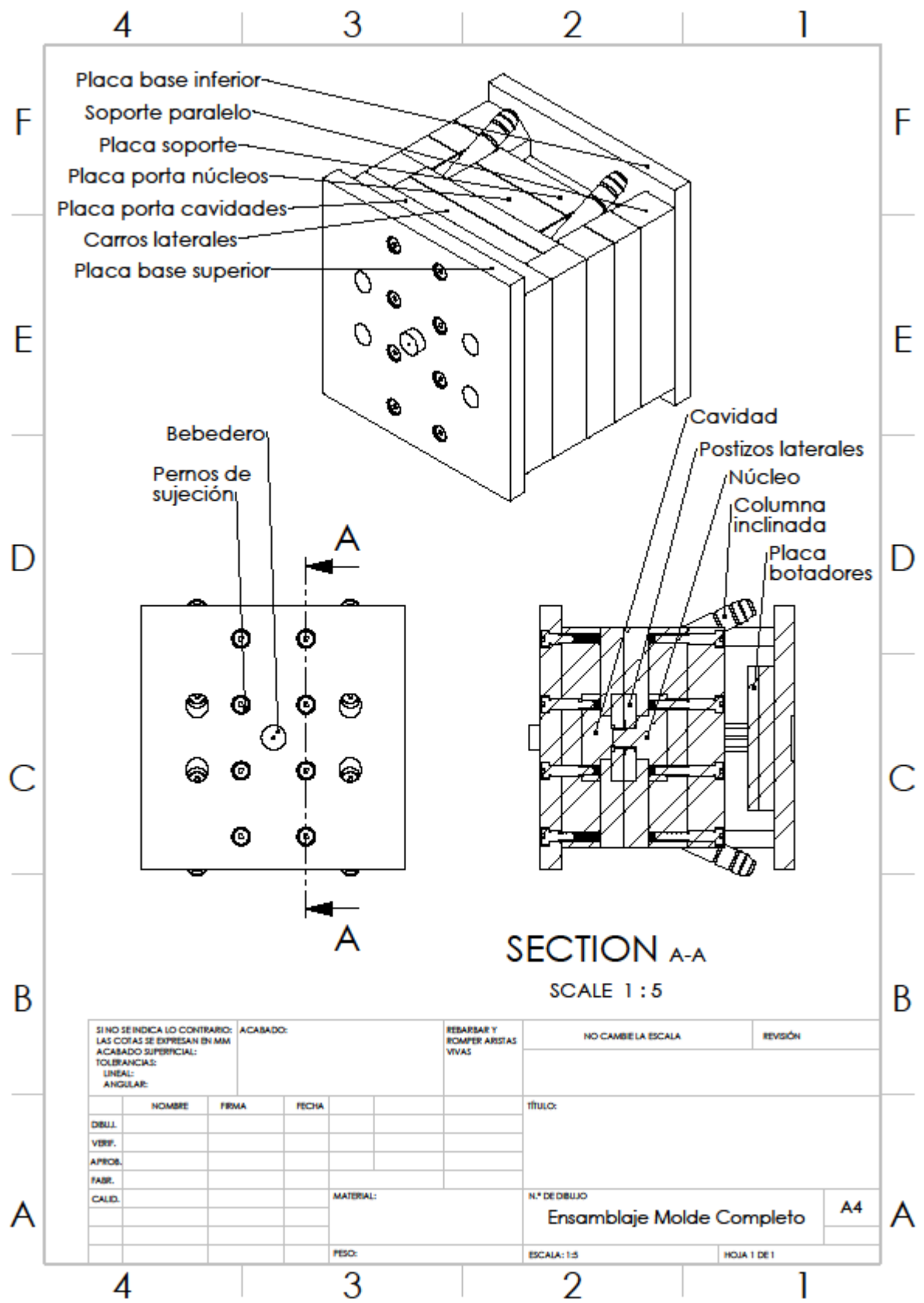
BIBLIOGRAFÍA

Web sites consultados:

- ❖ <http://www.videorockola.com/tutoriales/como-calcular-el-transformador-para-su-amplificador/>
- ❖ <https://unicrom.com/calculo-de-transformadores/>
- ❖ https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_de_transformadores
- ❖ <https://edisontechcenter.org/Transformers.html>
- ❖ <https://www.monografias.com/trabajos93/transformadores-monofasicos/transformadores-monofasicos.shtml>
- ❖ <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polipropileno/index.cshtml>

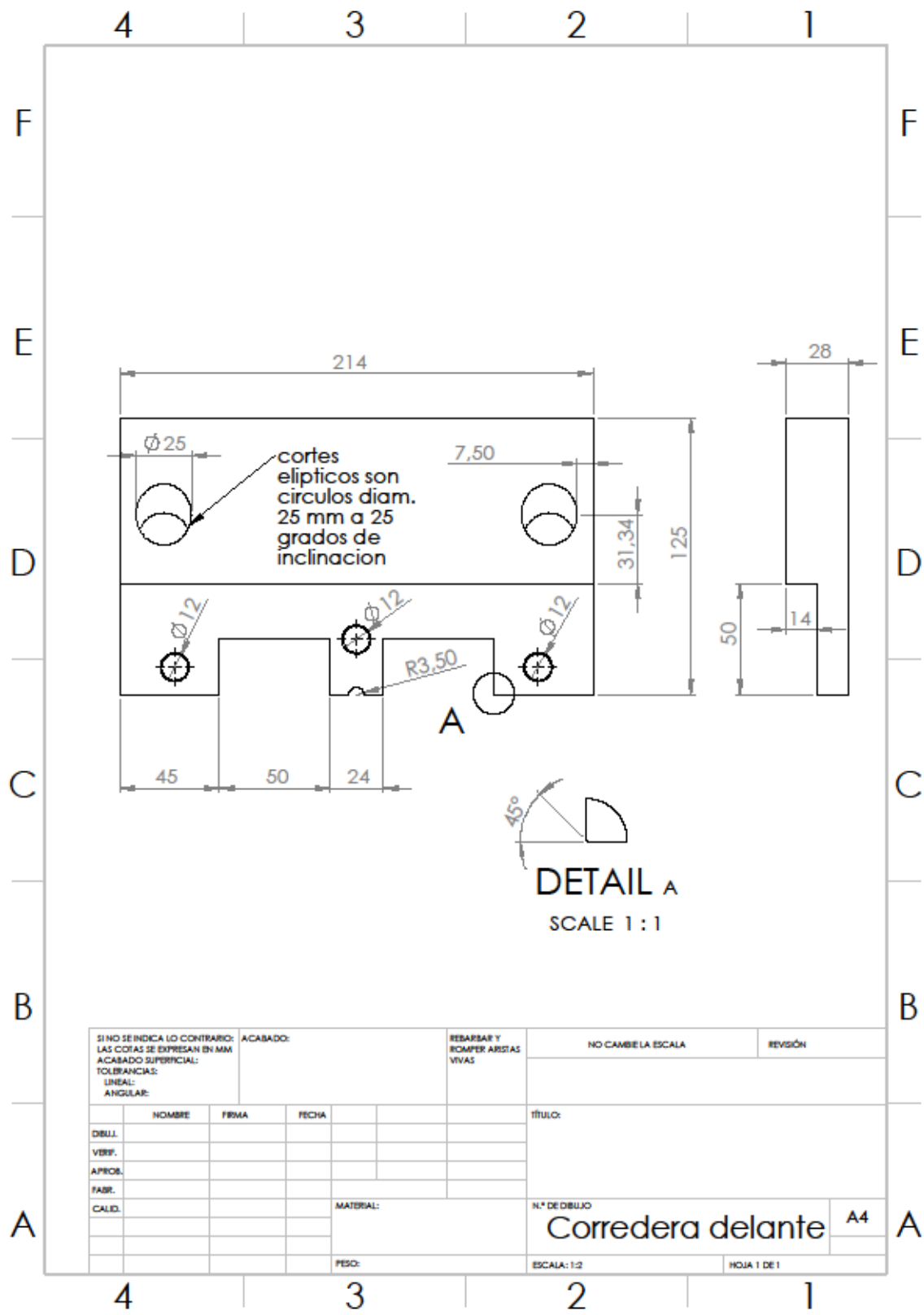
ANEXOS: PLANOS DE FABRICACIÓN

PLANO 1. ENSAMBLAJE MOLDE COMPLETO

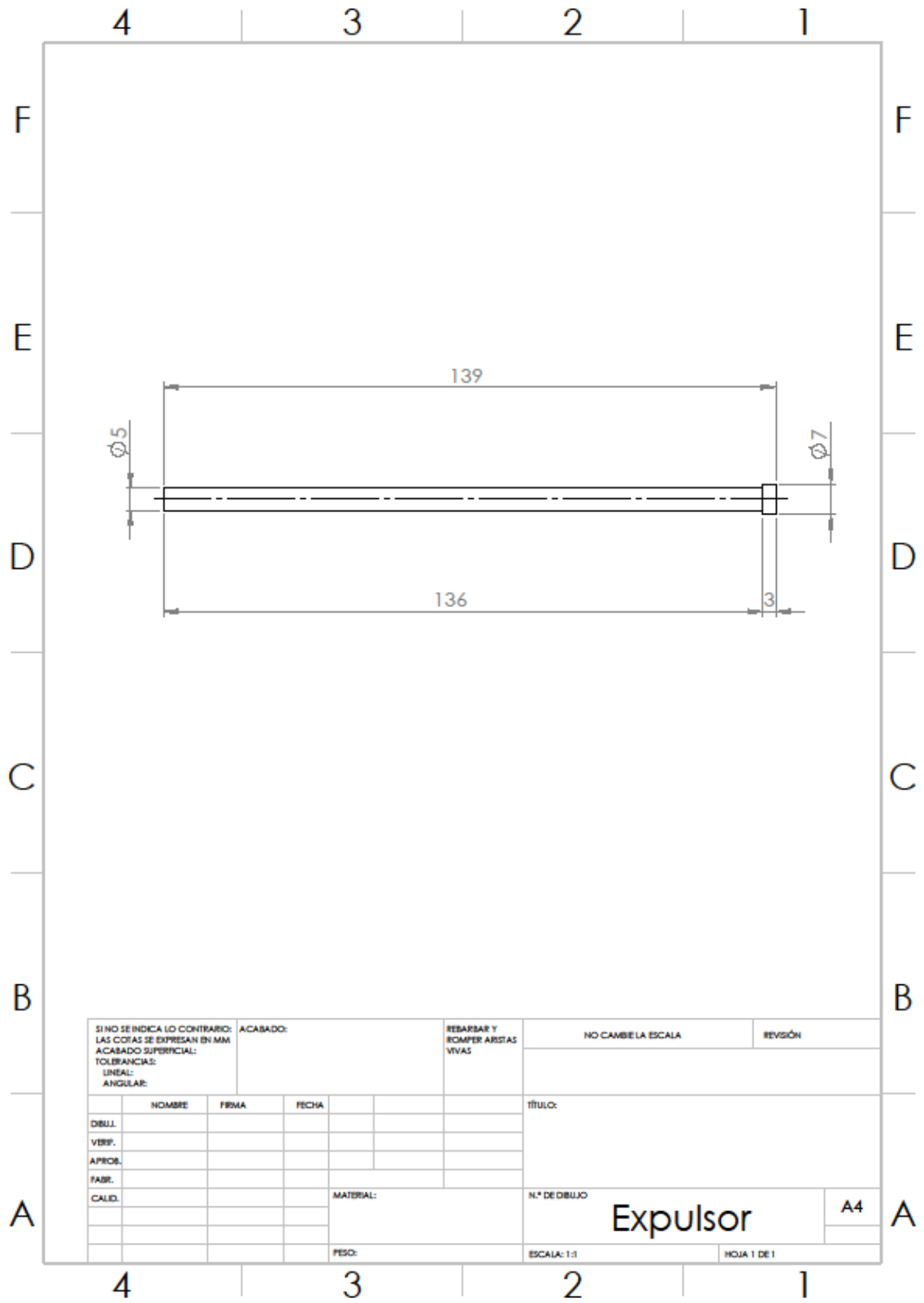


PLANO 2. CAVIDAD

PLANO 3. CORREDERA DELANTERA



PLANO 4. CORREDERA TRASERA

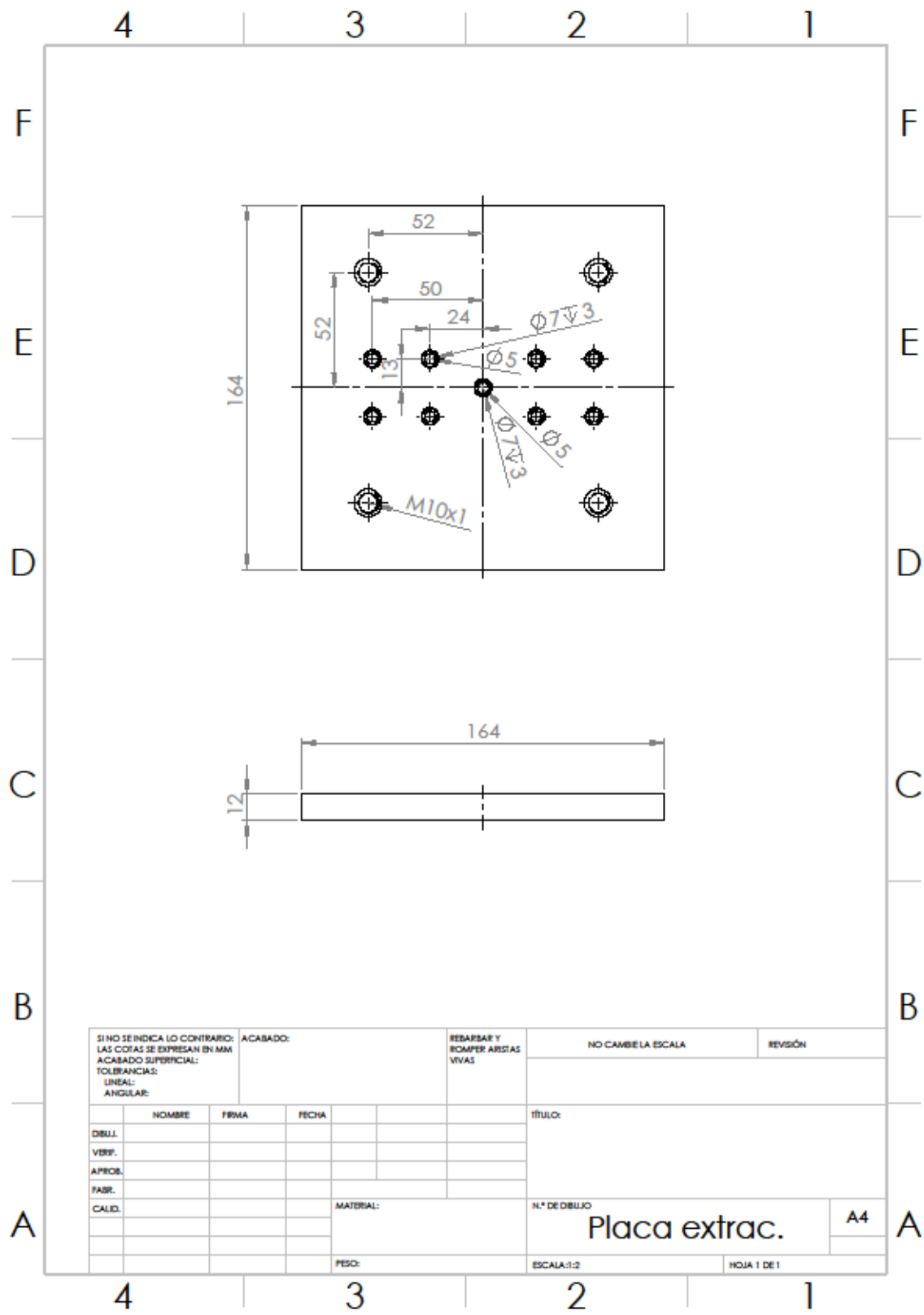


PLANO 6. NÚCLEO

PLANO 7. PLACA BASE INFERIOR

PLANO 8. PLACA BASE SUPERIOR

PLANO 9. PLACA EXTRACTORA



PLANO 11. PLACA VÁSTAGO

PLANO 12. PLACA PORTAPOSTIZOS DE LAS CAVIDADES

PLANO 13. PLACA PORTAPOSTIZOS DE LOS NÚCLEOS

PLANO 14. POSTIZO DELANTERO

PLANO 15. REGLA GUÍA

PLANO 16. SOPORTE PARALELO