

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE DISEÑO DE UN MOLDE DE
INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA LA
PRODUCCIÓN DE UNA REJILLA FRONTAL
INFERIOR DE UN AUTOMÓVIL***

DOCUMENTO 3- MEMORIA

Alumno: ROYO LARREA, ARKAITZ

Director: LOBATO GONZALEZ, ROBERTO

Curso: 2017/2018

Fecha: 01/06/2018

INDICE

3	MEMORIA.....	6
3.1	INTRODUCCIÓN	6
3.2	CONTEXTO	7
3.3	OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO	8
3.3.1	Análisis funcional del proyecto.....	9
3.3.2	Desarrollo técnico de los aspectos funcionales	10
3.3.3	Estimación de los cálculos	12
3.4	ANTECEDENTES	13
3.4.1	Máquina de inyección	13
3.4.2	Proceso de inyección	13
3.4.2.1	1ªfase: Llenado	13
3.4.2.2	2ª fase: Compactación.....	14
3.4.2.3	Plastificación	14
3.4.2.4	Apertura molde y expulsión	14
3.4.3	Molde de inyección	15
3.4.3.1	Parámetros de diseño.....	15
3.4.3.2	Sistema de refrigeración.....	18
3.4.3.3	Sistema de inyección	19
3.4.3.4	Sistema de expulsión	20
3.5	PLANIFICACIÓN: DIAGRAMA DE GANTT.....	21
3.6	DESCRIPCIÓN RESULTADOS OBTENIDOS.....	22
3.6.1	Parte cavidad	23
3.6.1.1	Zócalo cavidad	24
3.6.1.2	Anilla centrado.....	24
3.6.1.3	Portamolde cavidad.....	25
3.6.1.4	Pletinas de ajuste.....	27
3.6.1.5	Inserto cavidad	28
3.6.1.6	Cámara caliente	29
3.6.1.7	Placa aislante	30
3.6.1.8	Columnas guías de centrado.....	31
3.6.2	Parte núcleo.....	32
3.6.2.1	Anilla centrado núcleo	33
3.6.2.2	Zócalo núcleo.....	33
3.6.2.3	Paralelas.....	35
3.6.2.4	Placas expulsoras	36
3.6.2.5	Sufrideras.....	38
3.6.2.6	Portamolde núcleo	39
3.6.2.7	Apoyo cilindro.....	41

3.6.2.8	Inserto núcleo.....	42
3.6.2.9	Expulsores.....	43
3.6.3	Sistema de inyección	44
3.6.4	Sistema de refrigeración.....	47
3.6.5	Sistema de expulsión	49

Listado de imágenes

Imagen 1. Molde de inyección de dos placas.....	7
Imagen 2. Pieza molde de inyección.....	8
Imagen 3. Ensamble rejilla frontal.....	8
Imagen 4. Diagrama fases proyecto.....	11
Imagen 5. Elementos máquina de inyección.....	13
Imagen 6. Línea de partición molde.....	16
Imagen 7. Rechupes en nervios.....	17
Imagen 8. Diagrama de Gantt.....	21
Imagen 9. Resultados finales molde de inyección.....	22
Imagen 10. Semimolde cavidad.....	23
Imagen 11. Zócalo cavidad.....	24
Imagen 12. Anilla de centraje cavidad.....	25
Imagen 13. Portamolde cavidad vista lateral.....	25
Imagen 14. Portamolde cavidad vista isométrica.....	26
Imagen 15. Chaflanes semimoldes.....	26
Imagen 16. Portamolde cavidad. Pletinas de ajuste.....	27
Imagen 17. Cierre. Pletinas de ajuste.....	27
Imagen 18. Inserto cavidad.....	28
Imagen 19. inserto cavidad refrigeración.....	28
Imagen 20. Contraje inserto cavidad con núcleo.....	29
Imagen 21. Sistema cámara caliente.....	29
Imagen 22. Vista sección: cámara caliente en molde.....	30
Imagen 23. Placa aislante.....	30
Imagen 24. Columnas centraje.....	31
Imagen 25. Columnas centraje posición molde máquina.....	31
Imagen 26. Semimolde núcleo.....	32
Imagen 27. Anilla de centraje núcleo.....	33
Imagen 28. Zócalo núcleo.....	33
Imagen 29. Cilindro expulsión.....	34
Imagen 30. Zócalo núcleo. Topes placas.....	34
Imagen 31. Paralelas.....	35
Imagen 32. Placas expulsoras. Guías placas.....	36
Imagen 33. Placas expulsoras. Cilindros.....	37
Imagen 34. Placas expulsoras. Retrocesos y expulsores.....	37
Imagen 35. Vista frontal sufrideras.....	38
Imagen 36. Disposición sufrideras.....	38
Imagen 37. Semimolde núcleo. Vista 3D.....	39
Imagen 38. Sección contraje.....	39
Imagen 39. Vista sección canales de refrigeración portamolde.....	40
Imagen 40. Portamolde núcleo. Vista inferior.....	40
Imagen 41. Guías placa expulsora empotradas.....	41
Imagen 42. Apoyo cilindro.....	41

Imagen 43. Inserto núcleo. Vista 3D	42
Imagen 44. Inserto núcleo. Canales de refrigeración	42
Imagen 45. Vista sección expulsos en núcleo.....	43
Imagen 46. Expulsos.....	43
Imagen 47. Sistema de inyección Moldflow	44
Imagen 48. Vaciado cámara caliente.	45
Imagen 49. Corte boquillas con plano inserto núcleo.....	45
Imagen 50. Entradas de inyección directas a pieza.	46
Imagen 51. Canales de refrigeración Moldflow	47
Imagen 52. Vista sección canales de refrigeración	48
Imagen 53. Sistema refrigeración molde: entradas.	48
Imagen 54. Distribución expulsos.	49
Imagen 55. Vista sección expulsos	49
Imagen 56. Circuito accionamiento expulsión.	50
Imagen 57. Sistema de expulsión: Posición expulsión.....	50
Imagen 58. Microrruptor placas expulsión.....	51
Imagen 59. Posición inicial, contacto con retroceso.....	51

3 MEMORIA

3.1 INTRODUCCIÓN

Este proyecto consta del diseño de un molde de inyección para la fabricación de una rejilla inferior de un vehículo de automoción.

Se define como molde inyección al conjunto de mecanismos, provisto de una cavidad que da la forma deseada, con ayuda de presión y calor a un material plástico que solidifica en su interior. El molde se compone de un lado móvil y un lado fijo, en este último se realiza la inyección.

El moldeo por inyección plástico es un proceso rápido, caracterizado por el gran volumen de piezas a producir en un corto periodo de tiempo. La aplicación de este proceso es muy utilizada en la industria de la automoción para fabricar piezas con un alto valor estético, así como piezas diseñadas para cumplir una función determinada en el vehículo, entradas de aire, evacuación de agua, entre otros.

3.2 CONTEXTO

Se precisa realizar un componente de automoción para el frontal de un vehículo. El cliente solicita la producción en serie de la rejilla inferior del parachoques frontal, para ello y dado el volumen de piezas solicitadas se opta por el proceso de moldeo por inyección, mediante un molde de dos placas.

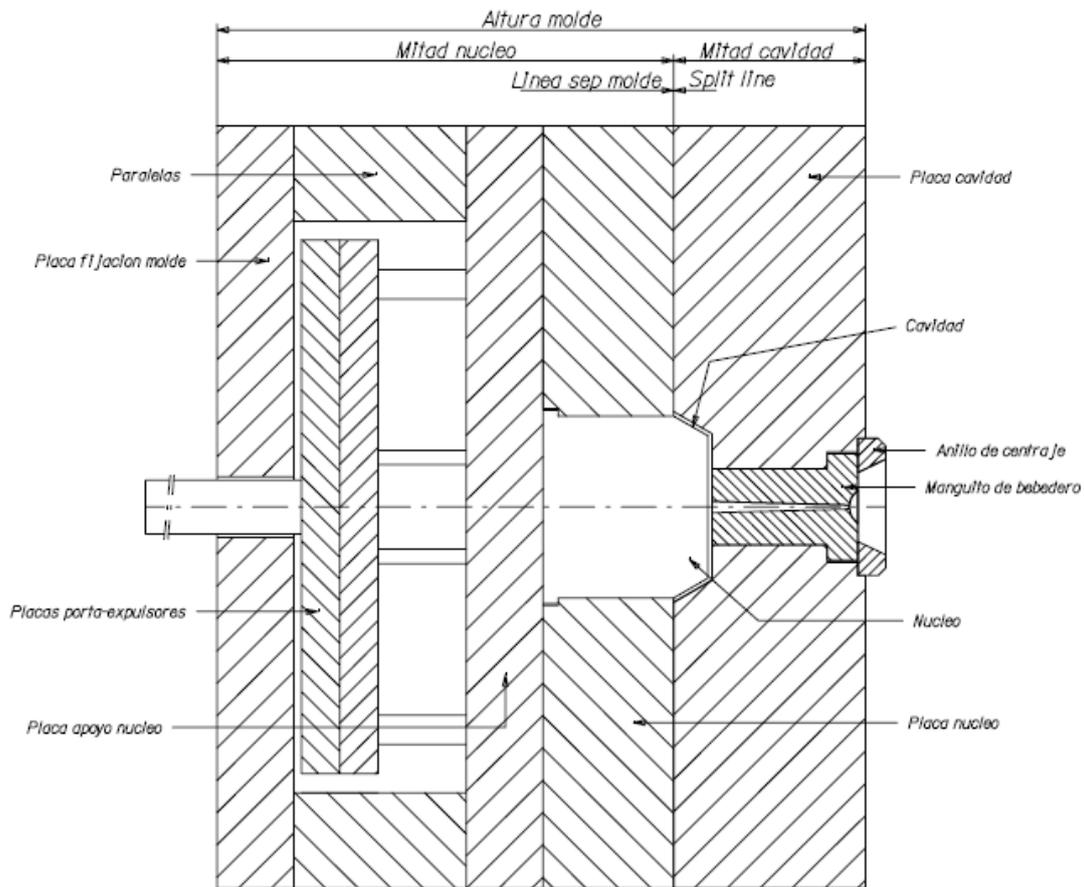


Imagen 1. Molde de inyección de dos placas.

3.3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL TRABAJO

Este proyecto tiene como objeto el diseño de un molde de inyección de plástico para la producción de una rejilla frontal inferior de un vehículo.

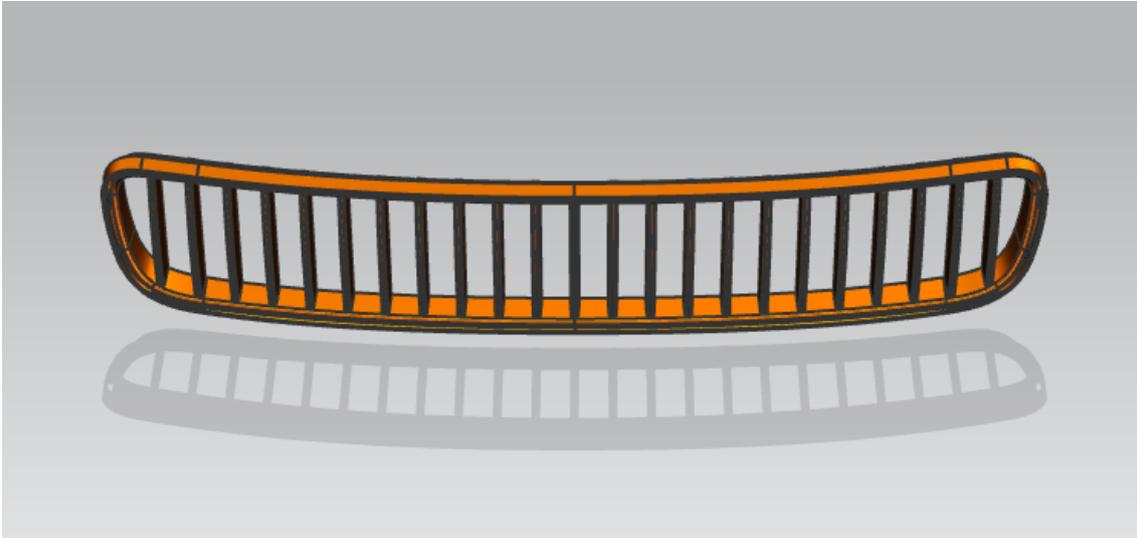


Imagen 2. Pieza molde de inyección.

Esta pieza forma parte del ensamble del frontal inferior de un vehículo de automoción, siendo su principal objetivo la entrada de aire del exterior para permitir la refrigeración del vehículo. A su vez, como la mayoría de las piezas exteriores del vehículo fabricadas en plástico tiene una finalidad estética.

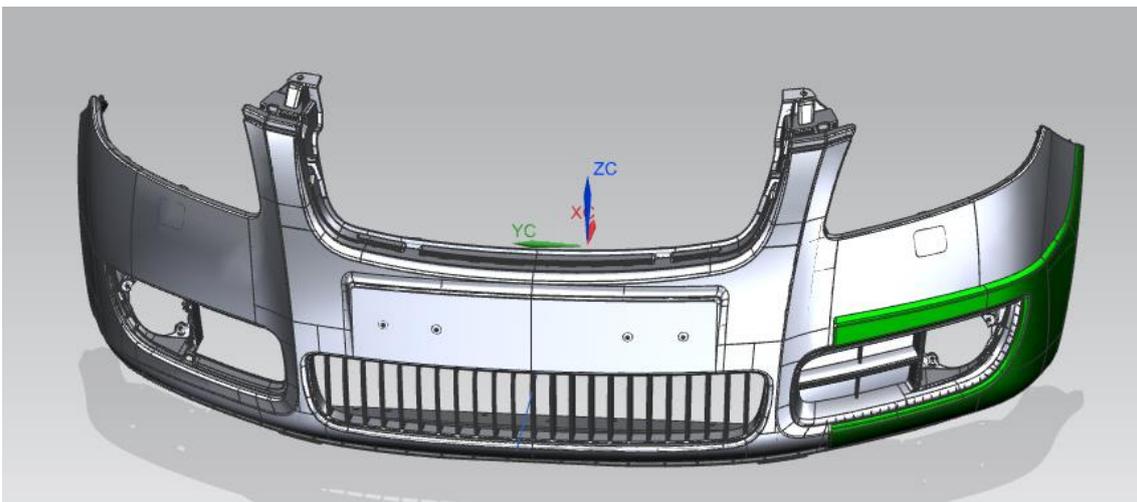


Imagen 3. Ensamble rejilla frontal.

3.3.1 Análisis funcional del proyecto

El molde de inyección está constituido por varias etapas secuenciadas unas tras otras o que en ciertos casos se superponen temporalmente y que tienen como fin la obtención de una pieza plástica solidificada.

La máquina de molde por inyección consta de una unidad de inyección, una unidad de cierre, sistema de extracción, unidad de refrigeración y otros sistemas como hidráulicos, electrónicos y de seguridad:

- **Unidad de inyección:** Tiene como misión fundir, homogeneizar, dosificar e inyectar el material en las condiciones de temperatura y presión óptimas.
- **Unidad de cierre:** Sujeta ambos semimoldes, permitiendo su apertura y cierre manteniendo el molde cerrado durante el ciclo de trabajo impidiendo su apertura debido a la presión de inyección.
- **Sistema de extracción:** La pieza solidificada puede ser extraída mediante la ayuda de un robot o manualmente mediante un operario.
- **Sistema de refrigeración:** La refrigeración se realiza mediante el empleo de atemperadores que permiten un mayor control de la temperatura del refrigerante. Estos atemperadores se conectan a los canales de refrigeración del molde. El sistema de refrigeración debe garantizar un buen acabado estético de la pieza, así como estar dentro del tiempo de ciclo programado.

3.3.2 Desarrollo técnico de los aspectos funcionales

El proyecto se inicia con el CAD 3D de la pieza facilitado por el cliente. Dadas las características de la pieza se decide por la producción en serie mediante el moldeo por inyección de plástico.

El proceso del diseño del molde de inyección comienza con la validación de la pieza facilitada por el cliente, verificando que el diseño es óptimo para el moldeo por inyección. Esta verificación incluye parámetros relaciones con la inyección, refrigeración y expulsión de la pieza.

Se inicia el análisis de llenado de la pieza mediante el software de simulación Moldflow. Para ello, se estudian el número de puntos de inyección y su distribución en la pieza, así como el tipo de entrada a pieza y el material a inyectar. El sistema inyección se realizará mediante cámara caliente, siendo su diseño y funcionamiento realizado a cargo de otra empresa especializada. La empresa, a través de su catálogo permite realizar un diseño de la cámara caliente para introducirlo en el molde

El análisis de llenado tiene como objetivo garantizar un correcto llenado y verificar los posibles defectos estéticos en la pieza, tales como, rechupes, líneas de soldadura y atrapamientos de aire. Además, da como resultados la fuerza de cierre y la presión de inyección, necesarias para el diseño posterior del molde de inyección.

Después, se realiza un análisis térmico mediante Moldflow, para determinar los puntos calientes de la pieza para conocer la localización óptima de los canales de refrigeración.

El análisis térmico comienza con el diseño de los canales de refrigeración, tanto del lado cavidad como núcleo. Una vez diseñados los canales de refrigeración e introducidas las condiciones, se procede a la simulación y análisis de resultados.

Una vez realizados estas dos simulaciones, se procede al diseño de los elementos estructurales del molde de inyección. Para esta etapa el software utilizado es NX 9.

Partiendo del CAD se procede al diseño de las regiones cavidad y núcleo, las cuales tendrán grabadas la huella de la pieza. Se define la línea de partición, la cual divide ambas regiones, extruyendo esta línea de partición se obtiene la superficie de partición, que junto con las superficies de la pieza permite obtener las regiones núcleo y cavidad. Hecho esto, se diseñarán los elementos para resistir los esfuerzos generados debido a la presión de inyección. Se diseñarán todos los elementos estructurales que aporten rigidez y sirvan de apoyo y guiado

del molde. Los elementos de guiado y unión entre los distintos elementos del molde serán comerciales.

Por último, la expulsión se realizará mediante expulsores normalizados ubicados en distintos puntos de la pieza. Se diseñará el circuito hidráulico para el accionamiento de los cilindros de expulsión. Este circuito se ubica en la placa expulsora inferior.

Terminado y verificado el diseño del molde, se procede a la elaboración de los planos de los elementos estructurales diseñados.

Para el desarrollo de los puntos previos se utilizarán los siguientes programas:

- Autodesk Moldflow 2018, programa de elementos finitos que permite la simulación del sistema de inyección y refrigeración de la masa plástica.
- NX9, software CAD para el diseño de los distintos elementos que forman el molde de inyección, así como la elaboración de los planos del proyecto.

Por último, se procede al cálculo de presupuesto del molde.

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia de fases del desarrollo del molde de inyección.:

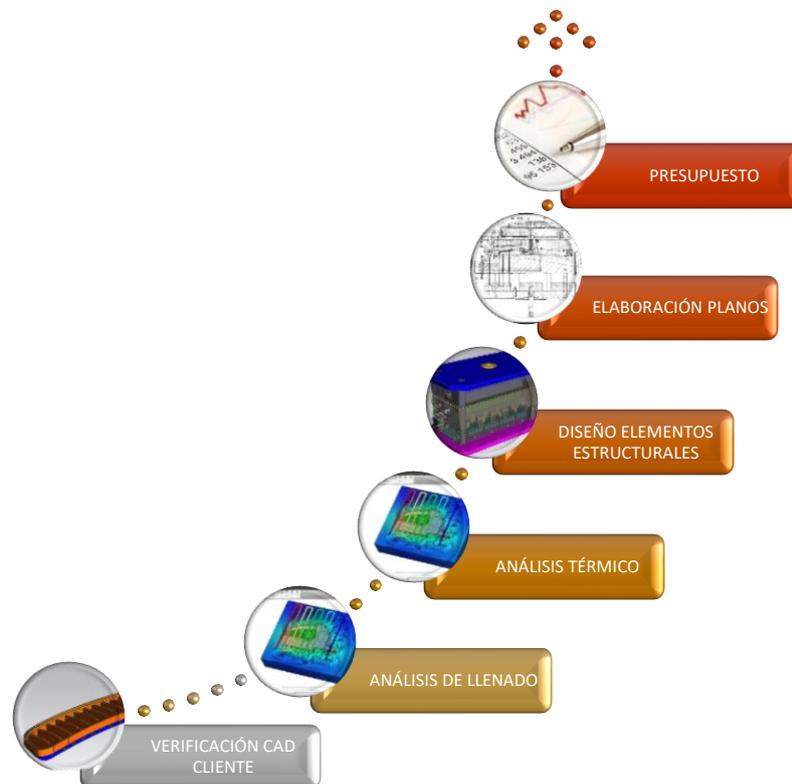


Imagen 4. Diagrama fases proyecto.

3.3.3 Estimación de los cálculos

Para garantizar el correcto funcionamiento del molde se deben de realizar una serie de cálculos previos al diseño:

- Inyección y refrigeración
 - Tiempo de llenado
 - Tiempo de enfriamiento
 - Tiempo total de ciclo
 - Análisis defectos estéticos pieza (rechupes, líneas de unión...)

- Rigidez estructural
 - Fuerza de cierre
 - Resistencia de los expulsores a pandeo

En referencia a las dimensiones de los elementos del molde, serán diseñadas en función de las dimensiones limitantes de la máquina de inyección, así como de la experiencia previa en moldes similares.

3.4 ANTECEDENTES

Este apartado tiene como objetivo dar una visión global de los aspectos más importantes en el diseño del molde de inyección, detallando sus elementos y los sistemas de refrigeración, inyección y expulsión.

3.4.1 Máquina de inyección

La máquina de moldeo por inyección está formada la unidad de inyección, unidad de cierre, el molde de inyección, el sistema de extracción y otros sistemas electrónicos e hidráulicos.

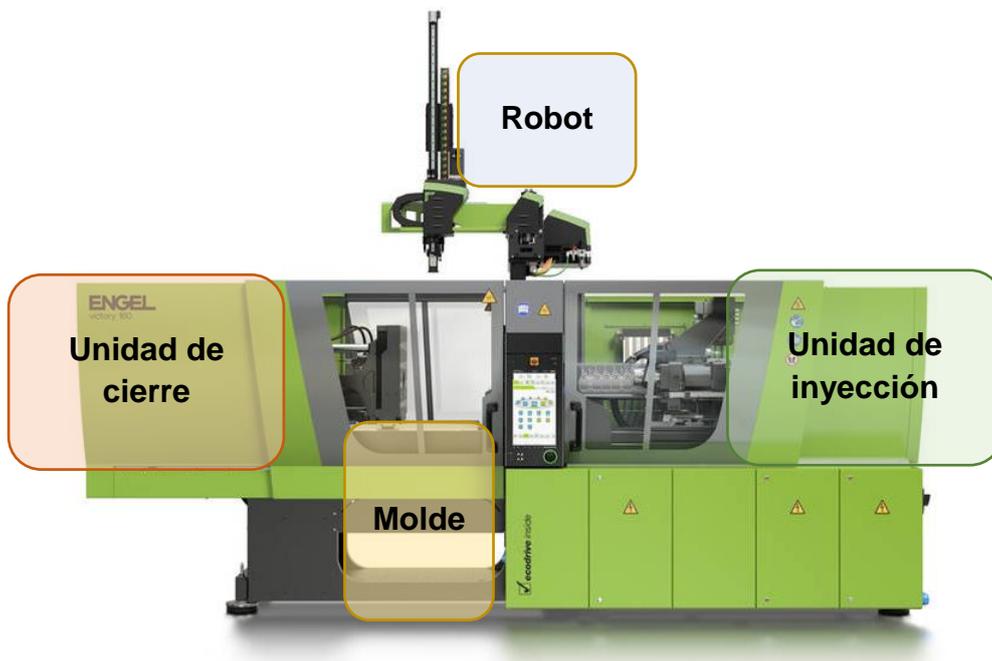


Imagen 5. Elementos máquina de inyección.

3.4.2 Proceso de inyección

El proceso de inyección comienza con la transferencia del material desde la unidad de inyección al molde hasta la expulsión de la pieza una vez solidificada. Este proceso está dividido en cuatro fases diferenciadas.

3.4.2.1 1ª fase: Llenado

La primera fase tiene como objetivo la transferencia de una cantidad de material suficiente para el llenado de la cavidad desde de la unidad de inyección. Esta cantidad de material se conoce como dosis y corresponde con el 99% del volumen de la cavidad.

Esta transferencia de material se realiza controlando la velocidad de avance del husillo y programando la presión de primera fase. Esta presión no es la presión real de inyección, que asciende desde un valor nulo hasta el máximo al final de la primera fase. La presión de primera fase corresponde con la caída de presión que se debe vencer para llenar la cavidad.

3.4.2.2 2ª fase: Compactación

En esta segunda fase se transfiere la cantidad adicional a la dosis garantizando piezas compactadas y dimensionalmente correctas. En este caso se controla la presión que se ejerce sobre el husillo y el tiempo en el que se aplica dicha presión.

El paso de 1ª a 2ª fase se denomina conmutación. Al cambiar de fase se produce una presurización en la cavidad y una redistribución de las presiones en la misma. La función de la presión de mantenimiento es compensar por un lado la contracción volumétrica que experimenta el plástico al enfriarse y evitar su vuelta al cilindro.

3.4.2.3 Plastificación

Una vez finalizada la fase de mantenimiento la pieza continúa enfriándose dentro del molde cerrado hasta alcanzar la temperatura suficiente para poder ser extraída sin que se deforme. Durante este tiempo de enfriamiento, se prepara la máquina para la siguiente inyección

3.4.2.4 Apertura molde y expulsión

Una vez solidificada la masa plástica, se procede con la expulsión de la pieza. La expulsión se produce junto con la apertura del molde, liberando las contrasalidas mediante los carros y desplazables, junto con el movimiento de las placas expulsoras para después ser empujada por los expulsores distribuidos a lo largo de la pieza.

3.4.3 Molde de inyección

3.4.3.1 Parámetros de diseño

Con el fin de facilitar el diseño del molde de inyección y reducir los periodos de industrialización se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos en el diseño de la pieza a moldear, ya que un mal diseño de esta tiene clara influencia en el proceso de inyección.

3.4.3.1.1 Contracción

Los materiales al enfriarse se contraen debido a la contracción térmica. La contracción del componente, se debe al enfriamiento del material desde la temperatura de moldeo hasta la temperatura de desmoldeo, más la contracción posterior que ocurre hasta la homogeneización a la temperatura ambiente.

Esta contracción se deberá de tener en cuenta en el diseño del molde, pues tienen influencia en las tolerancias y en las dimensiones de la pieza final.

3.4.3.1.2 Rechupes

Los rechupes son ocasionados cuando al inyectar el material las superficies externas están en contacto con la superficie refrigerada del molde, se enfría rápidamente mientras que las partes internas permanecen a una mayor temperatura en el tiempo debido a la poca capacidad de conducción de calor que poseen los plásticos.

Esta diferencia entre el tiempo de enfriamiento entre ambas superficies forma rechupes pudiendo afectar al acabado visual de la pieza final. Los rechupes pueden reducirse en el diseño de la pieza:

- Disminuyendo el espesor de las paredes
- Incrementado la presión de mantenimiento y el tiempo de aplicación de dicha presión.

3.4.3.1.3 Tensiones

Las secciones de gran espesor cuando entran en contacto con la superficie del molde se enfrían rápidamente mientras que la parte interior tardará más en enfriarse. Esta diferencia entre los tiempos de enfriamiento provoca la aparición de tensiones internas en los componentes.

3.4.3.1.4 Espesor paredes

En el diseño del espesor de las paredes de la pieza se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Se deben de evitar paredes gruesas para poder evacuar el calor y evitar rechupes y tensiones internas. De este modo, se reducen los tiempos de enfriamiento del proceso reduciendo así los tiempos y costes.
- Las paredes delgadas se deben de limitar ya que son muy difíciles de llenar correctamente
- Las paredes de la pieza deben de ser los más constantes posibles para garantiza un correcto llenado y enfriamiento homogéneo

3.4.3.1.5 Desmoldeo

En el diseño de la pieza las paredes perpendiculares a la dirección de desmoldeo deben de tener una inclinación para poder ser extraídas fácilmente y no queden atrapadas en la cavidad del molde.

Este ángulo de desmoldeo depende en gran medida del material, forma de la pieza y profundidad en la cavidad. Este ángulo está comprendido entre valores de 1.5 y 3°.

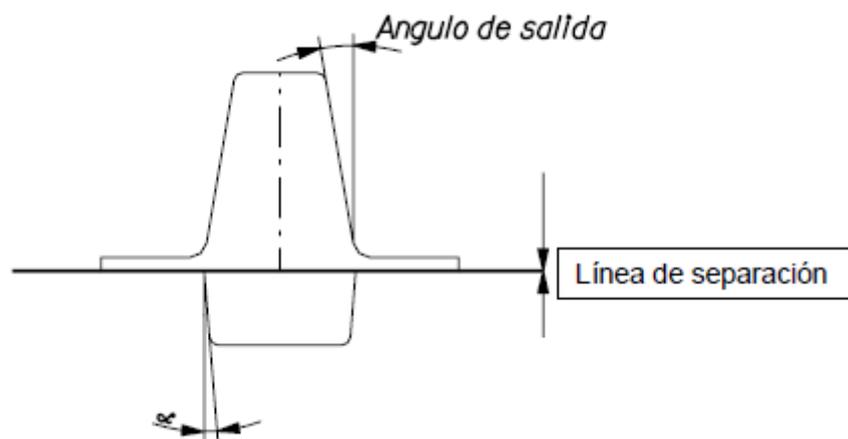


Imagen 6. Línea de partición molde.

La contracción del plástico dirige las superficies de la cavidad al núcleo durante la solidificación. Las piezas deben de tener un ángulo de desmoldeo superior en la cavidad para quedar en el núcleo una vez solidificadas.

Por último, los ángulos de desmoldeo en los nervios tienen generalmente un valor superior, mínimo de 5°.

3.4.3.1.6 Nervios

Los nervios son utilizados para reforzar superficies evitando el uso de paredes de mayor espesor. Los nervios producen un cambio de espesor siendo zonas de concentración de tensiones y rechupes.

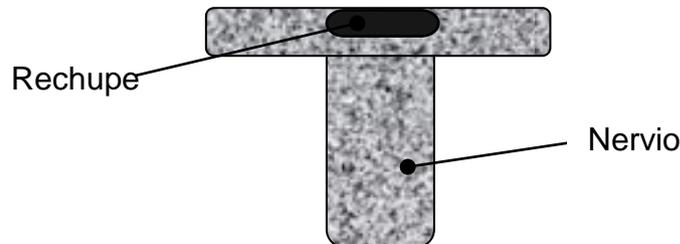


Imagen 7.Rechupes en nervios.

3.4.3.1.7 Aristas vivas

Se deben de evitar aristas vivas para reducir el choque de flujo en las paredes. Las aristas vivas son zonas propicias para la concentración de tensiones y formación de rechupes.

3.4.3.1.8 Contrasalidas

Las contrasalidas son aquellas zonas que con la dirección de desmoldeo no pueden ser liberadas. Estas zonas, generalmente se liberan mediante la utilización de carros y desplazables accionados con la apertura del molde

3.4.3.1.9 Líneas de unión o soldadura

Las líneas de soldadura aparecen como consecuencia de la contraposición de dos flujos de plástico generando un defecto estético. Las líneas de soldadura aparecen debido a la presencia de más de un punto de inyección o por la división del flujo en presencia de agujeros.

La presencia de las líneas de soldadura es difícil de prever para ellos se hace uso de los programas de simulación.

3.4.3.2 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración en la producción de piezas de plástico tiene como objetivo eliminar el calor hasta que la pieza adquiere la suficiente rigidez para que pueda ser expulsada sin sufrir ninguna deformación.

El parámetro a controlar es el tiempo de refrigeración que influye en el tiempo total de ciclo que repercute a su vez en el coste de la pieza. Este tiempo de refrigeración depende de los siguientes aspectos:

- Temperatura del material
- Temperatura de desmoldeo
- Calor específico del material
- Paredes de la pieza (Espesor)

3.4.3.2.1 Canales de refrigeración

Los canales de refrigeración se deben de aproximar a los puntos donde se acumule mayor calor. El diseño de los canales de refrigeración está ligado a las simulaciones realizadas mediante elemento finitos, así como del espacio disponible en el molde.

Los principales aspectos a tener en cuenta en el diseño de los canales de refrigeración son los siguientes:

- **Espesores de la pieza.** Los espesores más gruesos de la pieza como nervios y protuberancias son puntos de acumulación de calor, denominados puntos calientes.
- **Sistema de expulsión.** Los elementos del sistema de expulsión interfieren con los canales de refrigeración. En muchos casos los puntos calientes generan una contrasalida que necesita de un elemento móvil, por lo que aproximación de los canales de refrigeración se dificulta.
- **Insertos.** El empleo de insertos de otro material con elevada conductividad térmica como el cobre berilio que facilitan la extracción de calor.
- **Economía.** Un mayor tiempo de refrigeración tienen influencia en el acabado estético de la pieza, por otro lado, repercute en el coste de la pieza. Por tanto, se debe garantizar un equilibrio entre el acabado de la pieza y el coste de esta.

3.4.3.3 Sistema de inyección

El sistema de llenado tiene como objetivo transferir la masa plástica fundida de la unidad de inyección hacia el molde. Un sistema básico de alimentación está formado por la mazarota (bebedero), canales de alimentación y entradas a pieza.

Por otro lado, se distingue otro tipo de sistema de llenado denominado cámara caliente que se distingue un llenado de mejor calidad, aunque de mayor coste.

3.4.3.3.1 Canales

Los canales deben de transmitir la misma presión para cada una de las cavidades del material intentando que su longitud sea lo mínima posible para evitar pérdida de material. En el diseño de los canales de alimentación se deben de tener en cuenta tres aspectos:

- Sección del canal: Circular, parabólico o trapezoidal.
- Dimensiones del canal.
- Distribución y disposición de los canales.

3.4.3.3.2 Entradas

Las entradas de inyección son la conexión entre los canales de alimentación y la cavidad del molde. Se distinguen varios tipos de entradas:

- Directa
- Película
- Submarina
- Capilar

3.4.3.4 Sistema de expulsión

El sistema de expulsión tiene como objetivo extraer la pieza una vez ha solidificado en el molde. Este sistema está formado, en general, por los siguientes elementos:

- **Placas expulsoras:** placas rectangulares que llevan el movimiento de avance y retroceso de los elementos de expulsión. Se pueden accionar bien hidráulicamente, por los cilindros de expulsión mediante un circuito de aceite diseñado en la placa expulsora inferior, o bien mediante un accionamiento mecánico por bulón.
- **Expulsor:** Cilindro cuya cabeza se encuentra empotrada en la placa expulsora superior y libera la pieza del molde. Este elemento tiene un acabado superficial nitrurado para evitar su desgaste.
- **Retroceso:** Cilindro que permite el retroceso de las placas expulsoras por contacto con el semimolde cavidad y garantiza que estas queden perfectamente planas.
- **Carros y desplazables:** Tanto los carros como desplazables son elementos que permiten la liberación de las contrasalidas que impiden el desmolde de la pieza. Los carros son accionados mediante guías inclinadas ubicadas en la cavidad o bien por cartuchos de nitrogas, dependiendo de la carrera de expulsión. En cambio, los desplazables se accionan con el movimiento de las placas expulsoras, que se encuentran unidas a estas mediante las velas.

3.6 DESCRIPCIÓN RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez realizado el proceso de diseño del molde de inyección se obtienen como resultado el ensamble mostrado en el plano de conjunto DMI-C1.

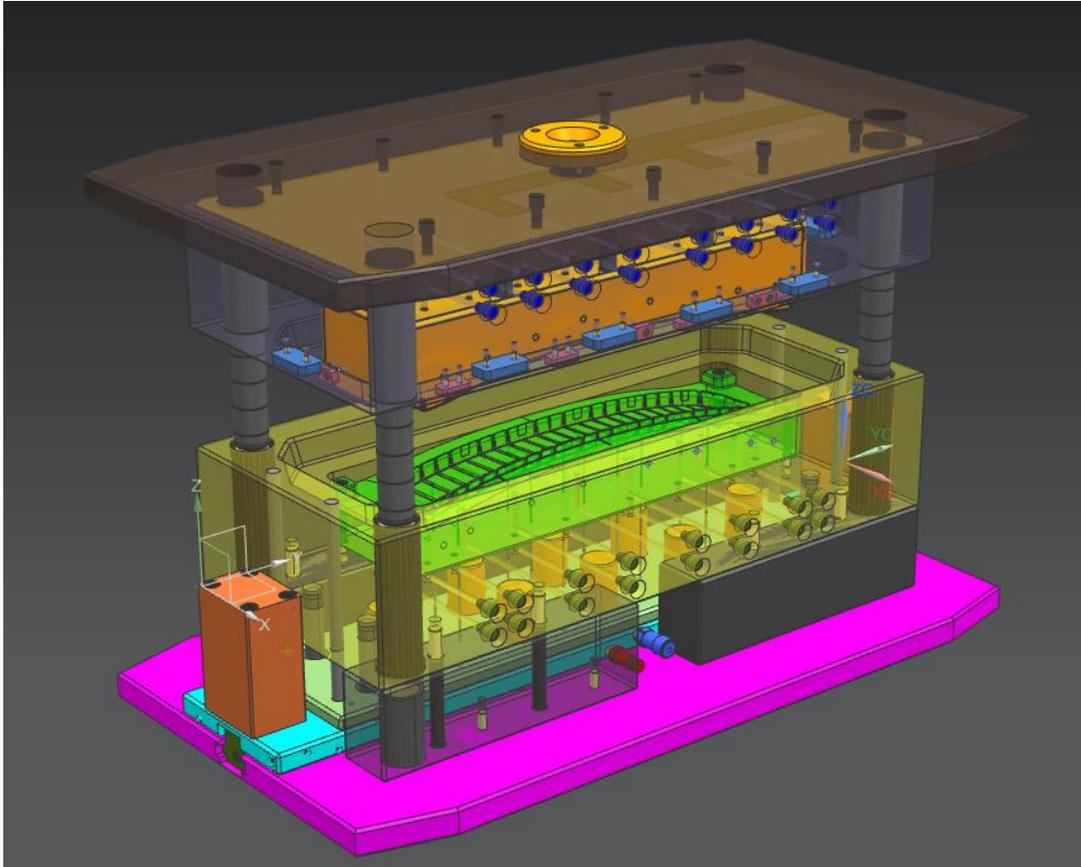


Imagen 9. Resultados finales molde de inyección

El molde de inyección se divide en dos semimoldes: semimolde núcleo y semimolde cavidad.

El semimolde núcleo o lado móvil se une a la unidad de cierre de la máquina, por lo que realiza el movimiento de apertura y cierre del molde. En este lado se encuentra todos los elementos encargados del sistema de expulsión de la pieza, así como la refrigeración de la parte núcleo.

Por otro lado, el semimolde cavidad o lado fijo, se mantiene unido a la unidad de inyección de la máquina. En este semimolde se encuentra el sistema de llenado mediante cámara caliente. Al igual que en el semimolde núcleo también dispone de los canales de refrigeración respectivos a la parte superior de la pieza.

A continuación, se analizarán los aspectos más relevantes de los elementos diseñados, así como de los elementos comerciales más característicos del molde.

3.6.1 Parte cavidad

El semimolde cavidad se mantiene fijo a la unidad de inyección de la máquina, alojando en su interior el sistema de inyección de cámara caliente, así como los circuitos de refrigeración pertenecientes a la cara vista de la pieza.

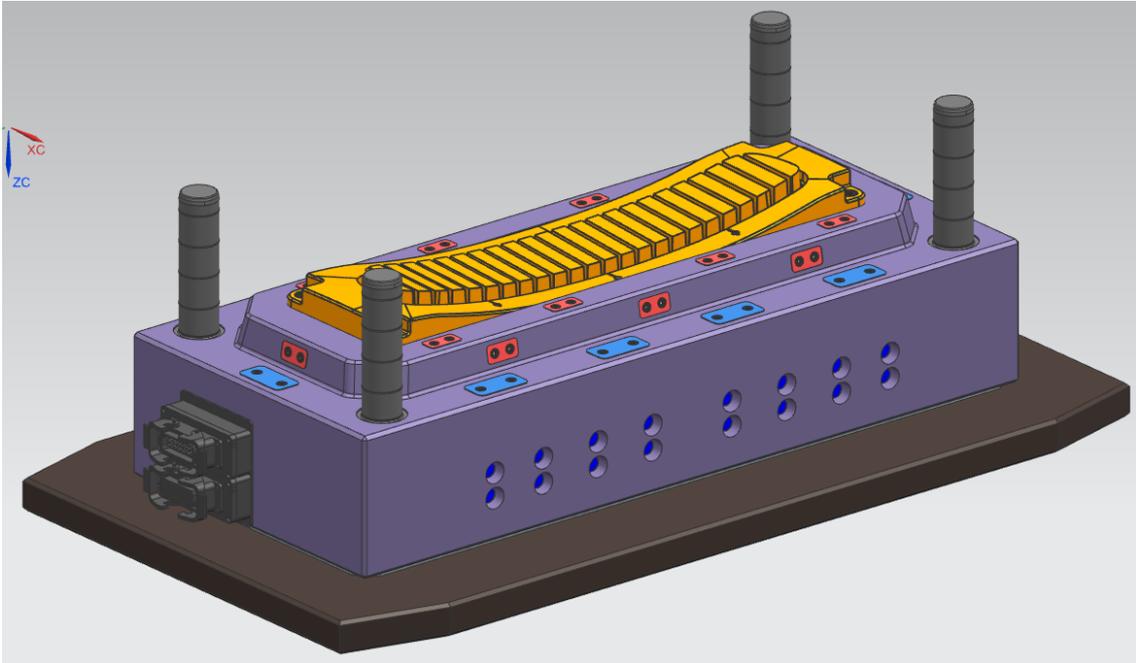


Imagen 10. Semimolde cavidad

Los distintos elementos que forman el lado cavidad se encuentran unidos entre, a través de los tornillos alojados en el zócalo. De esta manera se permite el montaje y desmontaje de los elementos en función de las necesidades de ajuste y reparación.

Se disponen de diez tornillos DIN 912 de M14 para la unión entre el zócalo cavidad y el portamolde cavidad roscados en este último. Para la unión entre el portamolde y el inserto cavidad se disponen de tornillos de M12 roscados en los agujeros realizados en las cuatro cajeras diseñadas en los extremos del inserto.

3.6.1.1 Zócalo cavidad

El zócalo cavidad es una placa rectangular fabricada en acero UNE 1.1730 cuya función es alojar las cabezas de los tornillos de los distintos elementos unidos a ella. Esta placa permite la unión de la parte fija con la unidad de inyección de la máquina quedando fija a ella.

En el centro de la superficie superior se ha taladro un orificio pasante para colocar anilla de centrado mediante tres tornillos DIN 912 de M8 distribuidos a 120°. En los cuatro extremos se disponen de los agujeros para alojar la cabeza de las guías de centrado del molde.

Por último, se ha dotado de chaflanes a todas las aristas vivas para evitar posibles daños durante el transporte y manipulación del molde

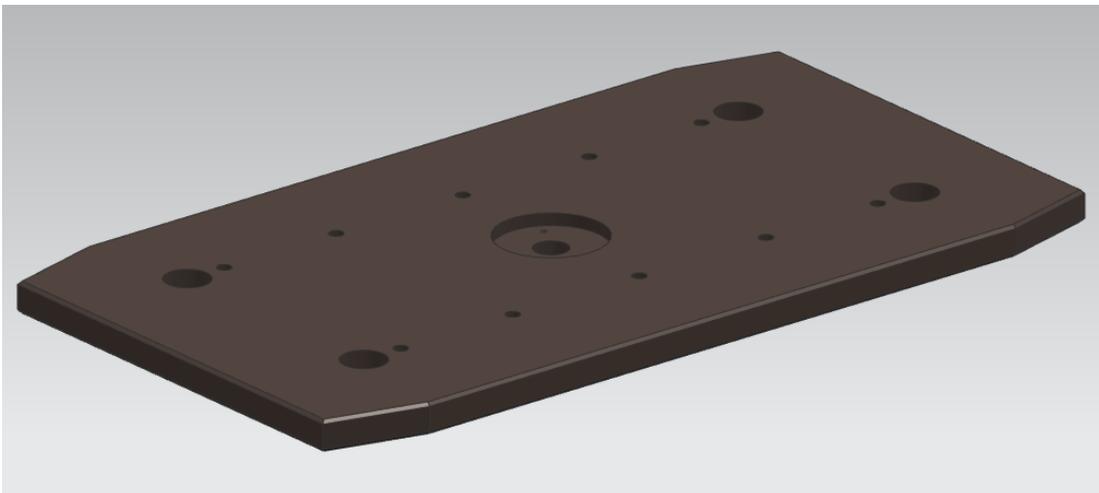


Imagen 11. Zócalo cavidad

Plano referencia: DMI-1

3.6.1.2 Anilla centrado

La anilla de centrado es un elemento cilíndrico fabricado en acero UNE 1.1730. Este elemento permite el centrado del molde con la unidad de inyección de la máquina.

En el centro se ha realizado un agujero cónico para un correcto asentamiento de la boquilla de la unidad de inyección. Se une al zócalo mediante tres tornillos DIN912 de M8 distribuidos 120°.

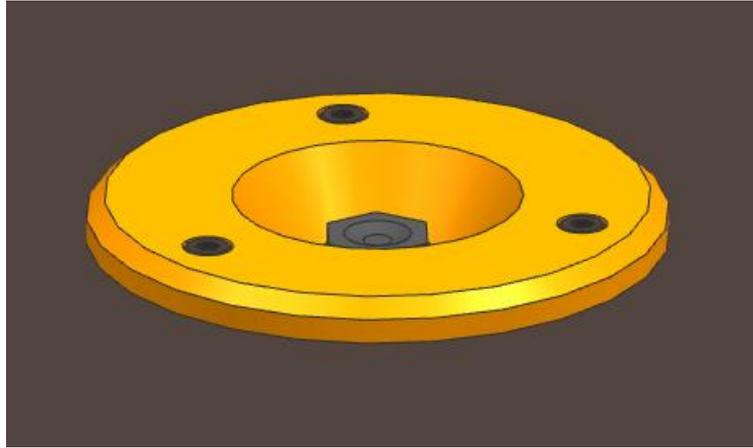


Imagen 12. Anilla de centraje cavidad

Plano referencia: DMI-11

3.6.1.3 Portamolde cavidad

El portamolde cavidad fabricado en acero UNE 1.1730 tiene como función principal alojar el inserto cavidad y dar consistencia al molde. A su vez, da cabida a todos los elementos que componen el semimolde cavidad.

Se disponen de taladros rectos en la superficie inferior y frontal para el circuito de refrigeración, así como los agujeros para los enchufes rápidos de dichos canales. Los canales se conectan entre sí en el exterior del molde formando un circuito de refrigeración en serie, siendo la salida de un canal la entrada del siguiente.

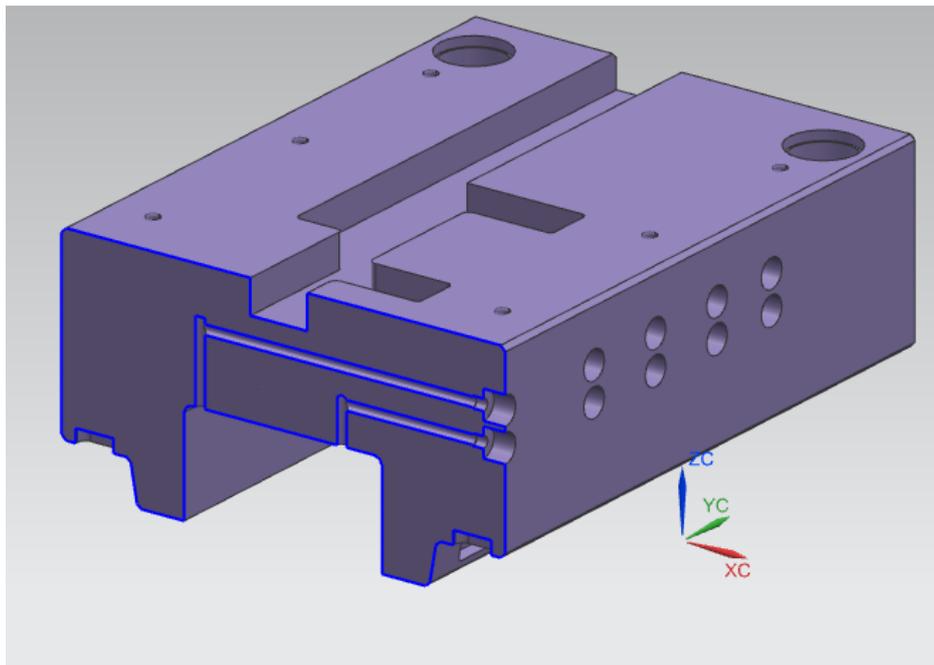


Imagen 13. Portamolde cavidad vista lateral

Se dispone de una caja para alojar el inserto cavidad, el cual se atornilla al portamolde mediante tornillos DIN 912 de M12, también en la superficie superior se ha realizado la caja para alojar la cámara caliente.

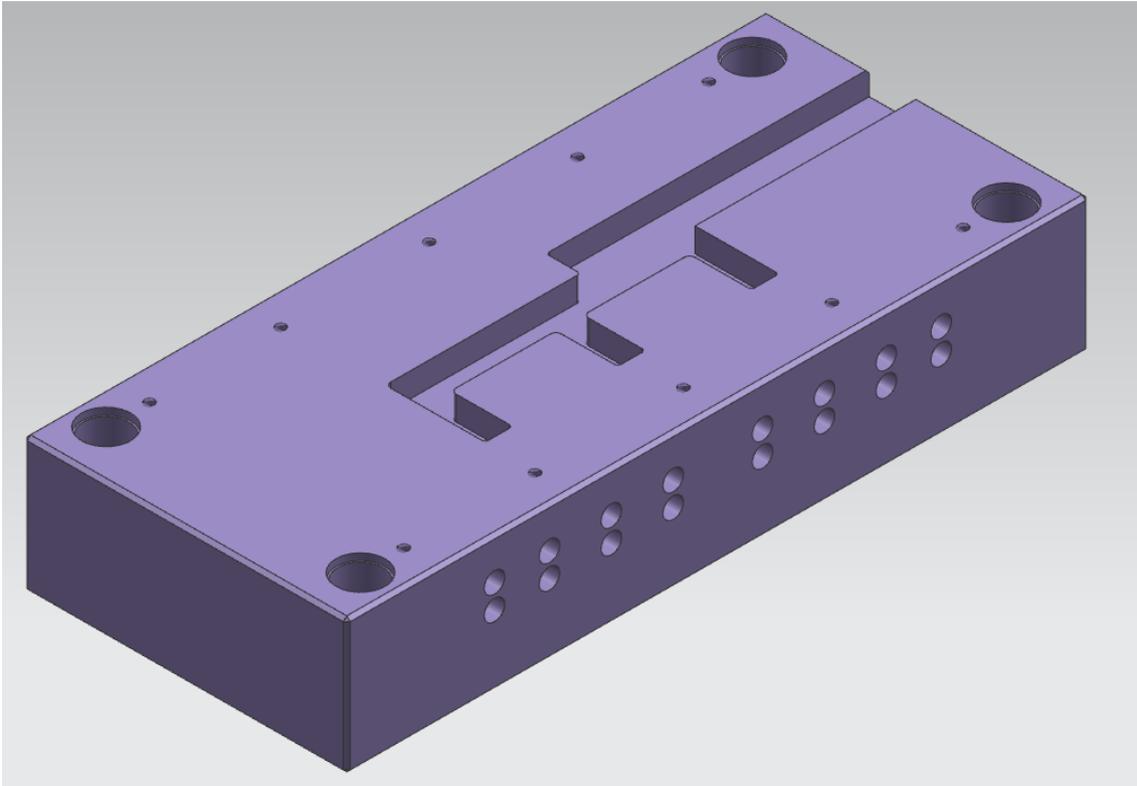


Imagen 14. Portamolde cavidad vista isométrica

La geometría diseñada que entra en contacto con el otro semimolde tienen una inclinación de 10° para impedir los desplazamientos del molde durante el proceso de inyección. En las aristas vivas de esta geometría se ha dotado de chaflanes y redondeos para impedir fuentes de concentración de tensiones y roturas cuando entra en contacto con el semimolde núcleo.



Imagen 15. Chaflanes semimoldes

Se disponen de las cajas para colocar las pletinas de ajuste del molde, así como de los agujeros roscados de M8 para la unión de estas al portamolde cavidad.

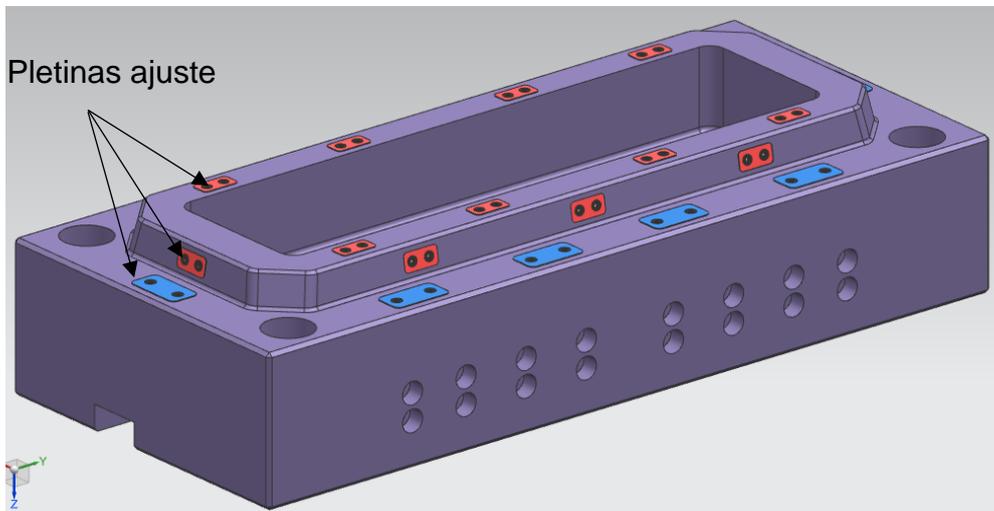


Imagen 16. Portamolde cavidad. Pletinas de ajuste.

Por último, en los cuatro extremos se disponen de agujeros escariados para alojar las guías de centrado principales (HASCO Z00/196/52/195).

Plano referencia: DMI-3

3.6.1.4 Pletinas de ajuste

Las pletinas de ajuste se colocan para ayudar a soportar las presiones de cierre repartíendolas por toda la superficie del molde. Estos elementos entran en contacto con el portamolde núcleo, minimizando el desgaste del acero y facilitando la intercambiabilidad. Se encuentran atornilladas al portamolde cavidad mediante tornillos DIN 912 de M8.

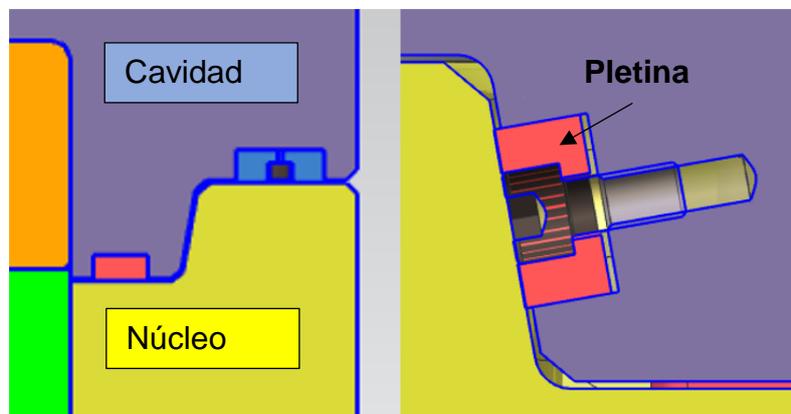


Imagen 17. Cierre. Pletinas de ajuste.

Plano referencia: DMI-15

3.6.1.5 Inserto cavidad

El inserto cavidad fabricado en acero UNE 1.2738 tiene grabada la superficie vista de la pieza a moldear. Se une al portamolde cavidad mediante tornillos DIN 912 de M12.

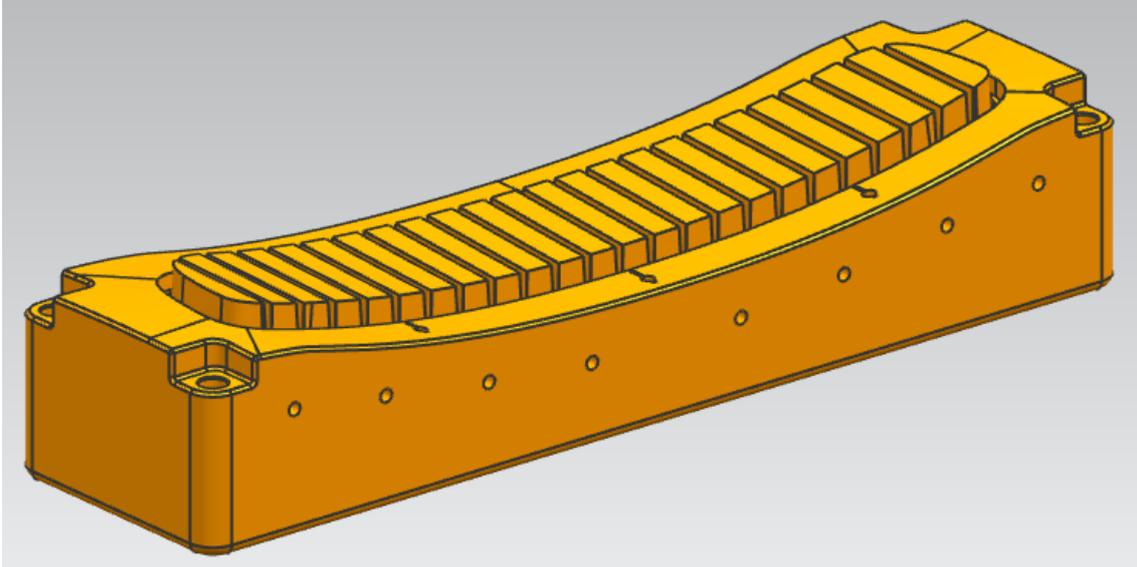


Imagen 18. Inserto cavidad

En la superficie inferior y frontal se han realizado los taladros rectos que corresponden a los canales de refrigeración. Los orificios de estos taladros se tapan con tapones de rosca de gas G1/4 para impedir la fuga del refrigerante.

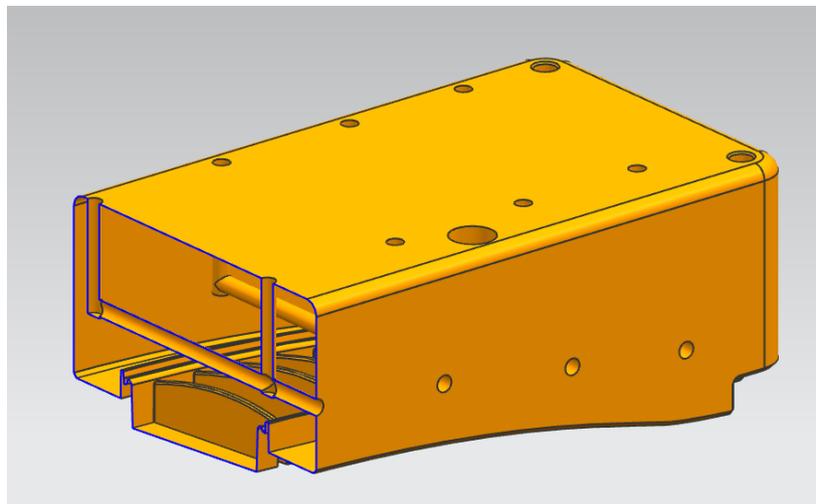


Imagen 19. inserto cavidad refrigeración

Por otro lado, se han realizado los taladros correspondientes a la boquilla de la cámara caliente.

En los cuatro extremos se han realizado las cajas rectangulares que sirven como elemento de contraje con el lado núcleo impidiendo los desplazamientos laterales y transversales de estos durante el proceso de inyección. Se ha

aprovechando esta geometría para alojar las cabezas de los tornillos para la unión con el portamolde cavidad.

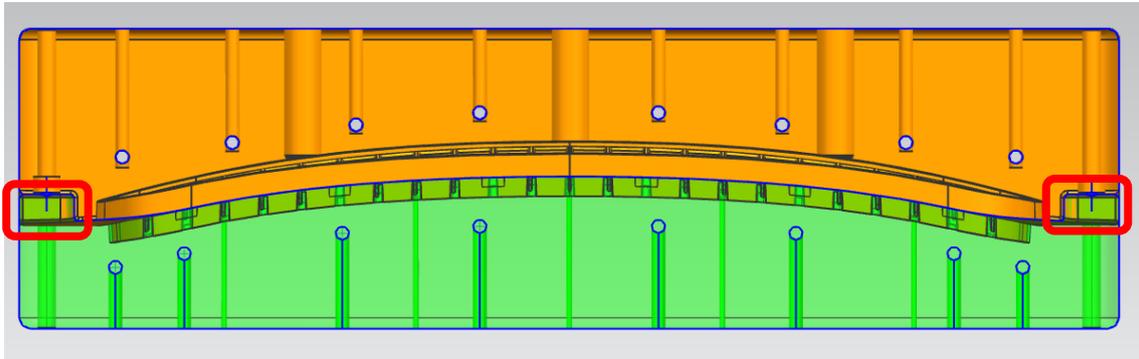


Imagen 20. Contraje inserto cavidad con núcleo

Plano referencia: DMI-05

3.6.1.6 Cámara caliente

El diseño de la cámara caliente no se encuentra dentro del alcance del proyecto, por lo que simplemente se ha obtenido un diseño a través de la web del fabricante SYNVENTIVE.

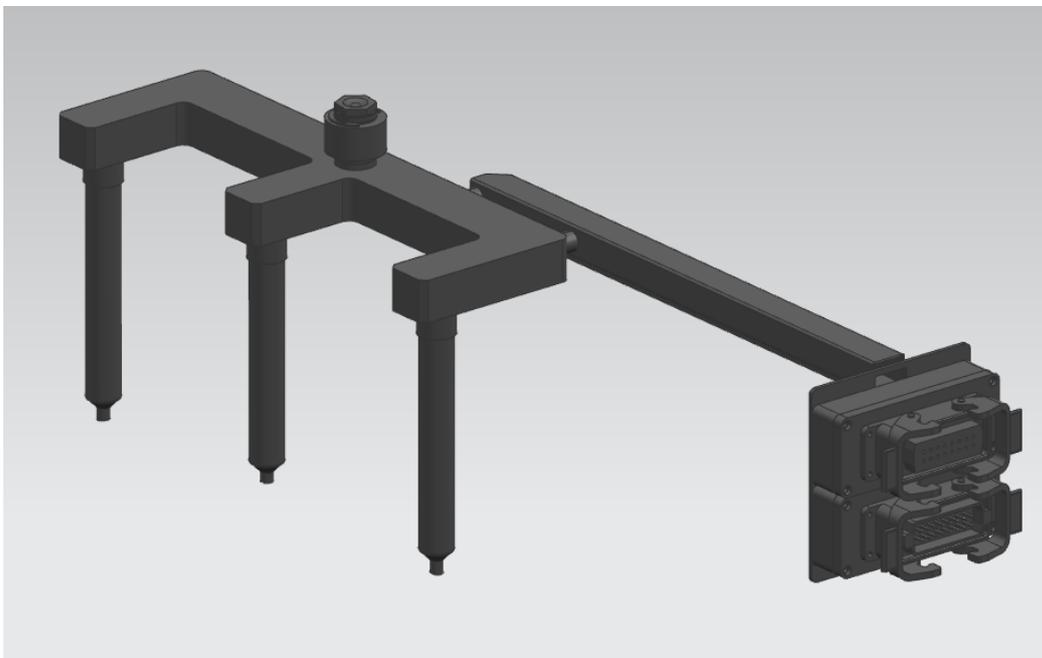


Imagen 21. Sistema cámara caliente

La cámara caliente consta de tres boquillas correspondientes los tres puntos de inyección de la pieza. La conexión entre la cámara caliente y la unidad de inyección se realiza a través de la boquilla central la cual distribuye la masa plástica a los tres puntos de inyección.

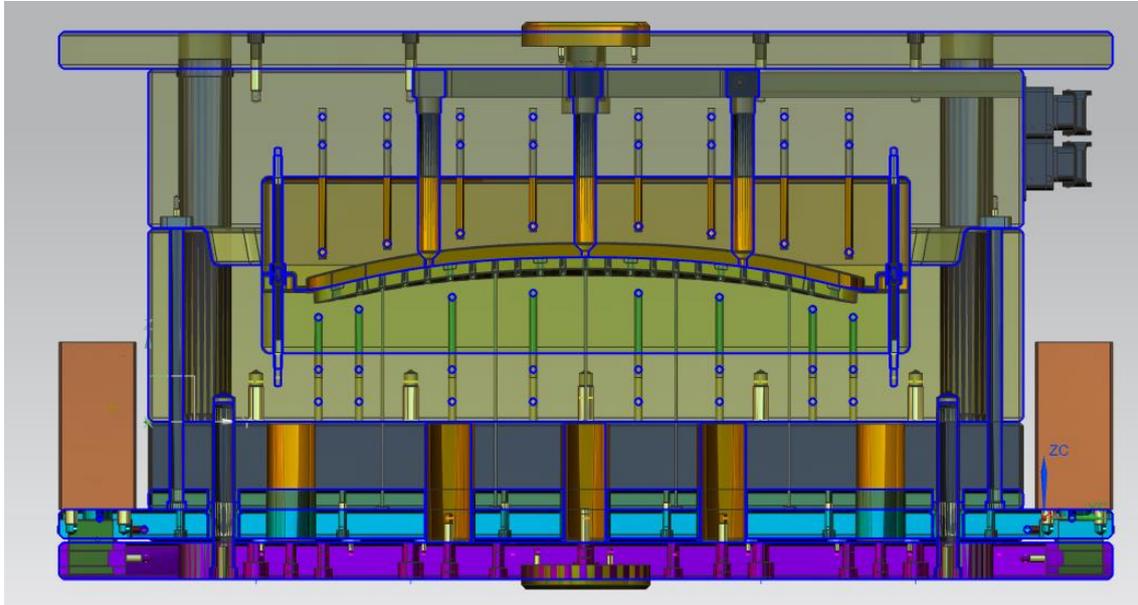


Imagen 22. Vista sección: cámara caliente en molde.

3.6.1.7 Placa aislante

Para garantizar un correcto aislamiento del molde con la unidad de inyección se coloca una placa aislante de 3mm de espesor entre el portamolde cavidad y el zócalo. Se han realizado todos los agujeros para el paso de los tornillos y para la cámara caliente.

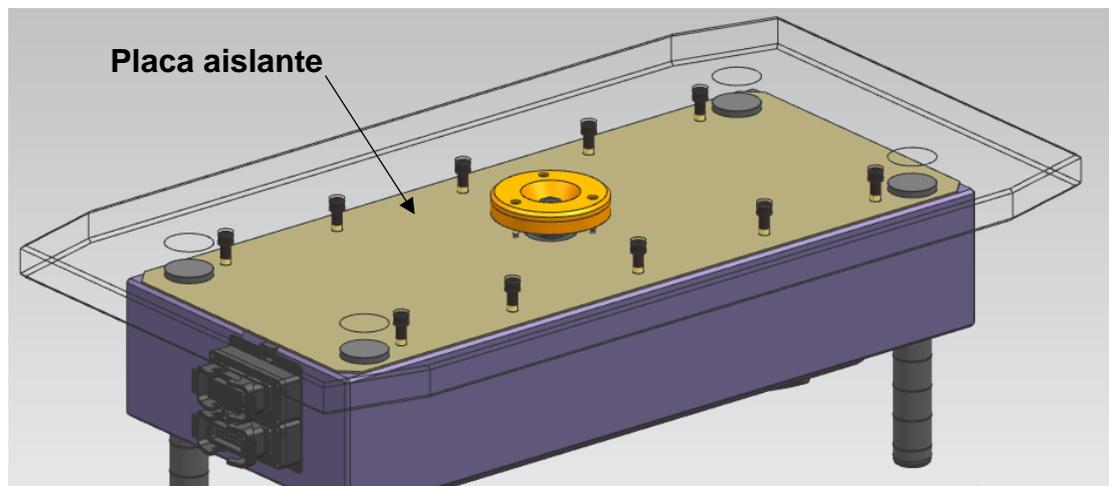


Imagen 23. Placa aislante

La placa aislante se compone de un material aislante llamado Blacktherm fabricado a base de tejido de vidrio y resina auto-extinguible (clase V0). En su proceso de fabricación, el material se prensa a alta presión, dotándolo de un alto porcentaje de fibra de vidrio, traducido a unas buenas propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas.

3.6.1.8 Columnas guías de centraje

Las guías de centraje son elementos comerciales cuya referencia es HASCO Z00/196/52/195. Se colocan cuatro guías para guiar el movimiento de avance y retroceso de lado móvil.

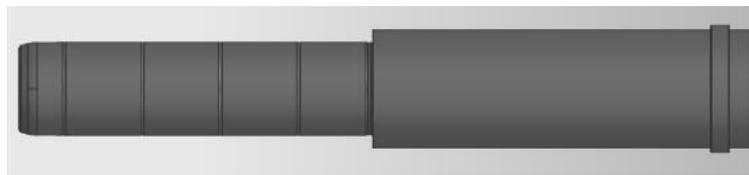


Imagen 24. Columnas centraje

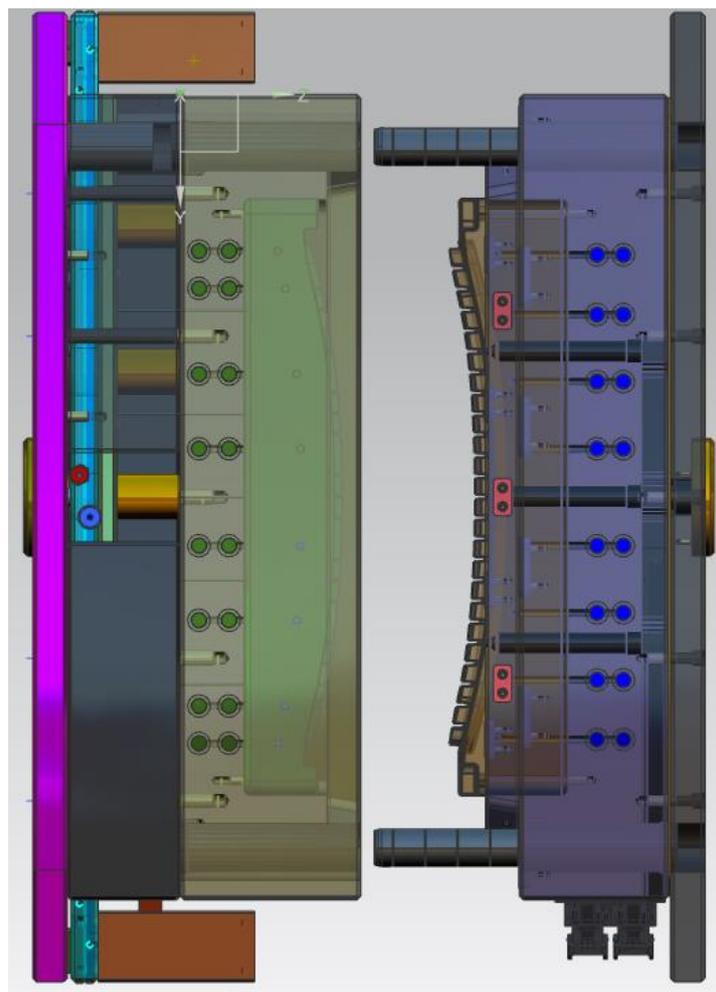


Imagen 25. Columnas centraje posición molde máquina.

3.6.2 Parte núcleo

Al igual que el análisis realizado en la parte cavidad se procede de manera análoga con la parte núcleo. La parte núcleo del molde lleva el movimiento de la expulsión de la pieza. Este parte se une a los platos de unidad de cierre de la máquina la cual realiza el movimiento de avance y retroceso del molde.

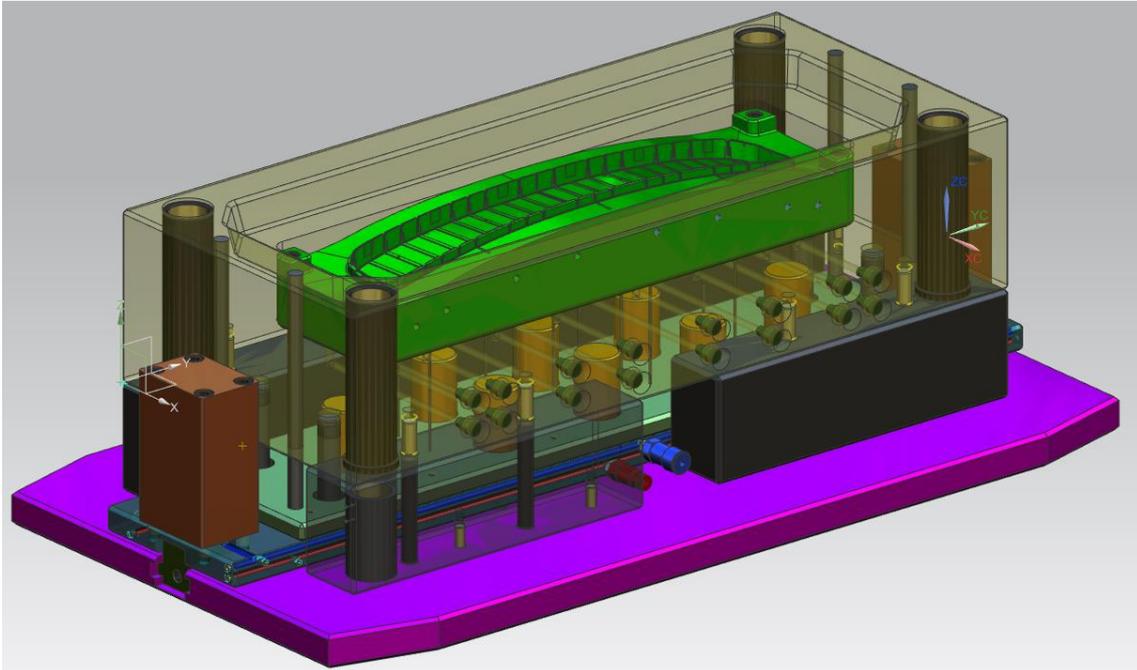


Imagen 26. Semimolde núcleo

Los distintos elementos se unen entre sí a través de los tornillos alojados en el zócalo, en función de las tareas de ajuste o mantenimiento a realizar se desmontarán los elementos necesarios.

Por otro lado, se encuentra el sistema de expulsión formados por retrocesos, expulsores, placas expulsoras y el accionamiento de estos a través de los dos cilindros situados en ambos extremos del molde.

Al igual que en el semimolde cavidad también tiene su circuito de refrigeración para la extracción de calor de la pieza. Los canales de refrigeración se conectan entre sí en el exterior del molde formando un circuito de refrigeración en serie.

3.6.2.1 Anilla centraje núcleo

La anilla de centraje es un elemento cilíndrico fabricado en acero UNE 1.1730 que permite el ajuste del semimolde núcleo con la unidad de cierre de la máquina.

Se encuentra unida al zócalo mediante tres tornillos DIN 912 de M8, para ello se han realizado tres agujeros escariados para alojar la cabeza de los tornillos.

Plano referencia: DMI-12

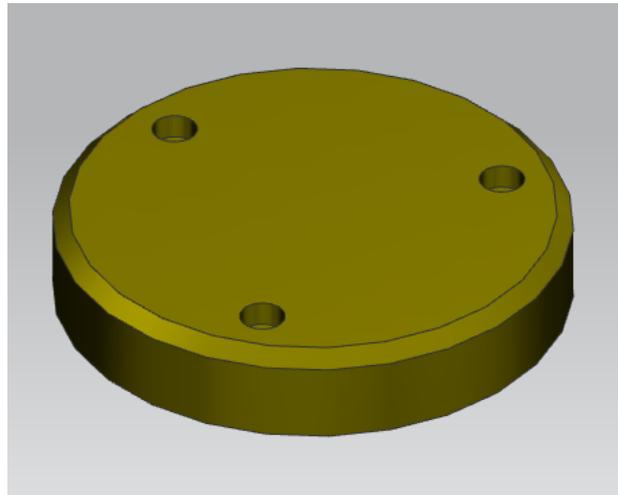


Imagen 27. Anilla de centraje núcleo.

3.6.2.2 Zócalo núcleo

Placa rectangular fabricada en acero UNE 1.1730 que permite el amarre del molde a la unidad de cierre de la máquina.

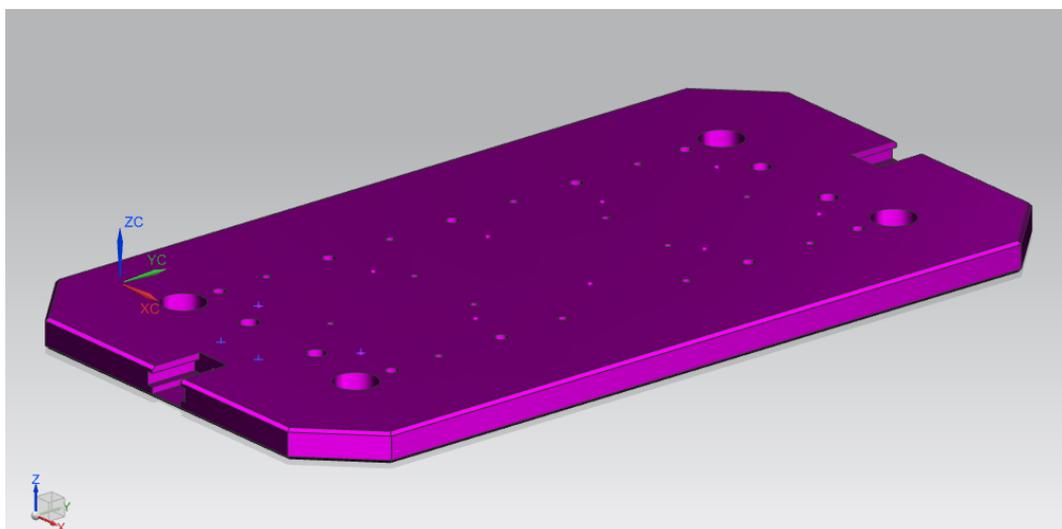


Imagen 28. Zócalo núcleo

En este elemento se encuentran los agujeros escariados para alojar las cabezas de los tornillos que permiten la unión con los distintos elementos del molde, así como los agujeros los casquillos centradores (HASCO Z20/66/160) y las guías de las placas expulsoras (HASCO Z01/30/220).

En ambos extremos se han mecanizado las cajas para colocar el apoyo del cilindro de expulsión que se une mediante un tornillo DIN 912 de M10. En este elemento se apoya el cilindro cuando se encuentra extendido y las placas expulsoras en su posición más alta.

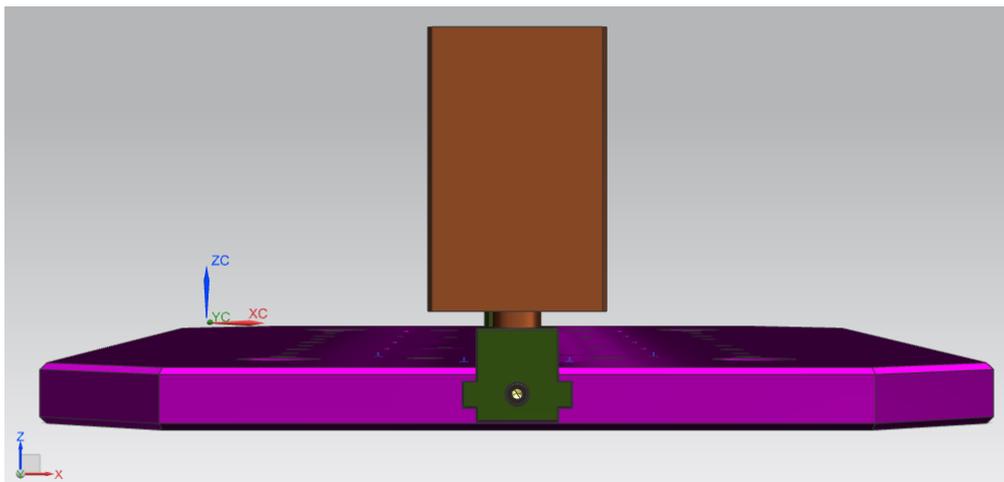


Imagen 29. Cilindro expulsión

En la superficie superior se han realizado los agujeros roscados para colocar los topes de las placas expulsoras, mediante tornillos de cabeza avellanada de M6. Los topes de las placas expulsoras se emplean par evitar el contacto de las placas con el zócalo y facilitar las tares de mantenimiento ante posible acumulaciones de suciedad bajo las placas expusloras.

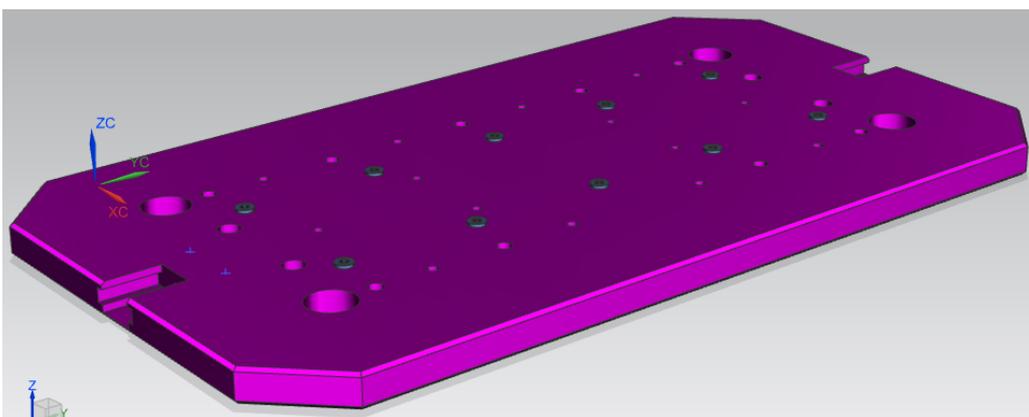


Imagen 30. Zócalo núcleo. Topes placas

Por último, se ha dotado de chaflanes a todas las aristas vivas para evitar posibles daños durante el transporte y manipulación del molde.

Plano referencia: DMI-02

3.6.2.3 Paralelas

Se distinguen dos diseños de paralelas, fabricados en acero UNE 1.1730, ambos destinados a dar consistencia al molde y generar el espacio necesario para el movimiento de las placas expulsoras.

Se encuentran unidas al zócalo núcleo mediante tornillos DIN912 de M14 y permiten el paso de los tornillos DIN912 de M20 para la unión entre zócalo y portamolde núcleo.

Las paralelas de menor tamaño se encuentran distanciadas entre sí para permitir la conexión de las placas expulsoras para su accionamiento mediante enchufes rápidos. En el lateral de una de ellas se han realizado dos agujeros de M4 para la colocación del microrruptor de retroceso de las placas expulsoras.

Por otro lado, en cada uno de los extremos se han realizado taladros para alojar los casquillos centradores HASCO Z20/66x160, así como los casquillos HASCO Z10/236x52 para el guiado de las columnas guía.

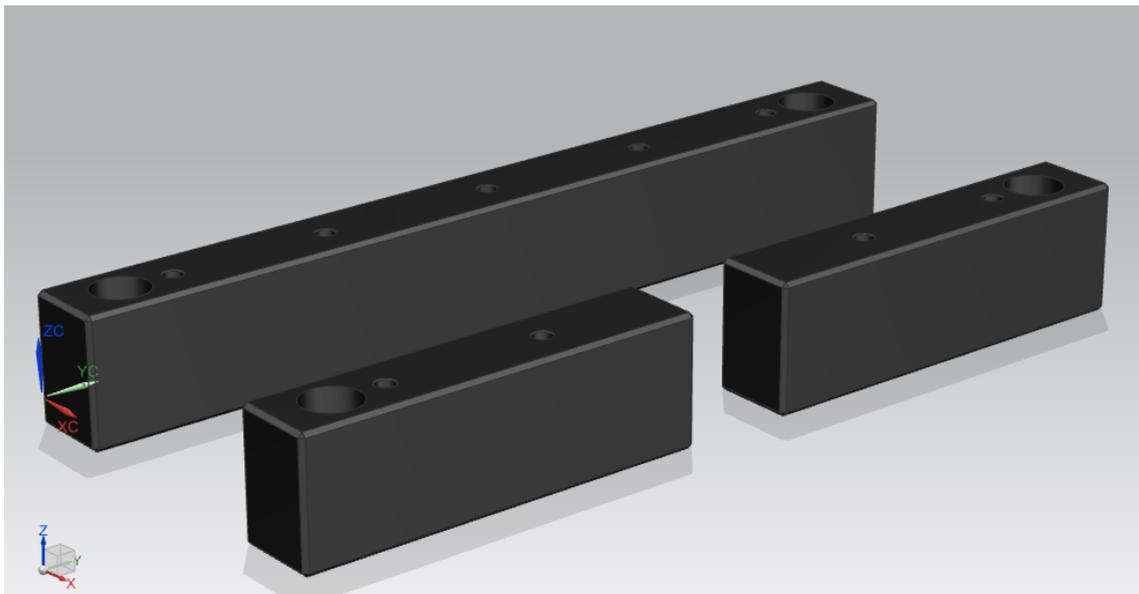


Imagen 31. Paralelas

Plano referencia: Paralela larga DMI-09
Paralela corta DMI-10

3.6.2.4 Placas expulsoras

Las placas expulsoras son elementos rectangulares fabricadas en acero UNE 1.1730 destinadas a alojar los elementos y circuitos encargados de la expulsión de la pieza plástica.

Se distinguen dos placas expulsoras: por un lado, la inferior o portaexpulsora, a la cual se conectan a los cilindros hidráulicos encargados del movimiento de la expulsión. Por otro lado, en la placa expulsora superior se alojan las cabezas de los expulsores y retrocesos.

Ambas placas se encuentran unidas entre sí mediante tornillos DIN 912 de M10 y su guiado se realiza a través de las cuatro guías expulsoras ubicadas en los extremos de ambas placas. Las guías son elementos comerciales cuya referencia es HASCO Z01/30/220. Estas guías deslizan a través de los casquillos HASCO 10/36/30.

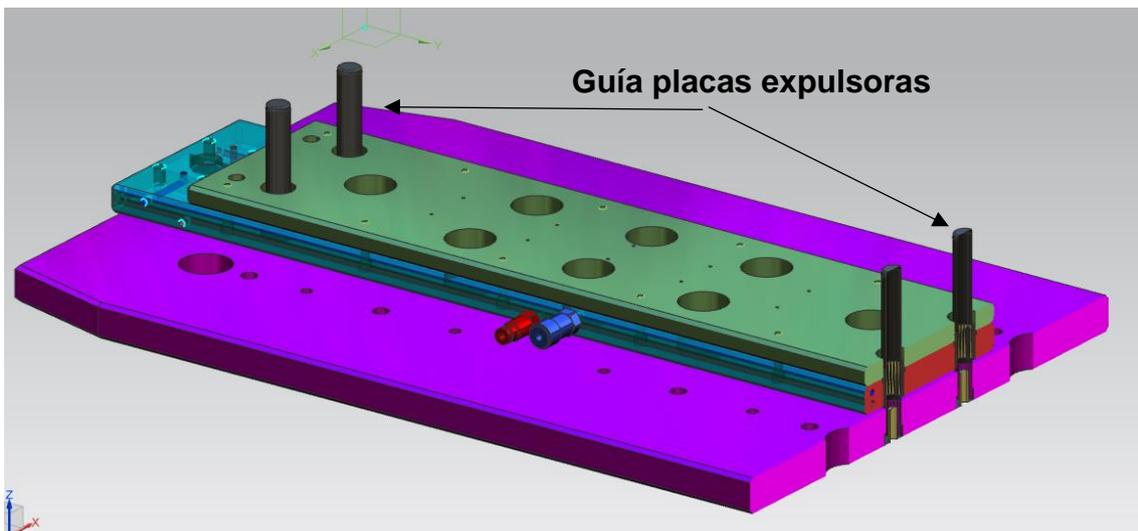


Imagen 32. Placas expulsoras. Guías placas

La placa expulsora inferior tiene mecanizado el circuito para el paso del aceite del circuito de expulsión, así como las cajas en ambos extremos para el cilindro de apoyo. La conexión del circuito de expulsión se realiza mediante los conectores del fabricante STAUBLI:

- Entrada circuito: STAUBLI MPX107102
- Salida circuito: STAUBLI MPX101102

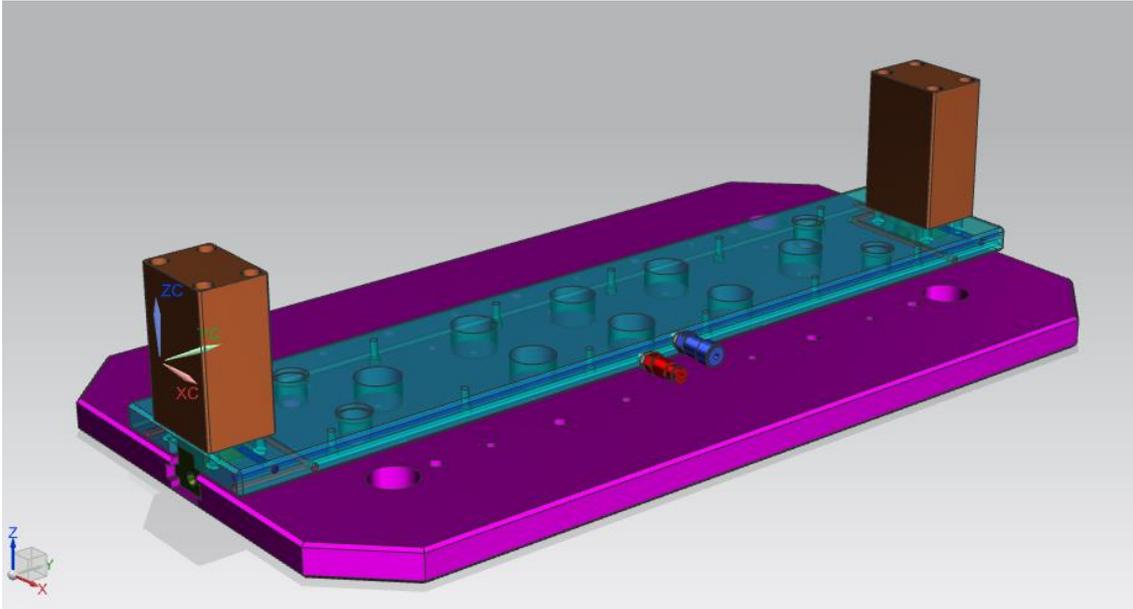


Imagen 33. Placas expulsoras. Cilindros

Por otro lado, en la placa expulsora superior se han realizado las cajas para alojar las cabezas de los expulsores nitrurados (HASCO Z410/4/400), así como las cajas para alojar los retrocesos (HASCO Z41/20/4000). Estos últimos se encargan del retroceso de las placas expulsoras movidos por el contacto con el semimolde cavidad. Los retrocesos son elementos de seguridad en caso de que las placas expulsoras no retrocedan a su posición inicial y aseguran que las placas expulsoras queden planas.

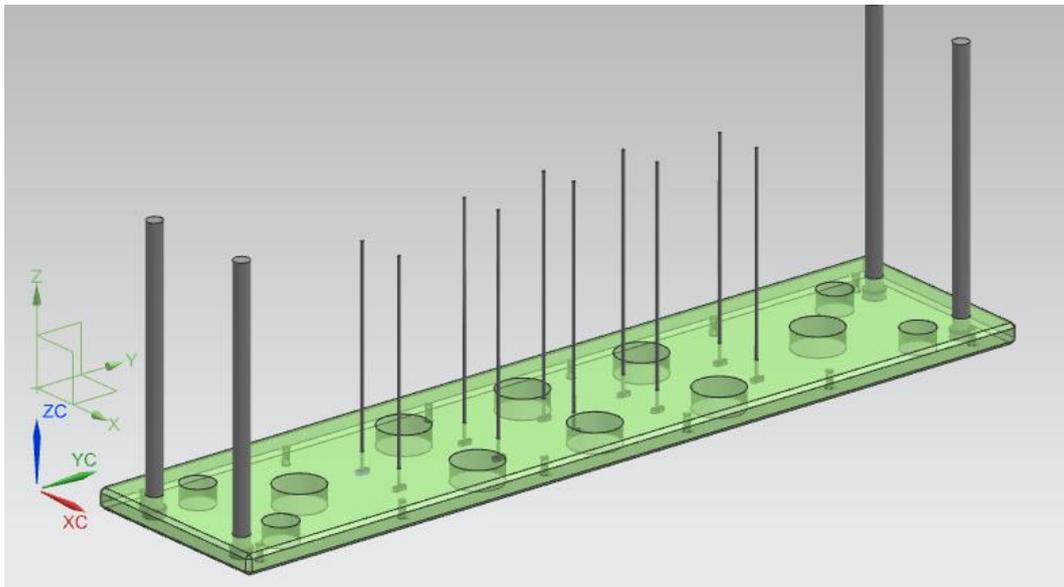


Imagen 34. Placas expulsoras. Retrocesos y expulsores

Plano referencia: Placa expulsora inferior DMI-07
Placa expulso superior DMI-08

3.6.2.5 Sufrideras

Se disponen de ocho sufrideras fabricadas en acero UNE 1.1730 para soportar los esfuerzos de flexión generados durante el proceso de inyección, minimizando la flexión del portamolde. Se encuentran unidas al zócalo núcleo mediante tornillos DIN 912 de M10.

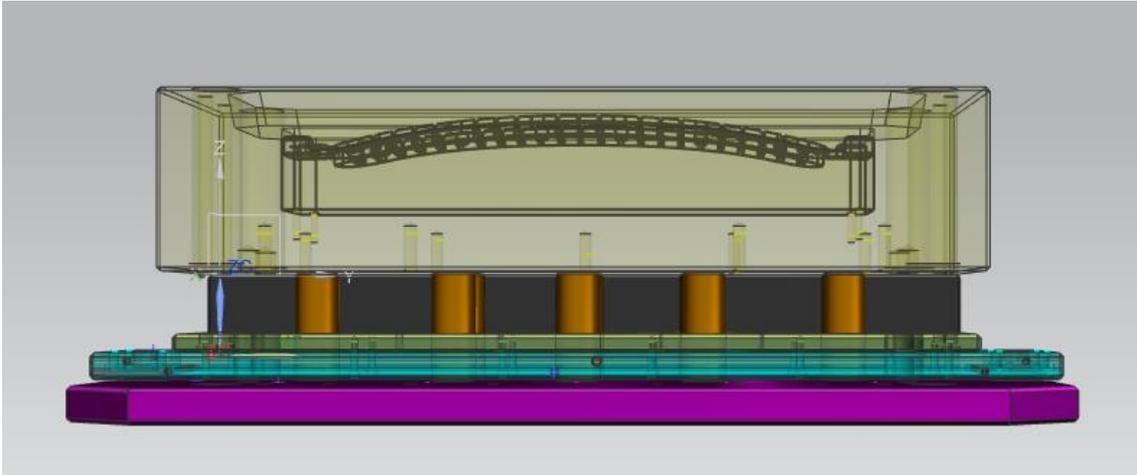


Imagen 35. Vista frontal sufrideras

Se han colocado el mayor número de sufrideras posibles en base al espacio disponible y sin que interfieran con el resto de elementos del sistema de expulsión. Las sufrideras deben de colocarse debajo de los puntos de inyección, ya que es donde se producen las mayores presiones.

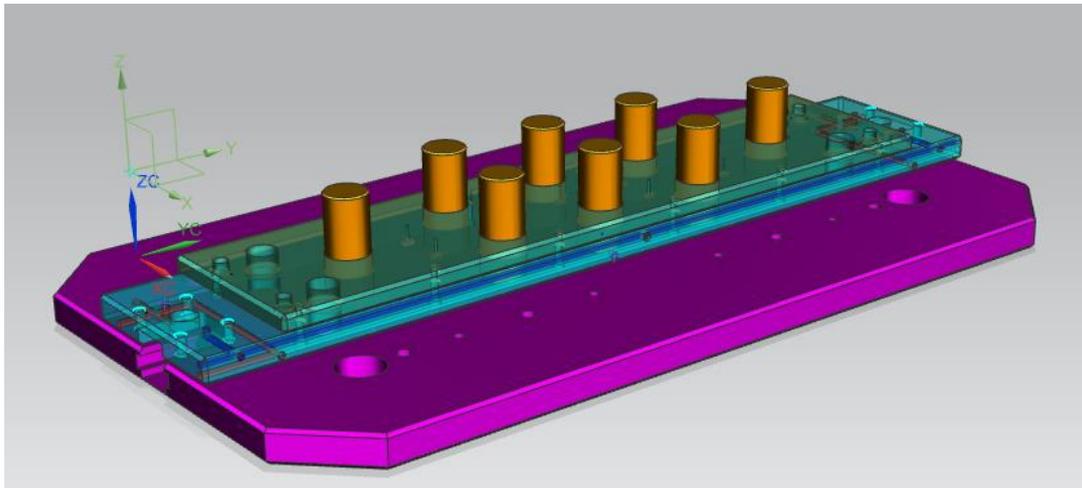


Imagen 36. Disposición sufrideras

Plano referencia: DMI-14

3.6.2.6 Portamolde núcleo

El portamolde núcleo fabricado en acero UNE 1.1730 aloja el inserto núcleo y da consistencia al molde. A su vez, permite la conexión de los canales de refrigeración de la parte núcleo en su exterior.

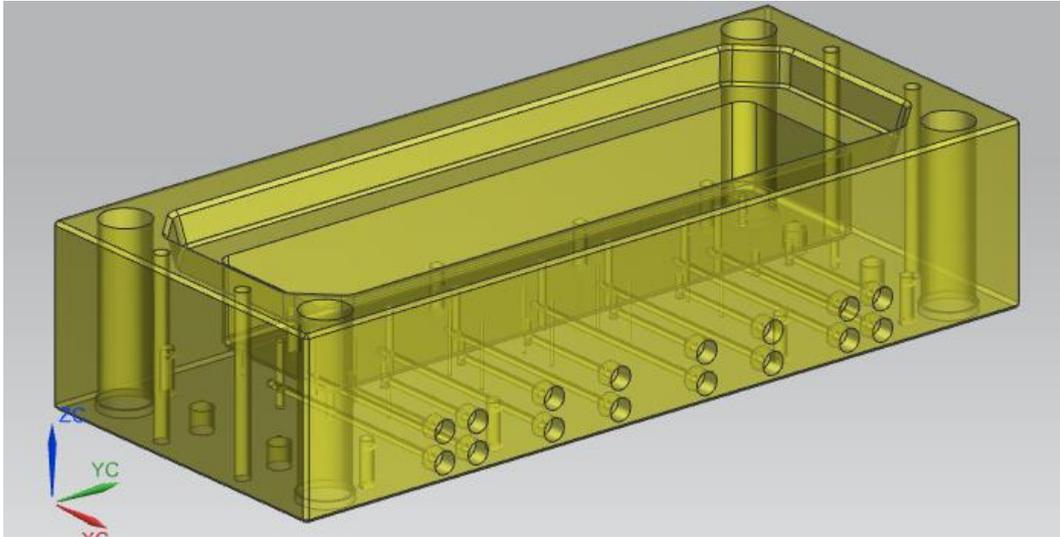


Imagen 37. Semimolde núcleo. Vista 3D

En el diseño de este elemento se deben de tener en cuenta las geometrías para impedir los desplazamientos motivados por los esfuerzos de inyección. Para ello, se ha realizado una caja rectangular, dotando de una inclinación de 10° a las superficies exteriores que entran en contacto con las superficies del portamolde cavidad, impidiendo los desplazamientos del molde. Además, en las aristas vivas se han realizado chaflanes para impedir el contacto de estas zonas con el portamolde cavidad, impidiendo fuentes de concentración de tensiones, tal y como se muestra en la siguiente sección realizada en el molde.

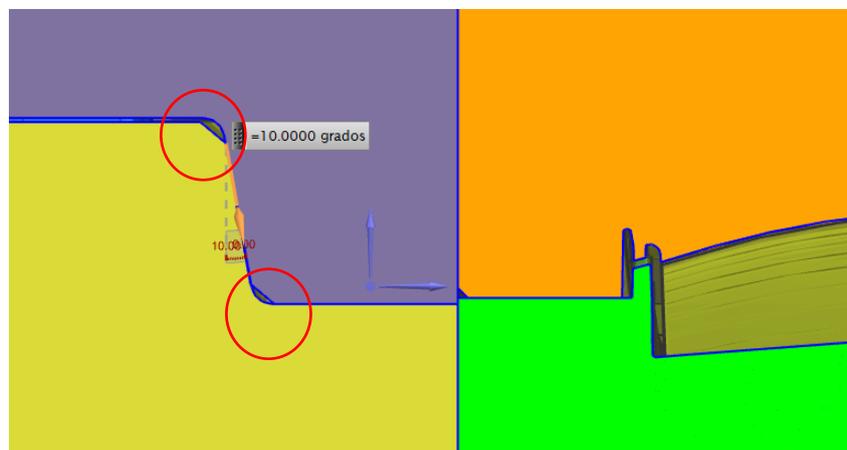


Imagen 38. Sección contraje.

Se han realizado los orificios para los canales de refrigeración de modo que se pueda establecer su conexión en serie y así facilitar su mecanizado con taladros rectos.

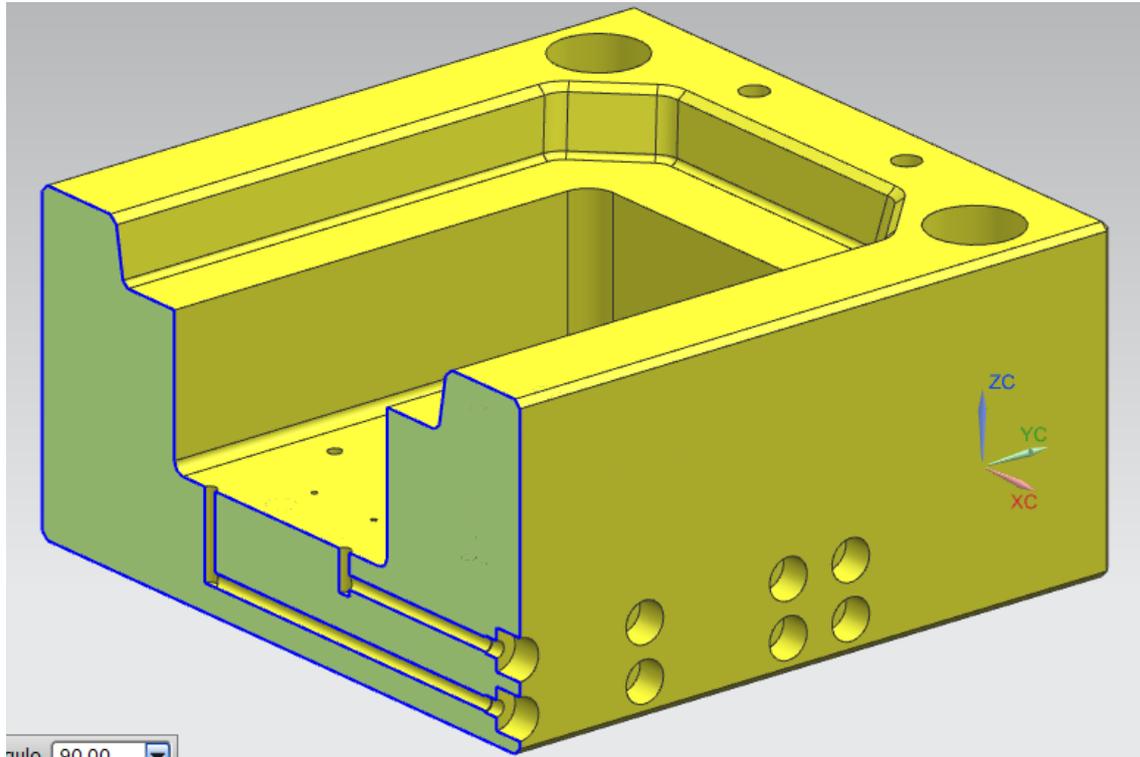


Imagen 39. Vista sección canales de refrigeración portamolde

En la superficie inferior se han realizado los agujeros escariados para alojar los casquillos (HASCO Z10/236/52) de las columnas de centraje principales. Estos casquillos sirven como centraje entre el portamolde núcleo y las paralelas y zócalo.

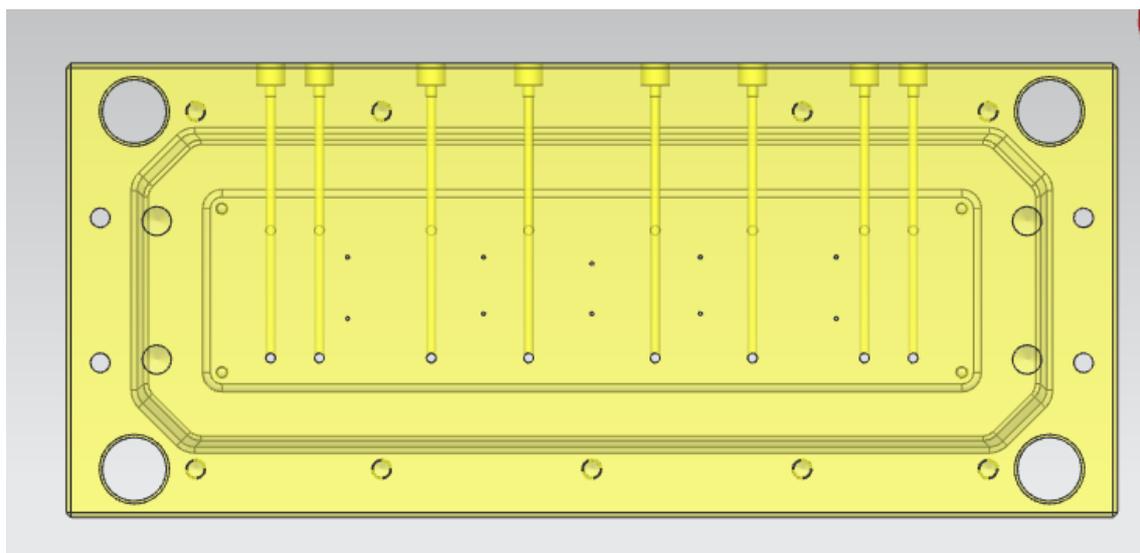


Imagen 40. Portamolde núcleo. Vista inferior.

Se disponen de cuatro agujeros para empotrar las cabezas de las guías de las placas expulsoras e impedir su desplazamiento. Por otro lado, se disponen agujeros pasantes en ambos lados para el movimiento de los retrocesos, así como de todos los agujeros roscados para la unión con el zócalo y paralelas.

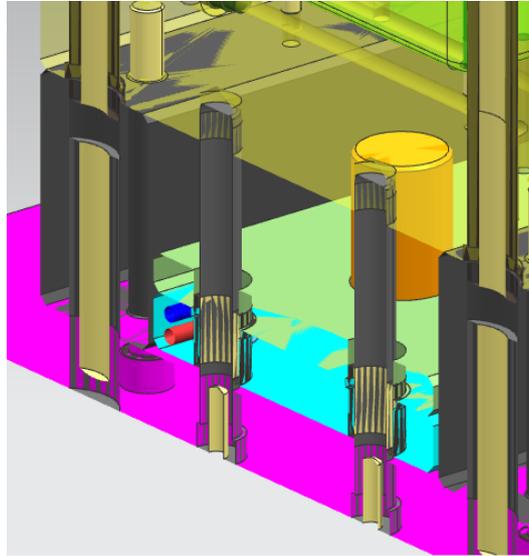


Imagen 41. Guías placa expulsora empotradas.

Plano referencia: DMI-04

3.6.2.7 Apoyo cilindro

Este elemento sirve como apoyo al cilindro de expulsión cuando este se acciona para el movimiento de las placas expulsoras. Se encuentra atornillado al zócalo

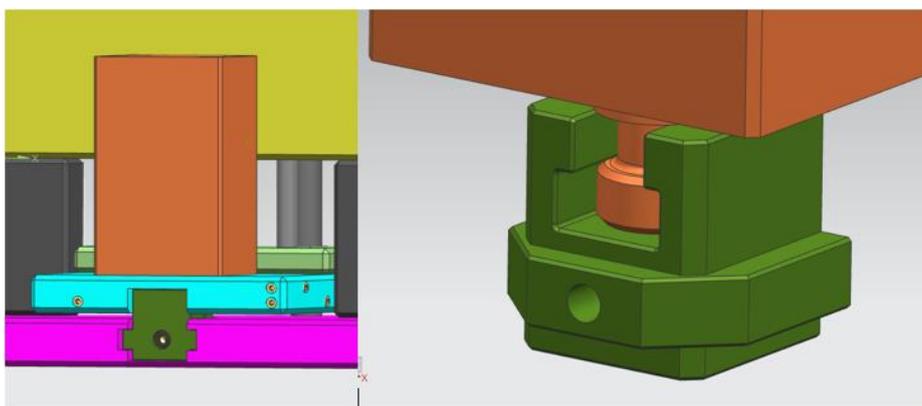


Imagen 42. Apoyo cilindro

Plano referencia: DMI-13

3.6.2.8 Inserto núcleo

El inserto cavidad fabricado en acero UNE 1.2738 tiene grabada la superficie no vista de la pieza a moldear. Se une al portamolde núcleo mediante tornillos DIN912 de M12.

En los cuatro extremos se han diseñado las geometrías para reducir los movimientos del molde durante el proceso de inyección, realizando funciones de contraje. Además, se han realizado los taladros para alojar los tornillos que unen el inserto al portamolde núcleo.

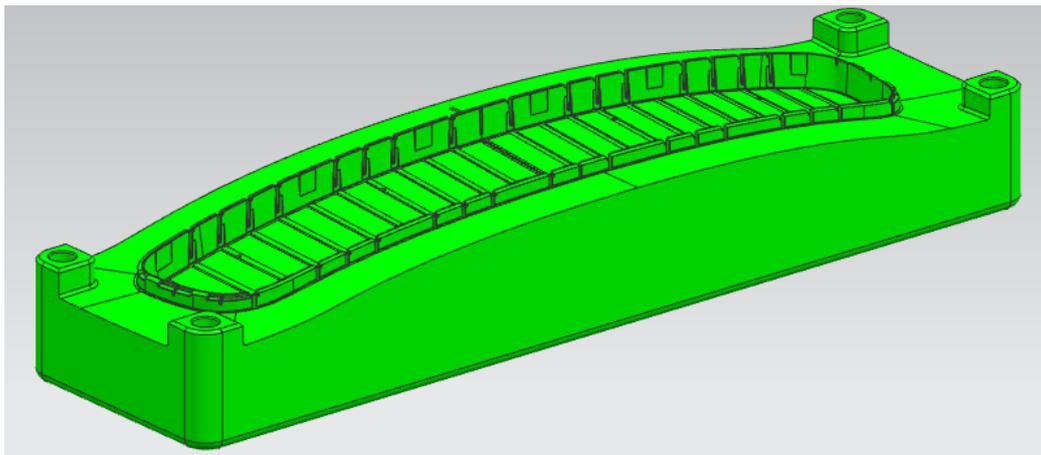


Imagen 43. Inserto núcleo. Vista 3D

Los taladros para los canales de refrigeración se han realizado en la superficie frontal e inferior. Los orificios de la superficie frontal se tapan mediante tapones de rosca G1/4 para impedir la salida del refrigerante.

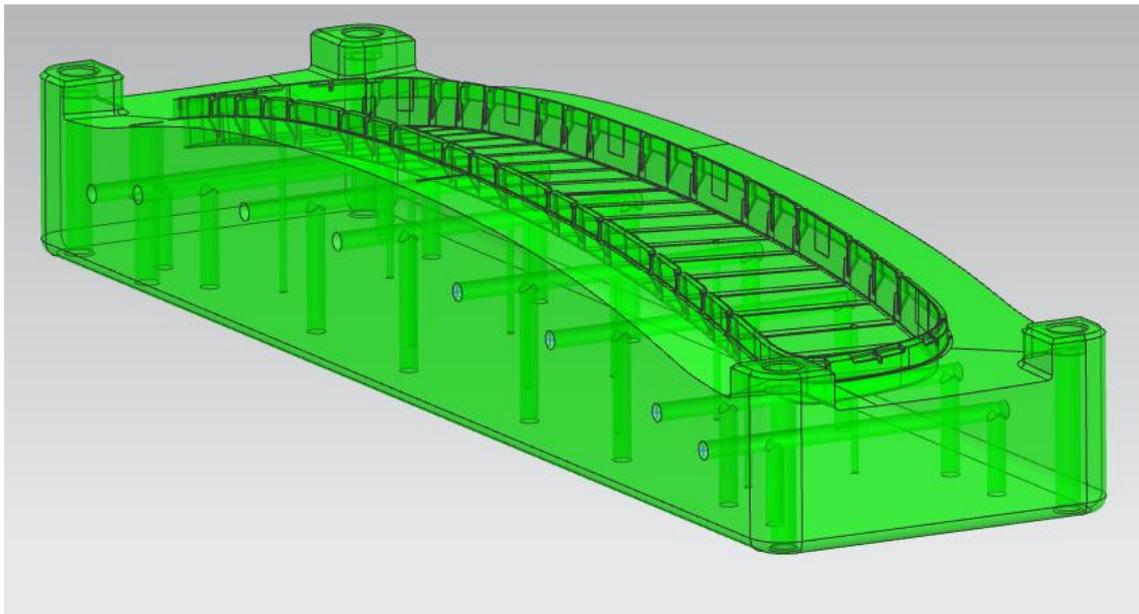


Imagen 44. Inserto núcleo. Canales de refrigeración

Por último, en la superficie inferior se han realizado los agujeros pasantes para el paso de los expulsores, que después se recortaran con las superficies de partición del molde.

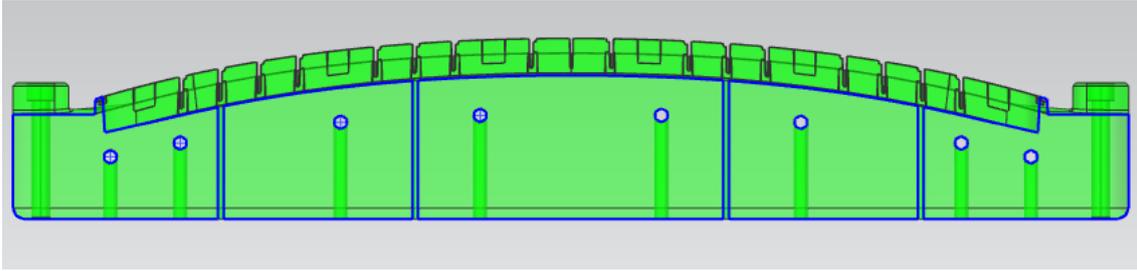


Imagen 45. Vista sección expulsores en núcleo.

Plano referencia: DMI- 06

3.6.2.9 Expulsores

Los expulsores son elementos comerciales del fabricante HASCO cuya referencia es Z410/4/400. Se disponen de diez expulsores nitrurados ubicados en distintos puntos de la pieza para garantizar su expulsión. Estos elementos se recortan con las superficies de inserto núcleo tal y como se muestra en la imagen.

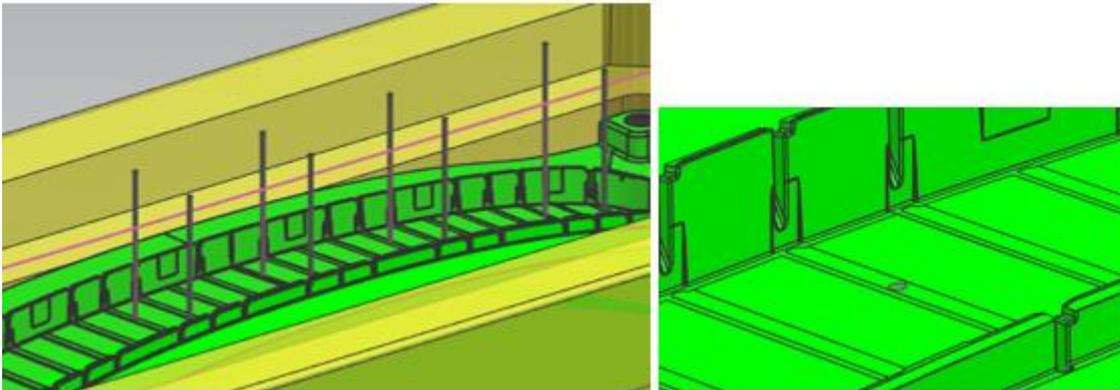


Imagen 46. Expulsores

3.6.3 Sistema de inyección

El sistema de inyección seleccionado es mediante cámara caliente ya que ofrece mejores propiedades en la inyección que el sistema tradicional de colada en frío.

La cámara caliente permite mantener el material sin degradación hasta el punto de inyección en la pieza. Este sistema puede utilizarse tanto en molde de una o múltiples cavidades.

Una vez realizado el análisis de llenado, es decir, establecidos el número de punto de inyección su ubicación y las condiciones del proceso se procede a realizar el diseño del sistema de llenado en el molde de inyección. Se ha realizado una simulación de llenado en Moldflow modelizando el sistema de cámara caliente. Los resultados del análisis se encuentran en el documento nº 4 Anexo: Simulaciones y cálculos.

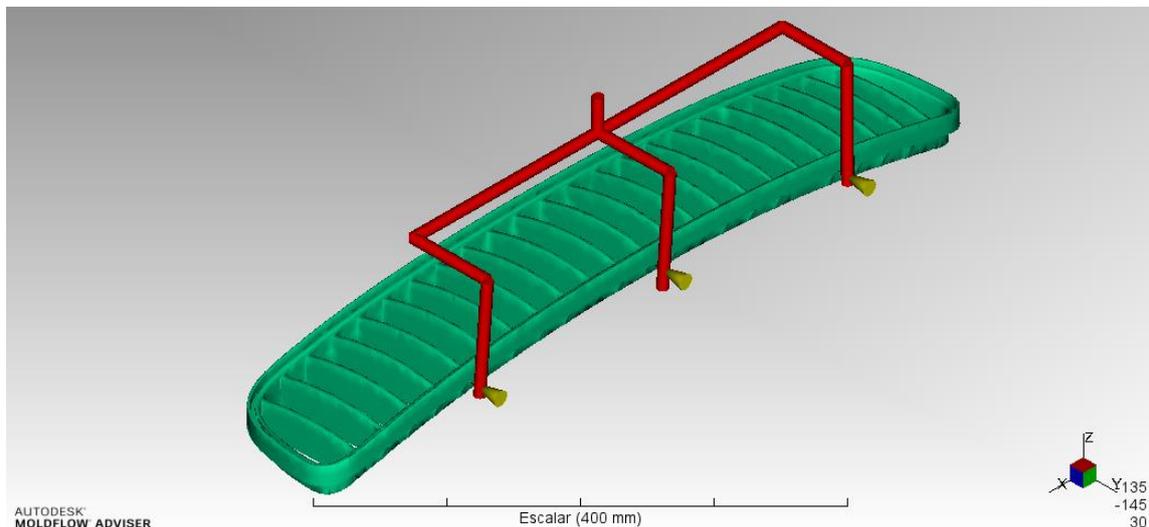


Imagen 47. Sistema de inyección Moldflow

Primero, se obtienen los distintos elementos a través de la página web del fabricante de la cámara caliente SYNVENTIVE, siendo estos, las boquillas de inyección, los conectores y elementos auxiliares. Estos se ubican de acuerdo a la distribución de los puntos de inyección. Una vez realizado estos, se procede a realizar el vaciado de la cámara caliente en el portamolde y semimolde cavidad.

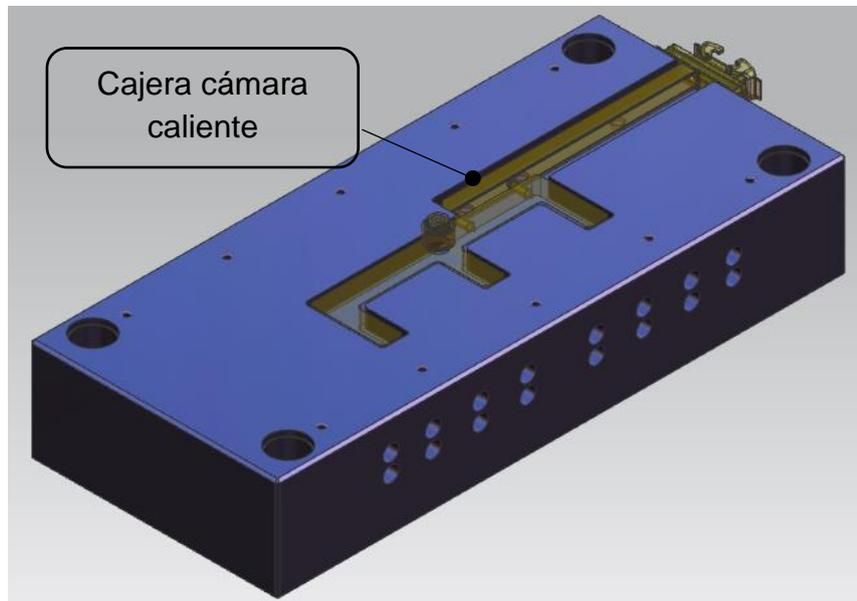


Imagen 48. Vaciado cámara caliente.

Hecho esto, las boquillas se deben de cortar con la superficie del semimolde cavidad, para permitir un correcto cierre del molde.

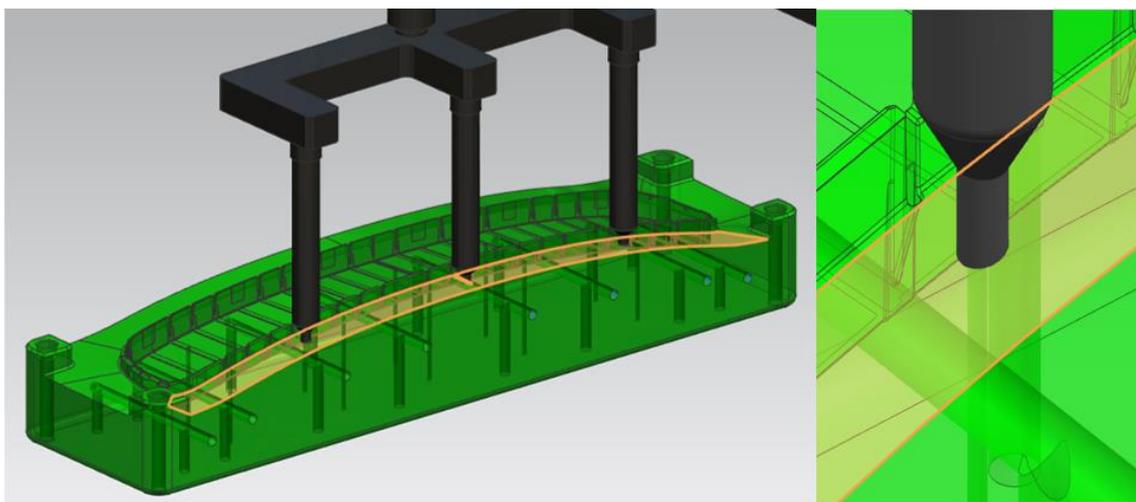


Imagen 49. Corte boquillas con plano inserto núcleo.

Por último, se realizan las geometrías de las entradas de inyección a pieza tanto en el semimolde núcleo como cavidad. Las entradas de inyección son directas a

pieza en una zona no vista de la pieza, por tanto la marca del punto de inyección no tienen influencia en el acabado estético.

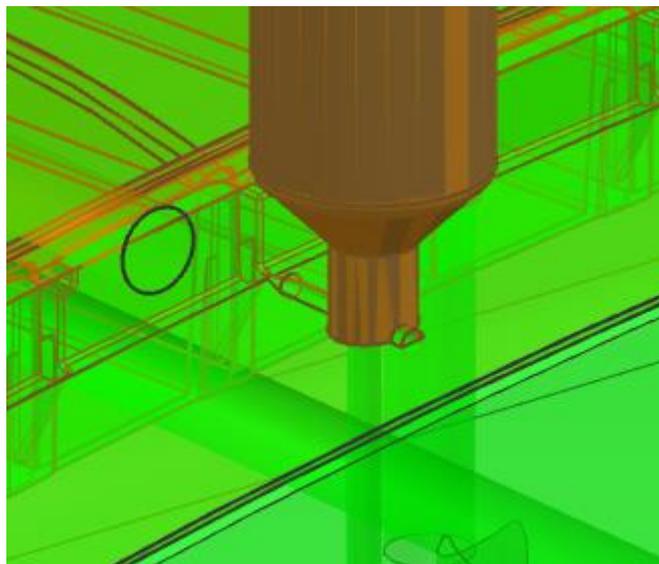


Imagen 50. Entradas de inyección directas a pieza.

3.6.4 Sistema de refrigeración

El objetivo del sistema de refrigeración es la extracción de calor de la pieza durante el proceso de inyección. En el diseño de los canales de refrigeración se deben de tener en cuenta los movimientos del sistema de expulsión sin que interfiera con el resto de los elementos. Este diseño va ligado a los resultados obtenidos en el análisis térmico del Moldflow, analizando los puntos calientes de la pieza y aproximando los canales a estos.

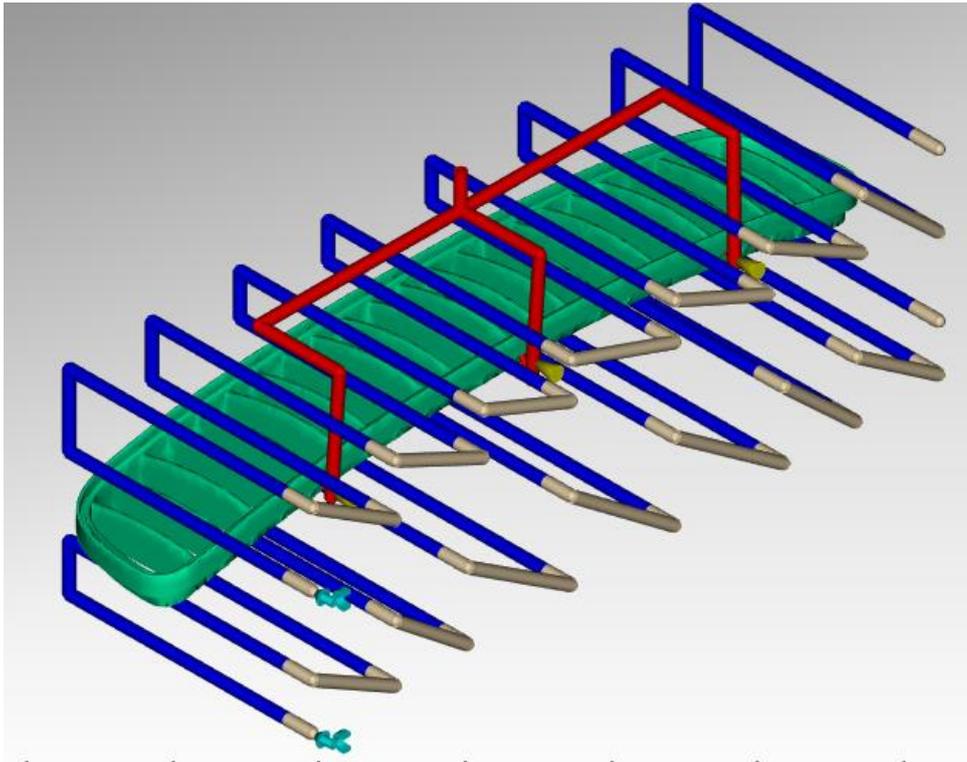


Imagen 51. Canales de refrigeración Moldflow

En el lado núcleo los canales de refrigeración no deben de interferir con los expulsores. Por el lado cavidad, los canales de refrigeración no deben de interferir con el sistema de alimentación y en la medida de lo posible no aproximarse a las boquillas de la cámara caliente.

Se han empleado canales en paralelo conectados en serie en el exterior del molde, siendo la salida de una la entrada del siguiente. La conexión de los canales se realiza en el exterior del molde mediante puentes entre las entradas y salidas de estos. Esta conexión se realiza mediante los enchufes rápidos Staubli RPL 08.1151.

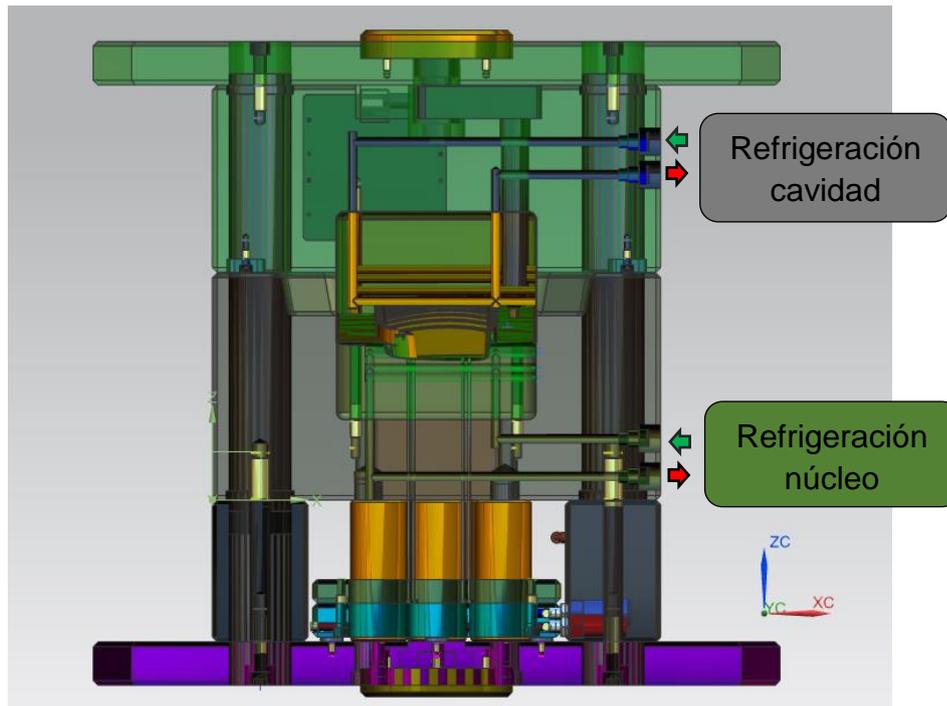


Imagen 52. Vista sección canales de refrigeración

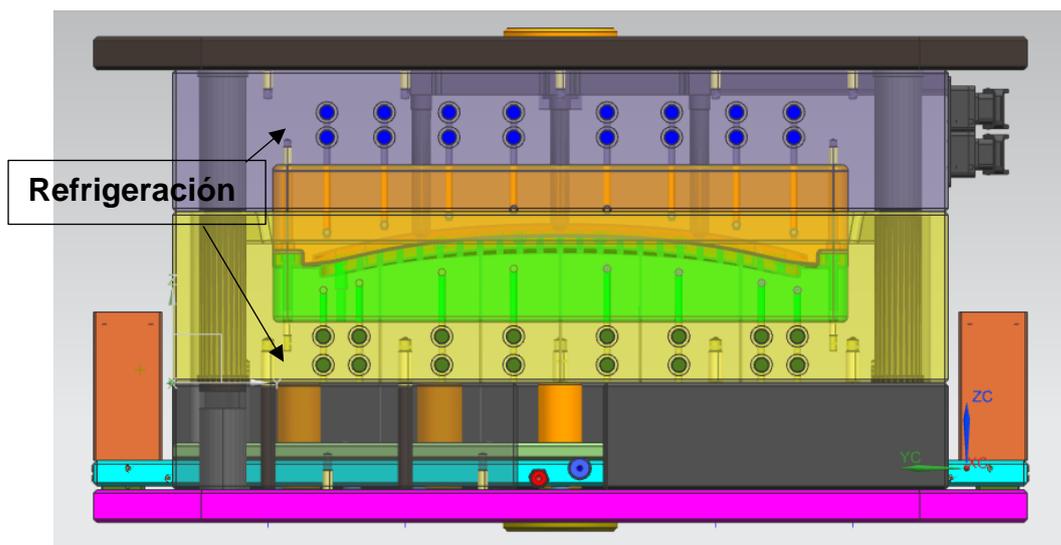


Imagen 53. Sistema refrigeración molde: entradas.

El sistema de refrigeración diseñado se ha realizado mediante taladros rectos facilitando su mecanizado posterior. Se comienza con el dimensionamiento y posicionamiento en el portamolde para después posicionar los taladros pasantes en los insertos. Los canales en el inserto núcleo se sitúan aproximadamente a 30mm de la pieza. Los orificios de taladros realizado se taponan con tapones roscados de G1/4, de este modo se guía el refrigerante por los canales diseñados.

3.6.5 Sistema de expulsión

El sistema de expulsión de la pieza se encarga de la extracción de la pieza una vez esta ha plastificado. La geometría de la pieza no precisa del diseño de carros o desplazables ya que no presenta ninguna contrasalida que deba de ser liberada. Por tanto, solo se han diseñado el posicionamiento de los expulsores y el accionamiento de estos.

Se han empleado diez expulsores diámetro 4mm distribuidos simétricamente en las barretas de la pieza. Es recomendable utilizar expulsores de diámetro mayor ya que la marca que dejan en la pieza es mayor cuanto menor es el diámetro, en este caso el diseño de la pieza impide la utilización de expulsores de mayor diámetro. La cabeza de los expulsores se aloja en las placas expulsoras y estos se mueven junto con las placas expulsoras.

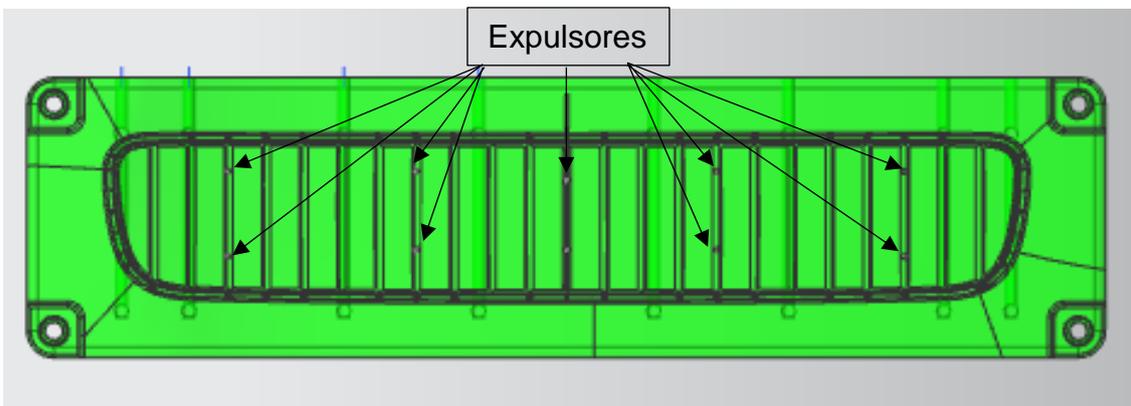


Imagen 54. Distribución expulsores.

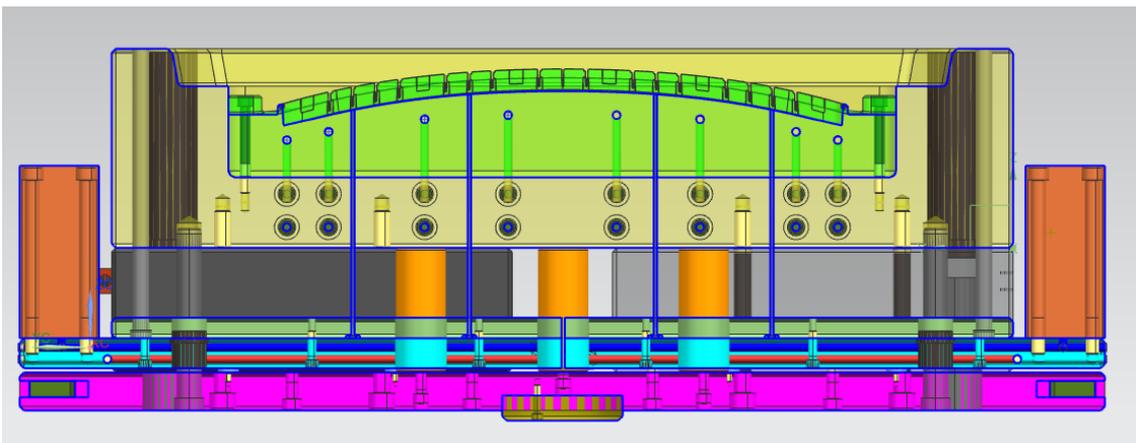


Imagen 55. Vista sección expulsores

El accionamiento de las placas expulsoras se realiza mediante los circuitos de aceite que tienen su conexión en la placa expulsora inferior la cual lleva el movimiento de la expulsión.

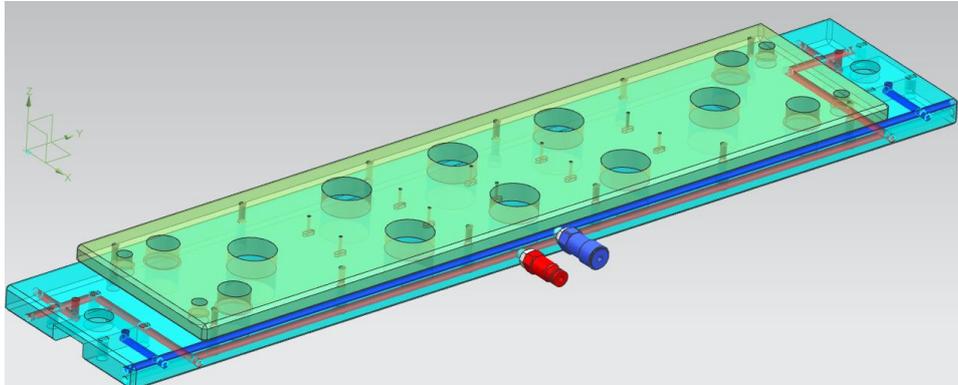


Imagen 56. Circuito accionamiento expulsión.

El circuito inferior cuenta con la entrada para el accionamiento de la expulsión, mientras que el superior lleva la salida del circuito para el retroceso de las placas expulsoras. Este circuito acciona los cilindros de expulsión unidos a la placa portaexpulsora (inferior).

La secuencia de expulsión de la pieza comienza con la apertura del molde una vez esta ha solidificado. El circuito de accionamiento expande el cilindro de expulsión, moviendo las placas expulsoras y los elementos ubicados en ellas, expulsores y retrocesos.

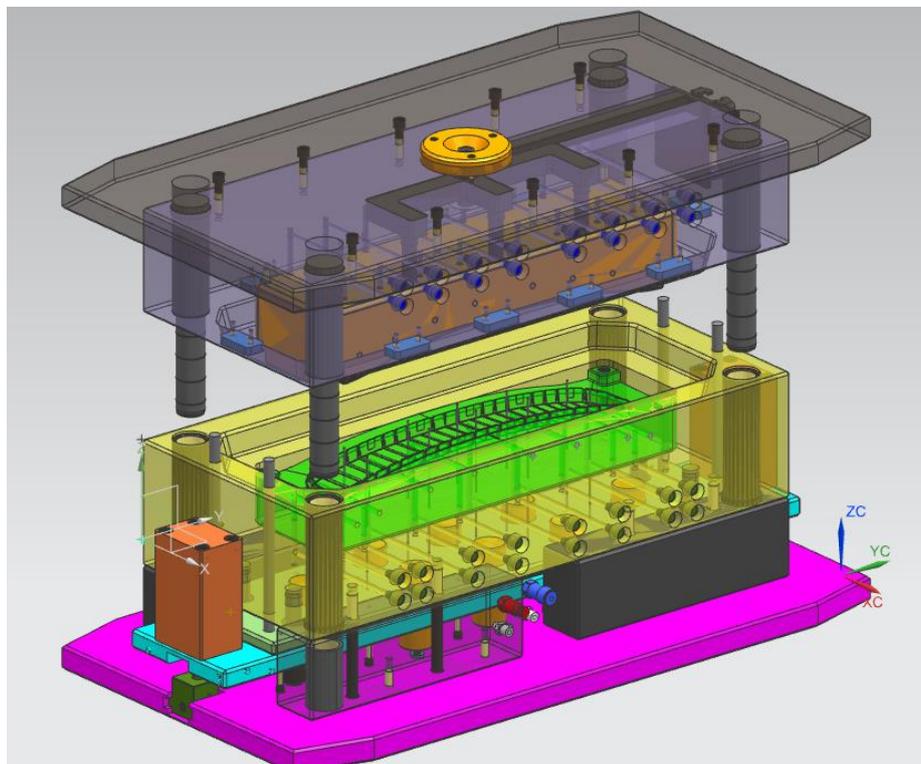


Imagen 57. Sistema de expulsión: Posición expulsión

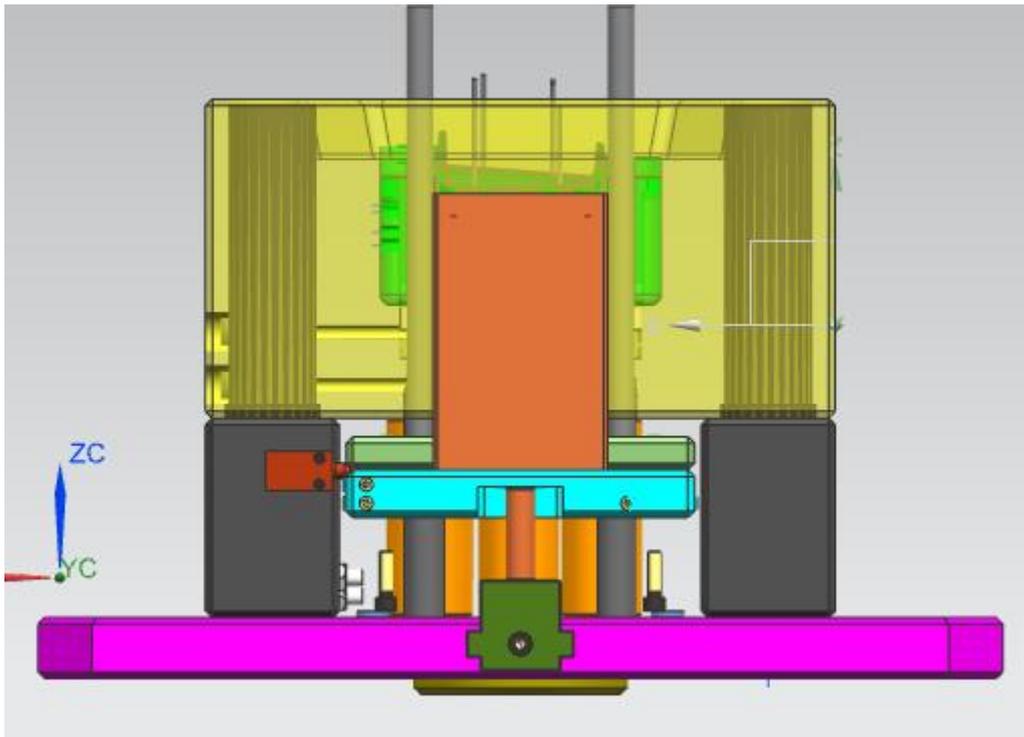


Imagen 58. Microrruptor placas expulsión.

Una vez alcanzada la carrera de expulsión se acciona el microrruptor y las placas vuelven a su posición inicial o de reposo. En caso de fallo en el accionamiento hidráulico, los retrocesos accionarían las placas expulsoras, volviendo a su posición inicial con el cierre del molde. A su vez, los retrocesos garantizan que las placas expulsoras queden perfectamente planas gracias al empuje del semimolde cavidad.

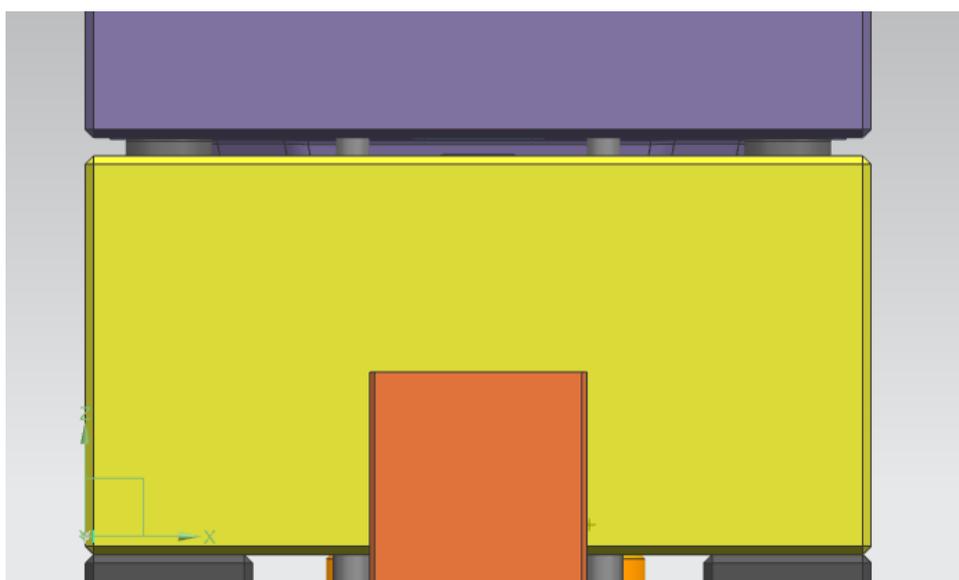


Imagen 59. Posición inicial, contacto con retroceso