



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

MOLDE DE INYECCIÓN PARA ESTABILIZADOR DE CÁMARA

DOCUMENTO Nº3: CÁLCULOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: MARCOS

APELLIDOS: DIEZ LÓPEZ

FDO.:

FECHA: 12/02/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: ROBERTO

APELLIDOS: LOBATO GONZÁLEZ

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA:12/02/2015

3. CÁLCULOS

3.1. INTRODUCCIÓN	3
3.2. OBJETO DEL DOCUMENTO	4
3.3. DISEÑO DE LA PIEZA	5
3.3.1. ANALISIS ESTRUCTURAL	5
3.3.1.1. Hipótesis de cargas	6
3.3.1.1.1. Caso 1	7
3.3.1.1.2. Caso 2	9
3.3.1.1.3. Caso 3	10
3.3.1.2. Preparación de simulaciones	12
3.3.1.2.1. Caso 1	13
3.3.1.2.2. Caso 2 y 3	14
3.3.1.3. Análisis de resultados	14
3.3.1.3.1. Caso 1	15
3.3.1.3.2. Caso 2	19
3.3.1.3.3. Caso 3	20
3.3.2. ANÁLISIS DE LAS PIEZAS	21
3.3.2.1. Elección del material	21
3.3.2.2. Punto de inyección	23
3.3.2.3. Rechupes	24
3.4. DISEÑO DEL MOLDE	25
3.4.1. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN	25
3.4.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	30
3.4.3. ANALISIS LLENADO, REFRIGERACIÓN, COMPACTACIÓN	32
3.4.3.1. Estudio de llenado	32
3.4.3.1.1. Tiempo de llenado	32
3.4.3.1.2. Predicción de la calidad	33
3.4.3.1.3. Atrapamientos de aire	34

3.4.3.1.4. Líneas de soldadura	34
3.4.3.2. Estudio de compactación	35
3.4.3.3. Estudio de la refrigeración	36
3.4.3.3.1. Temperatura del líquido refrigerante	37
3.4.3.3.2. Temperatura de la pieza	37
3.5. ANTECEDENTES	38
3.5.1. AREA PROYECTADA	38
3.5.2. FUERZA DE CIERRE	38
3.5.3. AREA DE CONTACTO	38
3.5.4. TIEMPO DE INYECCIÓN	39
3.5.4.1. Tiempo de solidificación o enfriamiento	40
3.5.4.2. Tiempo total del ciclo de inyección	41
3.5.5. CÁLCULO DE LA COLADA	42
3.5.5.1. Geometría de la colada	42
3.5.5.2. Orificio de llenado	42
3.5.6. CÁLCULO DE LA CONTRACCIÓN	43
3.6. RESULTADOS FINALES	44
3.6.1. HUELLAS	45
3.6.2. PLACA PORTACAVIDADES	45
3.6.3. CAVIDADES	46
3.6.4. PLACA PORTANÚCLEOS	47
3.6.5. NÚCLEOS	47
3.6.6. CARROS LATERALES	48
3.6.6.1. Leva	48
3.6.6.2. Cuerpo deslizadera	48
3.6.7. EXPULSORES	49
3.6.8. PLACA EXPULSORA Y PORTAEXPULSORES	49

3.1. INTRODUCCIÓN

Mediante los cálculos realizados gracias a los sistemas informáticos, CAD (diseño asistido por ordenador), CAE (ingeniería asistida por ordenador) y CAM (fabricación asistida por ordenador), se han analizado múltiples factores imprescindibles para la consecución del diseño del molde de inyección plástica. Dicho molde será construido con el objetivo de producir una pieza de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

Previamente se ha construido la pieza mediante el programa NX 9.0. Además, mediante esta herramienta se ha realizado un análisis estructural de esta así como la elección de todos los elementos que constituyen el molde.

Una vez que la pieza está diseñada y se ha comprobado que aguanta las posibles cargas que sufrirá en su uso, y se han definido totalmente los elementos básicos del molde, se calculan y analizan los sistemas de refrigeración y alimentación, además de la localización óptima del punto de inyección. Este proceso se realizará mediante el software de Autodesk para simulación de moldes (Moldflow Adviser), este mostrará los fallos a mejorar y las características del diseño final.

Para finalizar, y también con Moldflow Adviser, se han calculado números factores referentes a los procesos de llenado, compactación y refrigeración. También se han analizado los posibles fallos que la pieza pueda presentar.

3.2. OBJETO DEL DOCUMENTO

El presente documento tiene como fin justificar cada una de las decisiones adoptadas para el diseño de un molde dirigido a la producción de una pieza de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).

Para el correcto dimensionado de las piezas que compondrán el molde, para la realización del estudio de la pieza a moldear y para el cálculo del molde se dispondrá de distintos programas y sistemas informáticos (CAD, CAE, CAM).

Los mencionados programas permiten un amplísimo análisis de diferentes factores. Entre ellos se calcula la fuerza de cierre del molde, peso aproximado de la pieza, calidad de la misma, etc.

Todos los cálculos y análisis presentados a continuación permiten la correcta elección de los elementos constituyentes del molde de inyección.

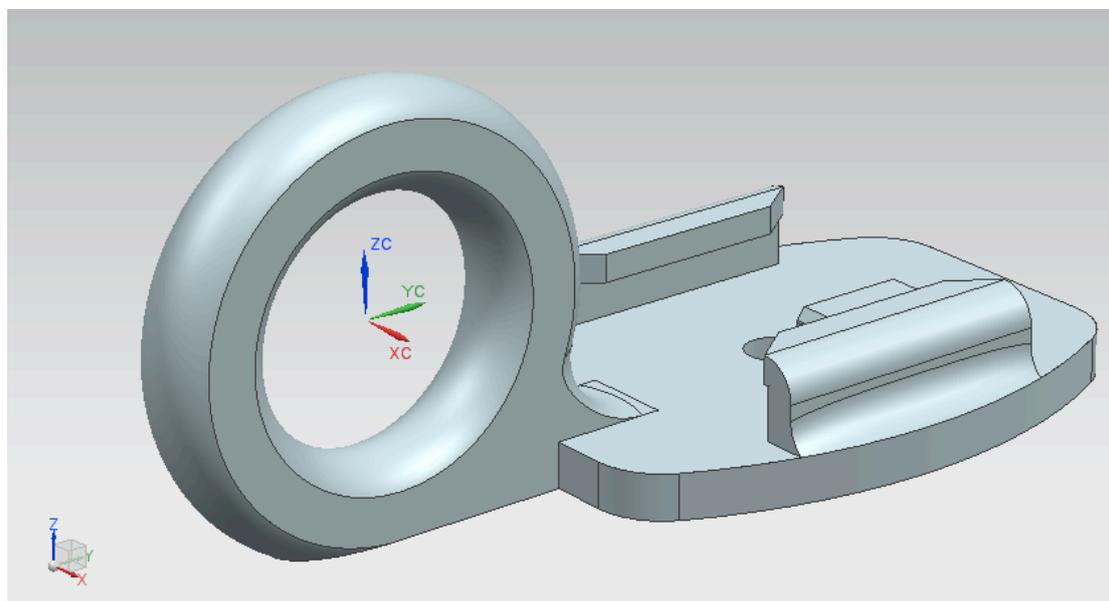


Figura 1: Estabilizador de cámara

3.3. DISEÑO DE LA PIEZA

Para el diseño final del estabilizador de cámara ha sido necesario realizar primeramente un cálculo estructural, mediante un software de elementos finitos, el cual determinará si la pieza que se había definido en un primer momento cumple con las cargas que se espera que soporte durante su vida útil.

Una vez la pieza esté correctamente diseñada se realizarán una serie de análisis con el objetivo de saber si las piezas resultan viables para su fabricación mediante inyección plástica.

3.3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Lo primero que se debe hacer al realizar un análisis estructural mediante elementos finitos es pensar en que resultados se quieren conocer del modelo a estudio y cuales van a ser las situaciones que se van a simular.

Para el diseño del estabilizador se quiere saber si las piezas que lo forman aguantarán las cargas, para ello se buscará que las deformaciones de las piezas bajo trabajo no sean excesivas y que las tensiones que sufren no superen el límite elástico del material con el que se moldean.

La pieza a diseñar consta de dos posibles funcionamientos: como estabilizador de cámara y como parte de un soporte de grabación.

Cuando funciona como estabilizador de cámara la pieza es agarrada por el anillo introduciendo un dedo a través de el, de modo que gracias a los pesos del extremo inferior del soporte, la grabación con la cámara queda estabilizada. Con este funcionamiento la pieza a diseñar soporta todas las cargas que generan los distintos elementos que monta.

En cambio, cuando funciona como parte de un soporte de grabación solo le afectaran las cargas que influyen en la cámara.

3.3.1.1. Hipótesis de cargas

Las hipótesis de carga que se han creado para el estudio de las piezas se han dividido en tres casos: el primero cuando trabaja como estabilizador y los dos últimos cuando trabaja como soporte.

Cada uno de estos casos constará, a su vez, de tres subcasos que se corresponderán con las cargas que sufren las piezas en estático y cuando se mueve dependiendo de las direcciones.

En primer lugar, se definirán las dos cargas con las que se va a trabajar, las cuales serán invariables a lo largo del proceso. Estas son: la fuerza que ejerce la cámara debido a su peso (F_c) y la fuerza que ejerce el resto del soporte debido también a su peso (F_s).

$$F_c = P_c \cdot g = 0,17 \cdot 9,81 = 1,67 \text{ N}$$

$$F_s = P_s \cdot g = 0,2 \cdot 9,81 = 1,97 \text{ N}$$

Donde:

P_c : Peso de la cámara y su carcasa (kg)

P_s : Peso del soporte inclusive los contrapesos (kg)

G : Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Los valores obtenidos para las fuerzas del soporte y de la cámara deberán ser multiplicadas por un coeficiente de seguridad, cuya misión es proporcionar un margen de seguridad que reduzca el valor de fallo hasta un nivel aceptable.

Como coeficiente de seguridad se ha elegido un valor de 2 porque se trata de piezas hechas con un material dúctil en condiciones de trabajo no muy agresivas y sometidas a cargas que pueden someterse con cierta aproximación.

De este modo, los valores con los que se trabajara son:

$$F_c = 3,34 \text{ N}$$

$$F_s = 3,94 \text{ N}$$

3.3.1.1.1. Caso 1

Como ya se ha explicado anteriormente en este caso se analizarán las piezas cuando trabajan como estabilizador.

- Estático

Las fuerzas que soportará la pieza cuando este en estático serán únicamente las correspondientes a los pesos de la cámara y el soporte.

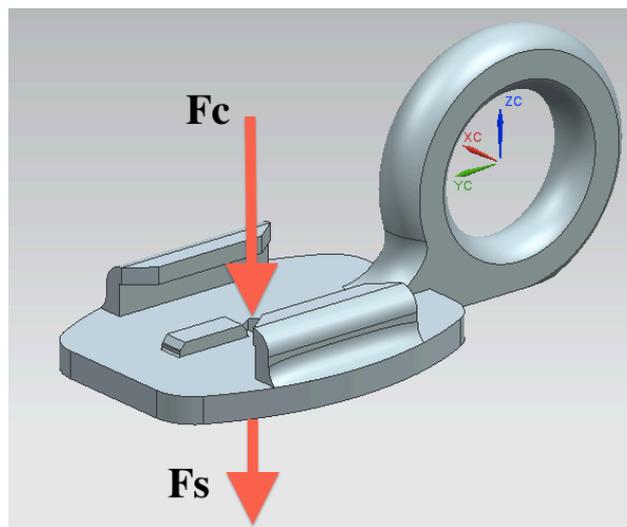


Figura 2: Esquema de cargas

- Movimiento lateral

Cuando existe movimiento se considerara que la aceleración que se genera es de $2g$, por lo que tanto cámara como soporte sufrirán una fuerza que luego se verá representada en la pieza. Estas fuerzas, incluyendo ya el coeficiente de seguridad (CS), son:

$$F_1 = P_c \cdot a = P_c \cdot 2 \cdot g = 3,34 \text{ N} \cdot CS = 6,68 \text{ N}$$

$$F_2 = P_s \cdot a = P_s \cdot 2 \cdot g = 3,94 \text{ N} \cdot CS = 7,88 \text{ N}$$

Estas fuerzas se trasladarán a la pieza a estudio mediante los enganches que las ensamblan, lo que provoca que finalmente las fuerzas que soporta la pieza que son debidas al movimiento sean:

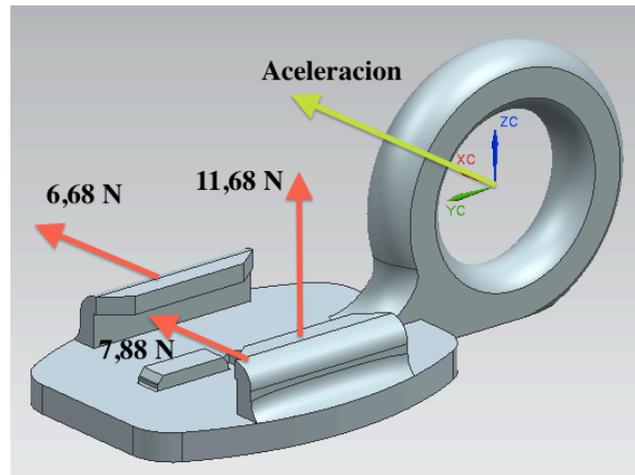


Figura 3: Esquema cargas

- Movimiento frontal

Las fuerzas originadas por el movimiento son las mismas que se han calculado para el movimiento lateral, cuando este es frontal cambia su distribución quedando de la siguiente manera:

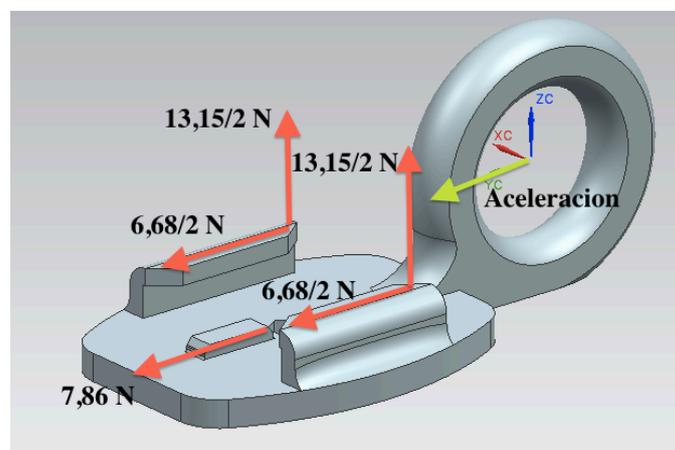


Figura 4: Esquema cargas

Para los subcasos de movimiento a la hora de introducir las cargas en el programa habrá que introducir también las cargas estáticas debidas al peso de la cámara y del soporte.

3.3.1.1.2. Caso 2

En este caso todo el conjunto se agarra desde un extremo del soporte lo que implica que la pieza solo soporte las cargas correspondientes a la cámara. En este caso se estudiarán las cargas que corresponden a cuando la pieza esta sobre un costado.

- Estático

Las fuerzas que soportara la pieza cuando este en estático serán únicamente las correspondiente al peso de la cámara distribuidas de la siguiente manera:

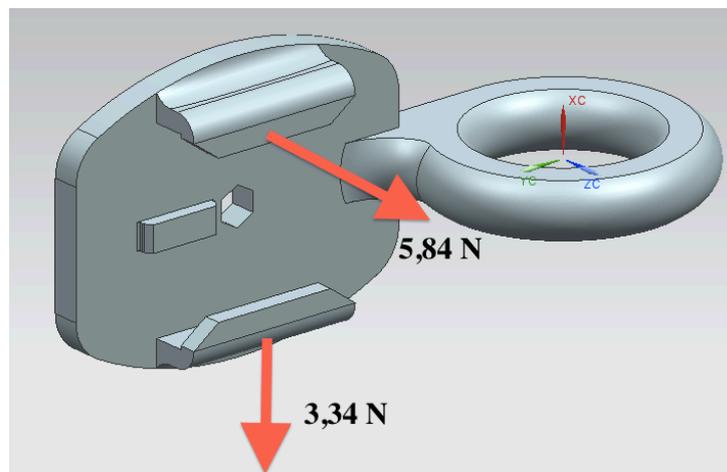


Figura 5: Esquema cargas

- Movimiento frontal

Las fuerzas debidas a este movimiento son las mismas que se han calculado anteriormente, pero cambia su distribución quedando de la siguiente manera:

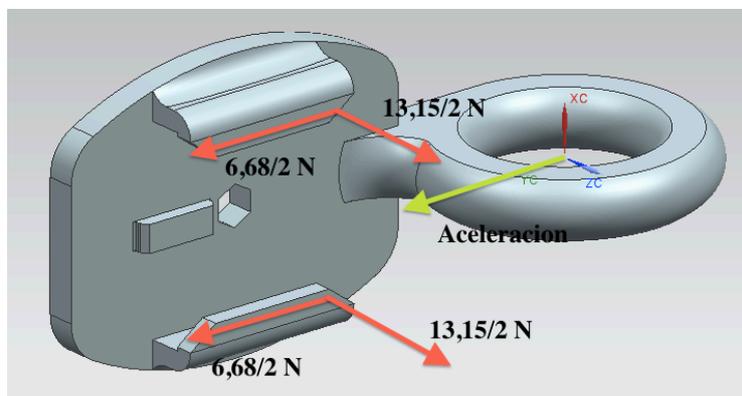


Figura 6: Esquema cargas

- Movimiento vertical

Las fuerzas debidas al movimiento son las ya calculadas y su distribución es:

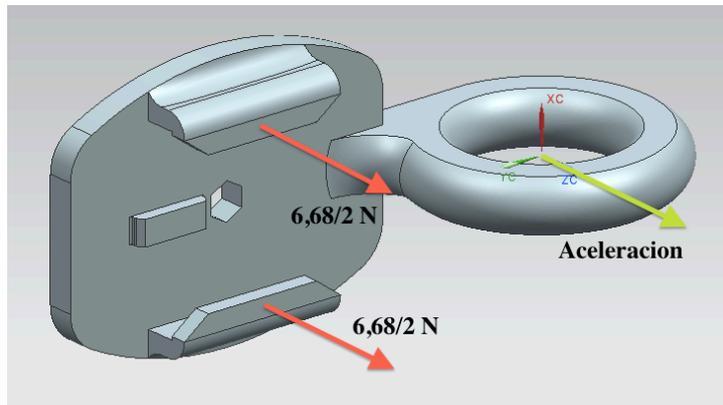


Figura 7: Esquema cargas

3.3.1.1.3. Caso 3

En este caso, al igual que el anterior, todo el conjunto se agarra desde un extremo del soporte lo que implica que la pieza solo soporte las cargas correspondientes a la cámara. En este caso se estudiarán las cargas que corresponden a cuando la pieza mirando hacia abajo.

- Estático

Las fuerzas que soportará la pieza cuando esté en estático serán únicamente las correspondiente al peso de la cámara, distribuidas de la siguiente manera:

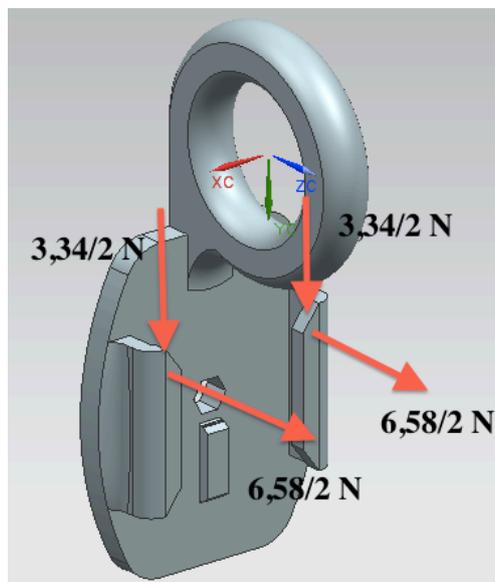


Figura 8: Esquema cargas

- Movimiento lateral

La distribución de las fuerzas debidas a este movimiento es:

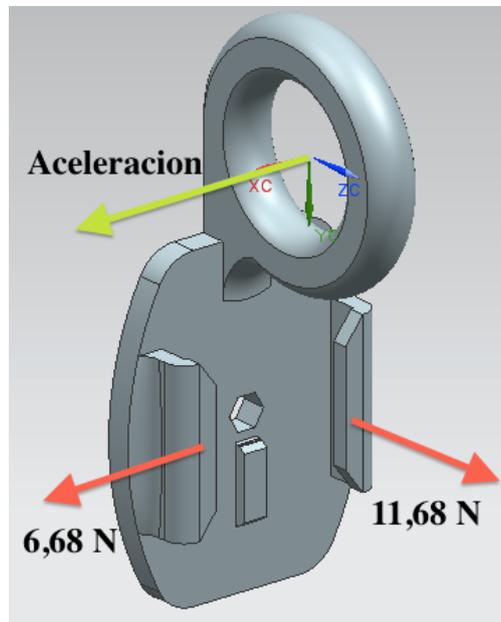


Figura 9: Esquema cargas

- Movimiento vertical

La distribución de cargas debidas a este movimiento es:

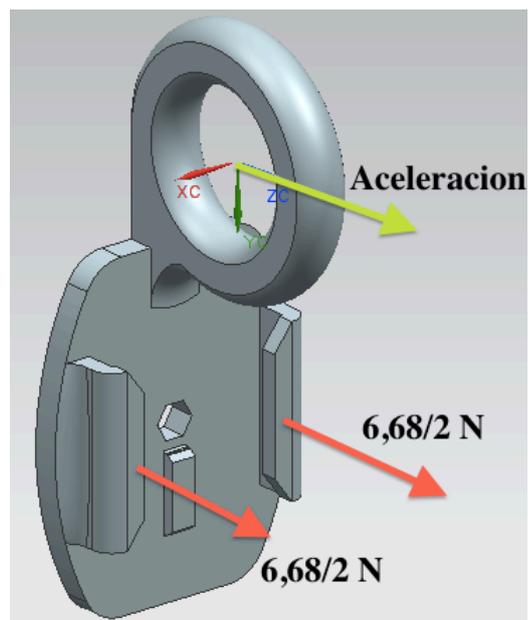


Figura 10: Esquema cargas

3.3.1.2. Preparación de simulaciones

Una vez se conocen las cargas que van a afectar a la pieza estudio es momento de realizar las simulaciones, para ello se utiliza un software de elementos finitos que facilita el trabajo de análisis, el software elegido es NX 9.0.

El estabilizador de cámara está formado por dos piezas que se moldean por separado pero que una vez ensambladas trabajan como una única pieza, es por ello que para simplificar el análisis se considera a todo el conjunto como una única pieza solida.

Las piezas que se fabrican mediante inyección plástica llevan, por lo general, sus bordes redondeados, esto es debido a que si no hay cantos vivos el avance de la colada es fluido y por tanto las piezas serán de mejor calidad. Estos bordes no aportan ninguna ventaja en la simulación es por eso que también se quitarán con el objetivo de reducir el coste computacional.

Una vez se tiene la pieza idealizada se procede a su mayado. Para esta pieza se ha optado por utilizar un mayado con elementos tetraédricos de primer grado, ya que nos darán un compromiso entre coste computacional y fiabilidad de los resultados.

Por otro lado se ha decidido que la malla sea homogénea y no tenga ninguna parte refinada con elementos mas pequeños a sabiendas de que se perderá algo de exactitud en los resultados pero ahorrando tiempo debido al ahorro de coste computacional.

Finalmente la malla estará compuesta por 77.877 elementos , lo que hace un total de 123.645 nodos.

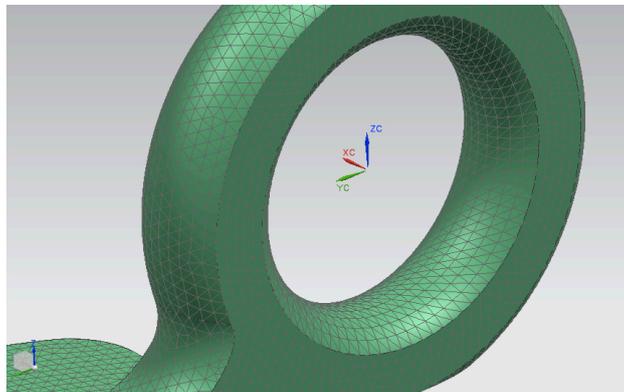


Figura 11: Detalle malla

Una vez se realiza la malla se debe de introducir las características del material. En este caso las piezas son de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) que tiene las siguientes características:

- Modulo de Young: $2 \cdot 10^6$ kPa
- Coeficiente de Poisson: 0,4
- Limite elástico: 40.000 kPa

Ya definido el material y realizada la malla se introducirán las condiciones de contorno que variarán en función del caso que se esté analizando.

3.3.1.2.1. Caso 1

Al trabajar como estabilizador se define el interior del anillo como fijo por lo que se le impone la condición de desplazamientos y giros nulos.

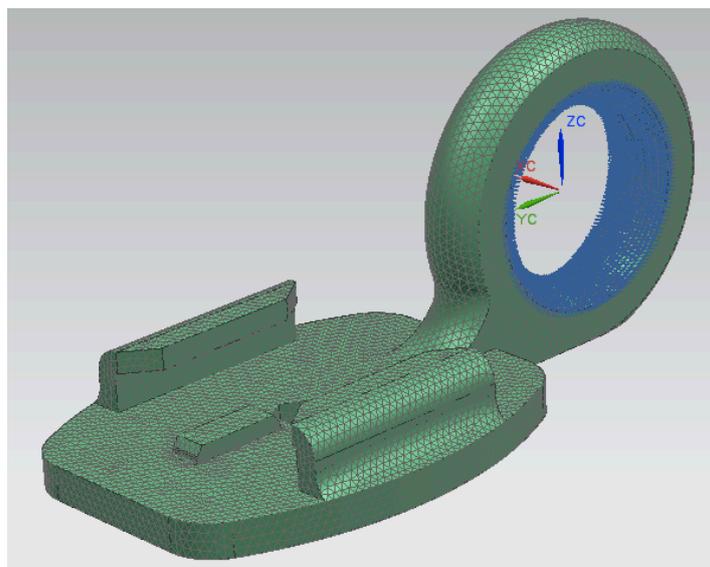


Figura 12: Anillo fijo

La pieza ya está lista para realizar los análisis correspondientes. Se introducirán las cargas y se analizarán los resultados obtenidos para cada caso.

3.3.1.2.2. Casos 2 y 3

Para estos dos análisis la pieza trabaja como parte del soporte por lo tanto se le impone desplazamientos y giros nulos en el taladro de la base que es donde irá atornillado toda la parte restante del soporte de la cámara.

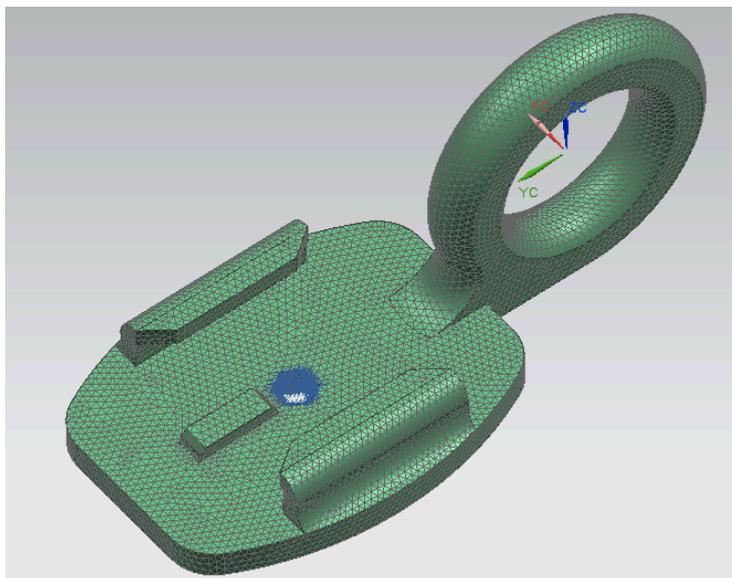


Figura 13: Taladro fijo

La pieza ya está lista para realizar los análisis correspondientes. Se introducirán las cargas y se analizarán los resultados obtenidos para cada caso.

3.3.1.3. Análisis de resultados

Como se ha mencionado anteriormente se considerara que la pieza es totalmente funcional si las tensiones que sufre son menores que el límite elástico del material, que para el caso del ABS es de 40 MPa, y la deformación sufrida por la pieza no es excesiva.

Para cada uno de los tres casos se estudiará primero si la cámara está estática para posteriormente ir añadiendo las fuerzas correspondientes a los movimientos arriba descritos.

3.3.1.3.1. Caso 1

- Estático

En la siguiente tabla se puede ver los valores de desplazamientos en los ejes X, Y, Z así como la magnitud total del desplazamiento. También aparecen las tensiones de Von Mises y las tensiones principales así como el cortante máximo.

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	3.648e-003	6.022e-002	1.332e-002	3.159e-001	4.741e+003	1.396e+003	4.771e+003	2.660e+003
Mín	-3.640e-003	-1.947e-002	-3.153e-001	0.000e+000	5.446e-002	-6.667e+003	-1.601e+003	2.769e-002

Tabla 1: Resultados

Como se puede ver el desplazamiento máximo es 0,316 mm y se da en el extremo de la base mas alejado del anillo. Esta deformación es mínima por lo que se considera que para esta hipótesis de carga la pieza aguanta las deformaciones que en ella se producen.

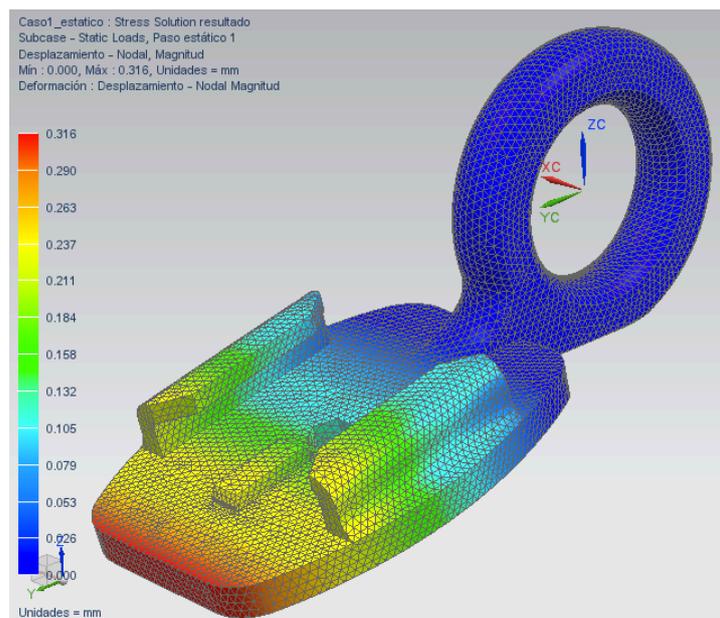


Figura 14: Deformaciones

Por otro lado, las tensiones de Von Mises máximas se dan en la unión del anillo con la base, pero sus valores ni siquiera se acercan al límite elástico del material por lo que la pieza no fallara bajo estas cargas.

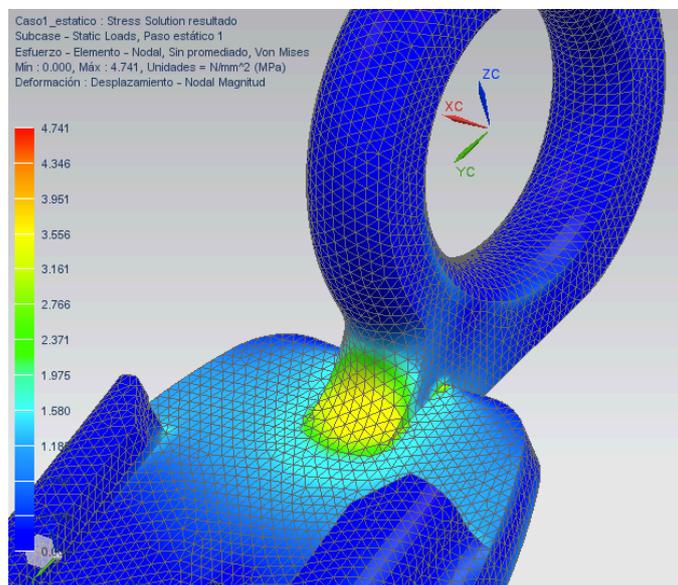


Figura 15: Tensiones Von Mises

- Estático + movimiento lateral

Los resultados obtenidos para esta hipótesis de carga son:

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))				
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	3.058e-001	1.262e-001	3.074e-001	4.282e-001	1.572e+004	7.161e+003	2.123e+004	8.340e+003
Mín	-7.808e-003	-1.123e-001	-8.385e-002	0.000e+000	2.795e-002	-1.671e+004	-5.130e+003	1.609e-002

Tabla 2: Resultados

Como se puede ver tanto las tensiones de Von Mises como los deformaciones de las piezas han aumentado pero siguen manteniéndose por debajo de los límites definidos.

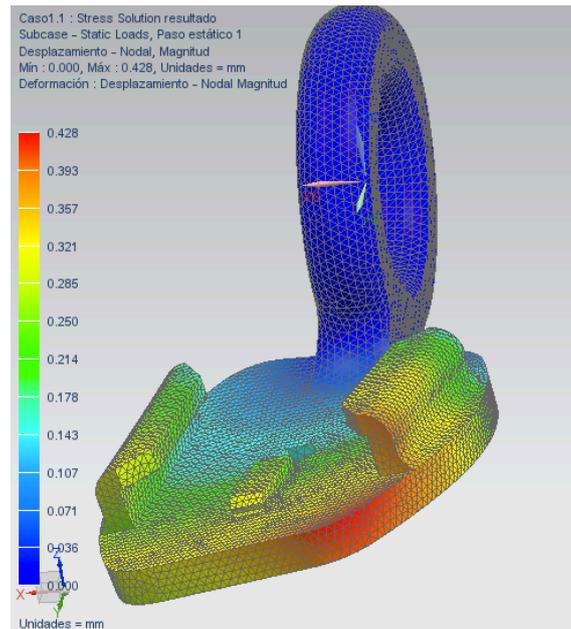


Figura 16: Deformaciones

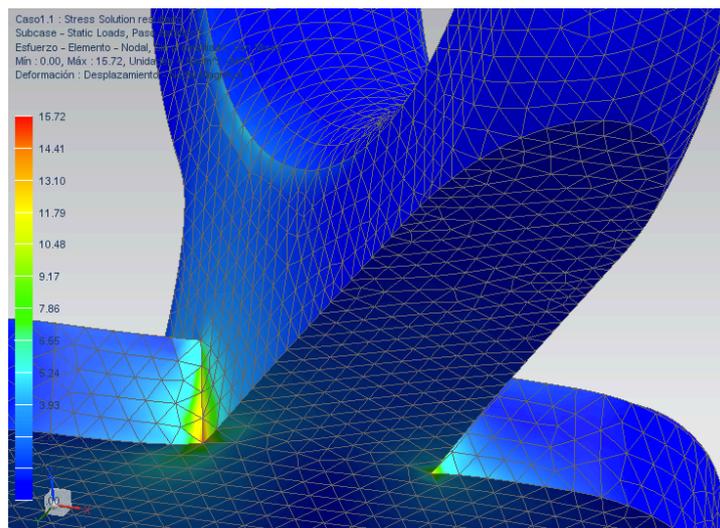


Figura 17: Tensiones de Von Mises

Al igual que en el anterior análisis las deformaciones máximas se dan en el extremo de la base más alejado del anillo y las tensiones máximas en la zona donde se unen las dos piezas.

- Estático + movimiento frontal

De los estudios que engloba el caso 1 este es el menos crítico de los tres, los resultados obtenidos han sido:

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	6.618e-003	4.797e-002	2.330e-002	1.788e-001	1.462e+004	5.579e+003	1.375e+004	8.235e+003
Mín	-6.555e-003	-6.743e-003	-1.783e-001	0.000e+000	1.373e-002	-1.442e+004	-3.058e+003	7.717e-003

Tabla 3: Resultados

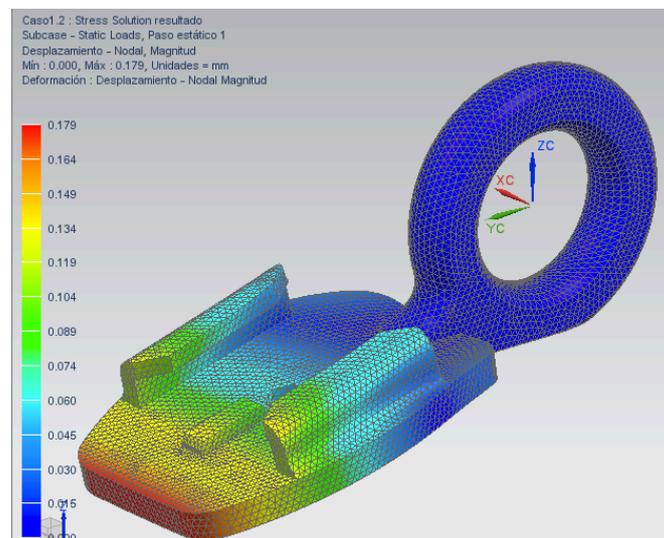


Figura 18: Deformaciones

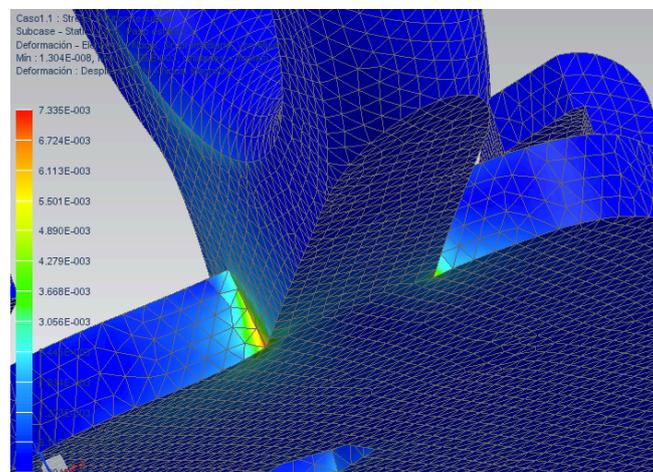


Figura 19: Tensiones Von Mises

Para los siguientes casos solo se mostrará la tabla de resultados en la que se puede comprobar si los resultados obtenidos son validos.

3.3.1.3.2. Caso 2

- Estático

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	2.693e-003	2.388e-003	2.203e-002	2.917e-002	3.403e+003	2.171e+003	5.164e+003	1.948e+003
Mín	-2.877e-002	-6.444e-004	-1.389e-002	0.000e+000	2.231e-004	-5.416e+003	-2.021e+003	1.206e-004

Tabla 4: Resultados

- Estático + movimiento frontal

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	5.116e-003	7.554e-002	1.314e-001	1.386e-001	1.466e+004	5.390e+003	1.383e+004	8.260e+003
Mín	-2.871e-002	-4.938e-003	-4.026e-002	0.000e+000	1.879e-003	-1.439e+004	-4.709e+003	1.008e-003

Tabla 5: Resultados

- Estático + movimiento vertical

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	3.678e-003	3.498e-003	2.960e-002	3.002e-002	4.562e+003	2.912e+003	6.916e+003	2.613e+003
Mín	-2.876e-002	-1.239e-003	-6.318e-003	0.000e+000	2.264e-004	-7.215e+003	-2.705e+003	1.303e-004

Tabla 6: Resultados

El caso dos creará tensiones y deformaciones menores que el caso 1 por lo tanto, el estabilizador también es capaz de soportar estos esfuerzos.

3.3.1.3.3. Caso 3

- Estático

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	3.442e-003	3.660e-002	6.281e-002	6.575e-002	7.307e+003	2.692e+003	6.845e+003	4.119e+003
Mín	-3.412e-003	-2.331e-003	-1.724e-002	0.000e+000	1.273e-004	-7.199e+003	-2.040e+003	7.274e-005

Tabla 7: Resultados

- Estático + movimiento lateral

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	5.763e-002	4.142e-002	7.713e-002	9.177e-002	9.742e+003	5.304e+003	1.565e+004	5.175e+003
Mín	-6.413e-003	-3.090e-003	-3.235e-002	0.000e+000	3.355e-004	-1.301e+004	-5.077e+003	1.920e-004

Tabla 8: Resultados

- Estático + movimiento vertical

Subcase - Static Loads : Número de iteraciones = 1								
	Desplazamiento - Nodal (mm)				Esfuerzo - Elemento - Nodal (mN/mm ² (kPa))			
	X	Y	Z	Magnitud	Von Mises	Principal mín	Principal máx	Corte máximo
Paso estático 1								
Máx	3.829e-003	3.771e-002	6.682e-002	6.972e-002	7.339e+003	2.792e+003	7.159e+003	4.135e+003
Mín	-3.810e-003	-2.633e-003	-1.446e-002	0.000e+000	3.831e-004	-7.290e+003	-2.494e+003	2.181e-004

Tabla 9: Resultados

Los valores obtenidos también son menores que los del caso 1 es por ello que, como ya se ha comentado en ese caso la pieza es válida bajo el punto de vista estructural.

Como resumen se puede decir que las combinaciones de carga estudiadas no llegarán nunca a producir tensiones que sobrepasen el límite elástico del material, la máxima tensión que se ha observado es de 15,72 MPa que queda muy lejos de los 40 MPa que soporta el material, Por otro lado, las deformaciones que se producirán en la pieza son ínfimas, 0,428 mm la mayor, además se dan en el extremo más alejado del anillo que no es una parte crítica de la pieza.

Ahora se procede a estudiar si las piezas son viables para su fabricación mediante inyección de plástico.

3.3.2. ANÁLISIS DE LAS PIEZAS

Una vez se tiene la pieza final se exporta al programa de simulación de moldes (Moldflow), donde se escogerá el material que se va a inyectar y se estudiarán los puntos óptimos para inyectar la colada, los rechupes que pueda tener la pieza y si el llenado de ellas será bueno.

3.3.2.1. Elección de material

Primeramente se realizará un análisis de “ventana de procesos” el cual sirve para escoger unas buenas condiciones de procesamiento para su análisis y para comparar material.

Se van a comparar dos tipos de ABS que son producidos por dos fabricantes distintos, comparando las tablas que brinda el programa en función de la temperatura del molde, la temperatura de masa fundida y el tiempo de inyección.

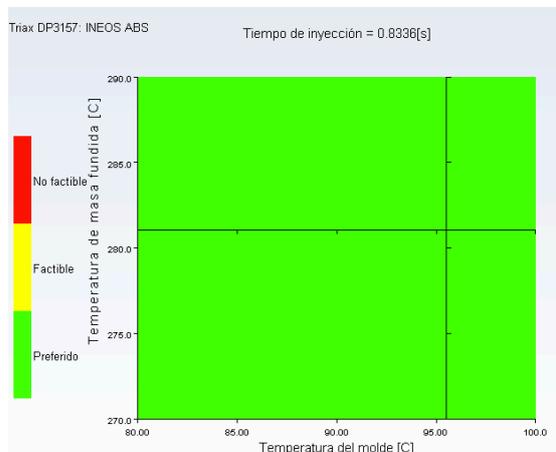
Los materiales que se van a comparar son:

- Triax DP3157 del fabricante INEOS ABS

- Excellory CKF50 del fabricante Techno Polymer

Los resultados obtenidos para la base del estabilizador son:

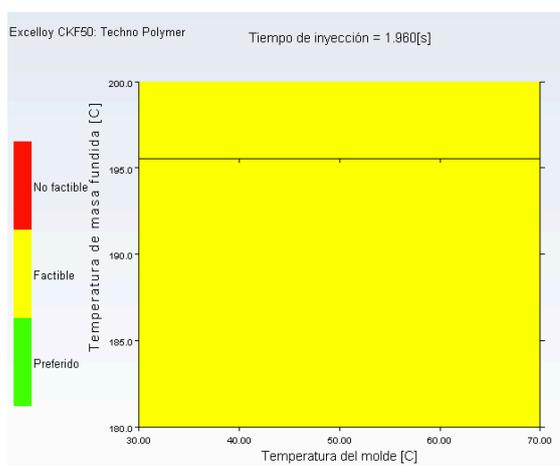
- Triax DP3157



- Temperatura del molde:
95,56 °C
- Temperatura de masa fundida:
281,1 °C
- Tiempo de inyección:
0,8336 s

Figura 20: Grafico procesos

- Excellory CKF50



- Temperatura del molde:
70 °C
- Temperatura de masa fundida:
195,6 °C
- Tiempo de inyección:
1,96 s

Figura 21: Grafico procesos

La base al ser la pieza mas solicitada y de mayor importancia en el conjunto del estabilizador será la que marque el material a elegir, como se puede ver en las figuras de arriba el material mas apropiado es Triax DP3157 del fabricante INEOS ABS, es por ello que este será el material utilizado en el moldeo. Mencionar también que los parámetros de temperatura serán los arriba marcados.

3.3.2.2. Punto de inyección

Se realiza un análisis de “posición de entrada” para determinar el punto óptimo de entrada de material a la pieza.

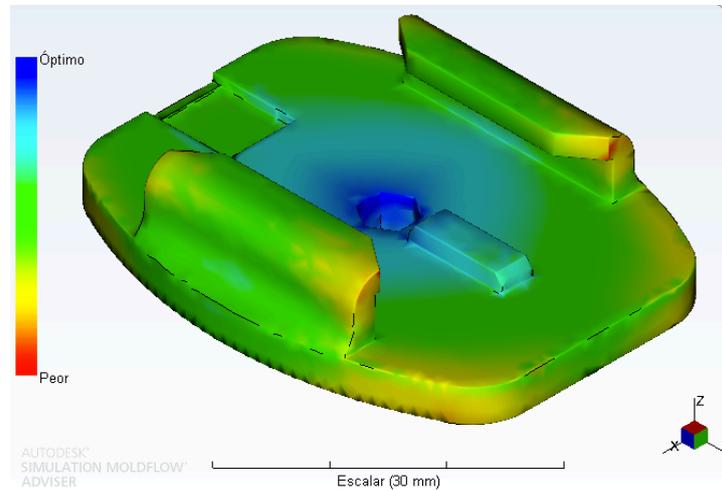


Figura 22: Posición óptima de entrada

Como se observa en la figura anterior la zona sugerida para colocar la entrada es en el centro de la parte superior, pero para facilitar la entrada de los carros laterales se van a utilizar entradas laterales lo que significa que finalmente el punto de inyección se colocará en el canto derecho de la base que como se observa en la figura también es un punto bueno para la entrada de material. Para el anillo se ha elegido la zona recta como punto de entrada que además coincide con una de las zonas que son recomendadas por el programa.

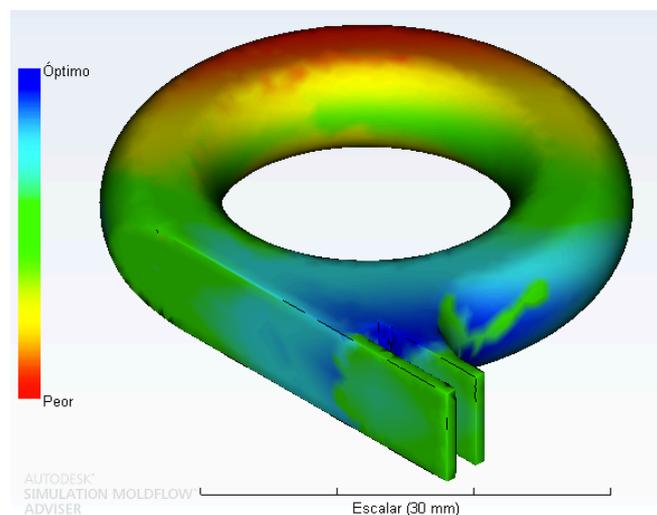


Figura 23: Posición óptima de entrada

3.3.2.3. Rechupes

Definida la entrada lo siguiente es realizar un análisis de posibles rechupes. Este análisis indicara las zonas susceptibles de sufrir rechupes así como su profundidad.

Para la base los rechupes de mayor profundidad se darán en el nervio central que funciona como guía de la cámara.

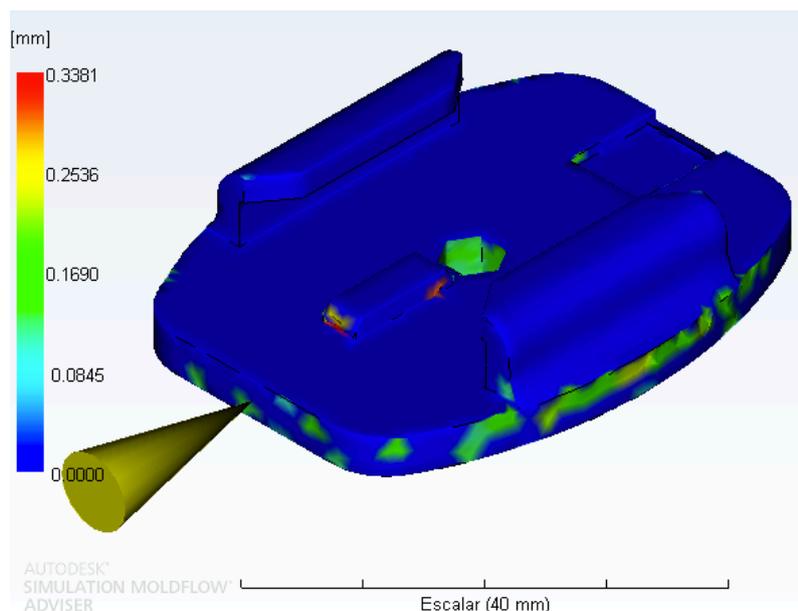


Figura 24: Rechupes

Los datos obtenidos tras el análisis confirman que menos del 10% del modelo tendrá rechupes, que el 3,28% tiene propensión a ellos y que la profundidad media de estos es de 0,15 mm lo cual unido a la posición en la que se crean no es ningún inconveniente para el moldeo de esta pieza.

Por otro lado los rechupes que sufrirá el anillo aparecen en menos del 1% de la pieza y apenas el 0,01% tiene propensión a ellos siendo la profundidad media de estos del 0,09 mm lo cual es inapreciable para esta pieza.

A la vista de estos datos no se realizará ningún cambio en las piezas y se procede a continuar con el diseño del molde.

3.4. DISEÑO DEL MOLDE

En este apartado se calculan los sistemas óptimos de refrigeración y de alimentación. Además se analizara el llenado de la pieza.

3.4.1. DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN

El siguiente paso es recrear el molde. Para ello, se define el molde como “multicavidad” y mediante las diferentes herramientas de las que ofrece el programa se construyen las dos placas portafiguras del molde que contendrán las piezas a moldear, las dimensiones de estas placas son:

- Placa portacavidad: 346x296x36 mm
- Placa portanucleos: 346x296x36 mm

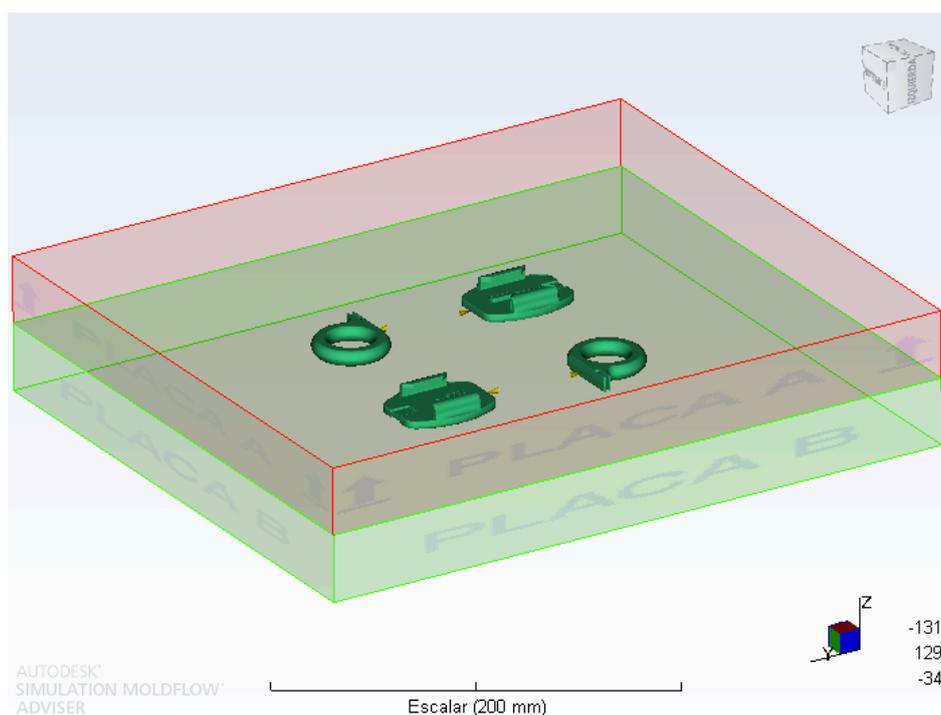


Figura 25: Molde multicavidad

Como se puede observar en la figura anterior también se han colocado las piezas a moldear en sus correspondientes sitios, esta distribución responde a la necesidad de que el molde debe estar equilibrado y para ello la mejor solución es colocar cada par de piezas en diagonal, también responde a la necesidad de que las entradas antes seleccionadas estén enfrentadas.

Una vez recreado el molde se procede a definir los canales de distribución y el bebedero. Los datos iniciales con los que se hará un primer análisis son:

- Bebedero (colada fría):
 - Diámetro inicial: 3 mm
 - Diámetro final: 6 mm
- Canales de distribución (sección circular):
 - Diámetro: 5 mm
- Entradas (lateral):
 - Diámetro inicial: 5 mm
 - Diámetro final: 3 mm

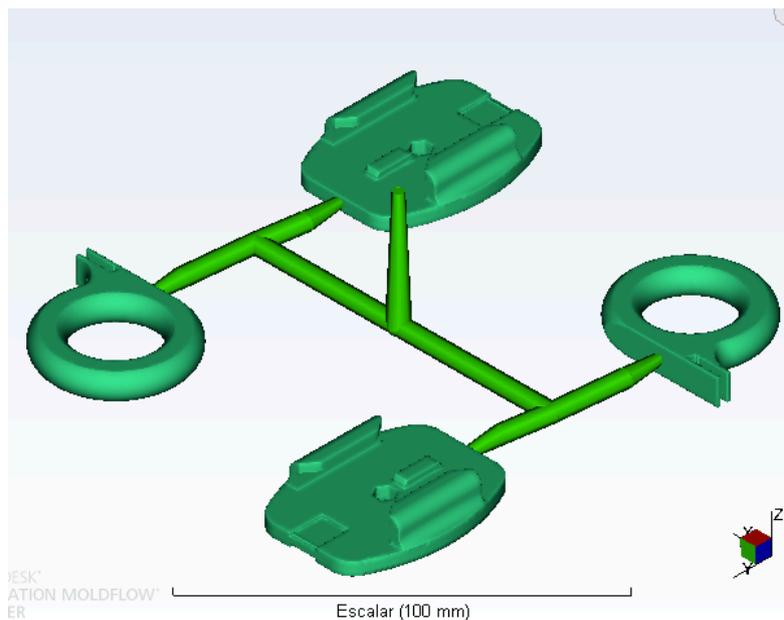


Figura 26: Prototipo sistema de alimentación

Una vez concluida la construcción el prototipo del sistema de canales se realiza un análisis de “consultor de canales”, el cual nos permite calcular el tamaño óptimo del sistema de canales.

Los resultados obtenidos de este primer análisis son los esperados, ya que al ser un molde que fabricará dos tipos de piezas de distinto volumen los canales seguramente no sean del mismo diámetro, por tanto el programa recomienda cambiar las secciones tanto de los canales como del bebedero.

El consultor de canales ha finalizado. Se sigue recomendando ejecutar el equilibrado de los canales.	
Cambio del mayor porcentaje de canales/bebederos	-65.19 (%)
Cambio del porcentaje medio de canales/bebederos	-51.45 (%)
Canales/bebederos que se pueden modificar	7
Cambio del mayor porcentaje de entradas	-76.17 (%)
Cambio del porcentaje medio de entradas	-72.88 (%)
Entradas que se pueden modificar	4

Tabla 10: Consultor de canales

El sistema de alimentación queda de la siguiente manera:

- Bebedero (colada fría):
 - Diámetro inicial: 2 mm
 - Diámetro final: 5 mm
- Canales primarios (sección circular):
 - Diámetro: 4 mm
- Canales secundarios de base (sección circular):
 - Diámetro: 3 mm
- Canales secundarios de anillo (sección circular):
 - Diámetro: 3,25 mm
- Entrada base (lateral):
 - Diámetro inicial: 3 mm
 - Diámetro final: 0,8 mm
- Entrada anillo (lateral):
 - Diámetro inicial: 3,25 mm
 - Diámetro final: 1 mm

Con estos datos se realiza un análisis de llenado para comprobar la eficacia del sistema de alimentación, en caso contrario se realizarán los ajustes necesarios para la mejora del sistema.

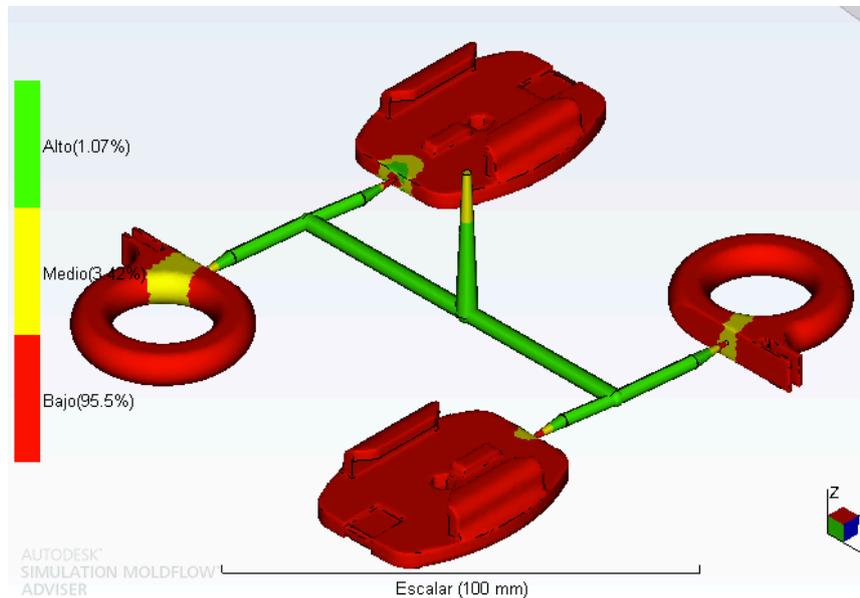


Figura 27: Predicción de la calidad

Como se ve en la figura anterior la calidad de las piezas es pésima, esto puede ser debido a un estrangulamiento en la entrada de los canales, para ello se aumentan esas secciones, pasando de 1 mm a 1,5 mm en la entrada de los anillos y de 0,8 mm a 1,2 mm en las entradas de las bases, y se vuelve a correr el análisis de llenado.

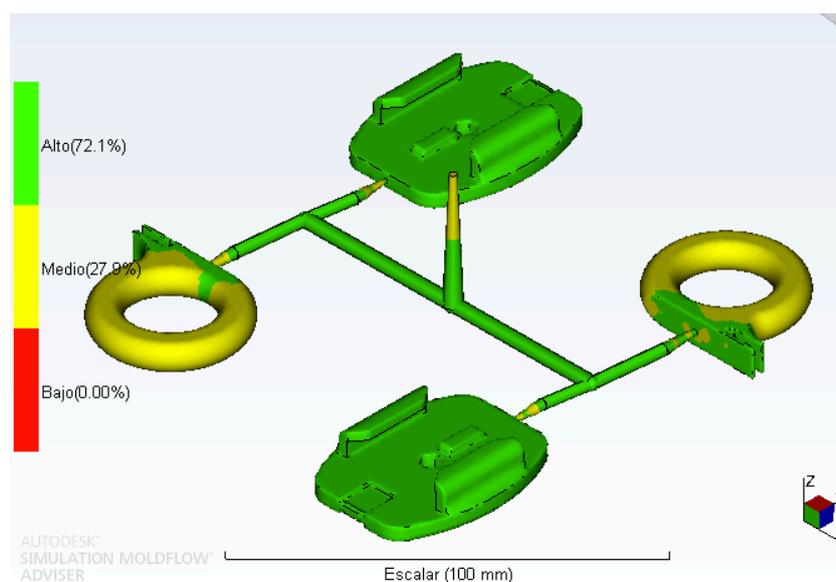


Figura 28: Predicción de la calidad

Como se puede ver con un simple cambio en las entradas a las piezas se ha mejorado de manera considerable la calidad total del conjunto, pasando de tener casi un 96% de calidad mala a tener 0%.

También llama la atención que la mayor parte de los anillos tiene una calidad media, esto puede ser debido a muchos factores pero parece ser que se debe a que esa parte tiene un tiempo de refrigeración demasiado alto respecto al resto del molde. Esto es debido a que es la pieza con mas espesor, pero de todas formas al no ser una parte crítica del estabilizador una vez montado no se le da demasiada importancia, además, la zona de acople con la base, que sería mas crítica, tiene una calidad alta.

Finalmente el sistema de alimentación tendrá las siguientes medidas:

- Bebedero (colada fría):

- Diámetro inicial: 2 mm
- Diámetro final: 5 mm

- Canales primarios (sección circular):

- Diámetro: 4 mm

- Canales secundarios de base (sección circular):

- Diámetro: 3 mm

- Canales secundarios de anillo (sección circular):

- Diámetro: 3,25 mm

- Entrada base (lateral):

- Diámetro inicial: 3 mm
- Diámetro final: 1,2 mm

- Entrada anillo (lateral):

- Diámetro inicial: 3,25 mm
- Diámetro final: 1,5 mm

3.4.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para la construcción del sistema de refrigeración lo primero es saber las zonas del molde que necesitan una refrigeración extra, para eso lo primero es correr un análisis de la “calidad de refrigeración”, con este análisis se puede identificar las modificaciones necesarias en la geometría de la pieza con objeto de evitar la refrigeración diferencial, que pueda producir deformaciones. En el nivel del molde, se puede identificar las áreas que requieren mas refrigeración.

Como el molde a estudio realizará dos tipos de piezas la refrigeración diferencial se obviará ya que queda claro que los dos tipos de pieza no refrigeraran de la misma manera, entonces este análisis se utiliza para hacer un prototipo del circuito teniendo en cuenta las partes mas necesarias para refrigerar.

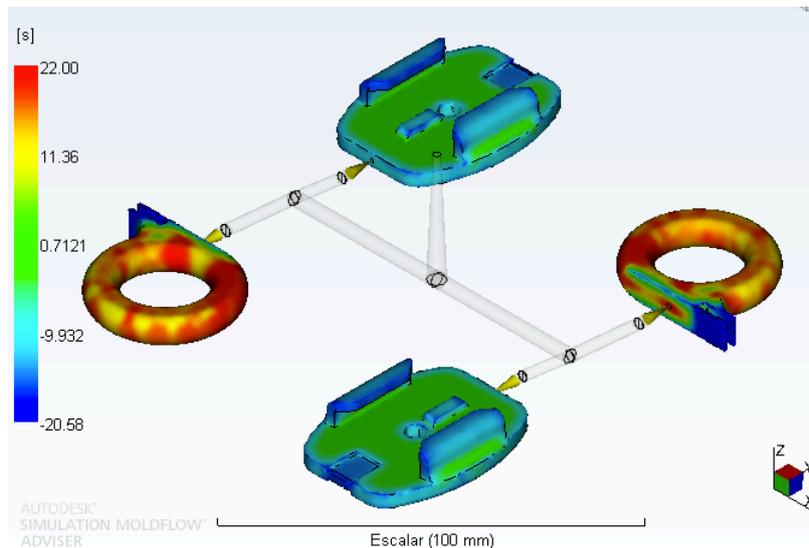


Figura 29: Varianza de tiempo de refrigeración

La figura de arriba muestra la diferencia entre el tiempo que tarda el polímero en solidificarse en cualquier región de la pieza y el tiempo medio de solidificación de toda la pieza.

Como se observa existe una diferencia de 22 °C en las áreas coloreadas de rojo, esto indica temperaturas más altas que la temperatura media de la pieza y es una señal de que el área requiere mas refrigeración.

Con estos datos se ha realizado el siguiente planteamiento:

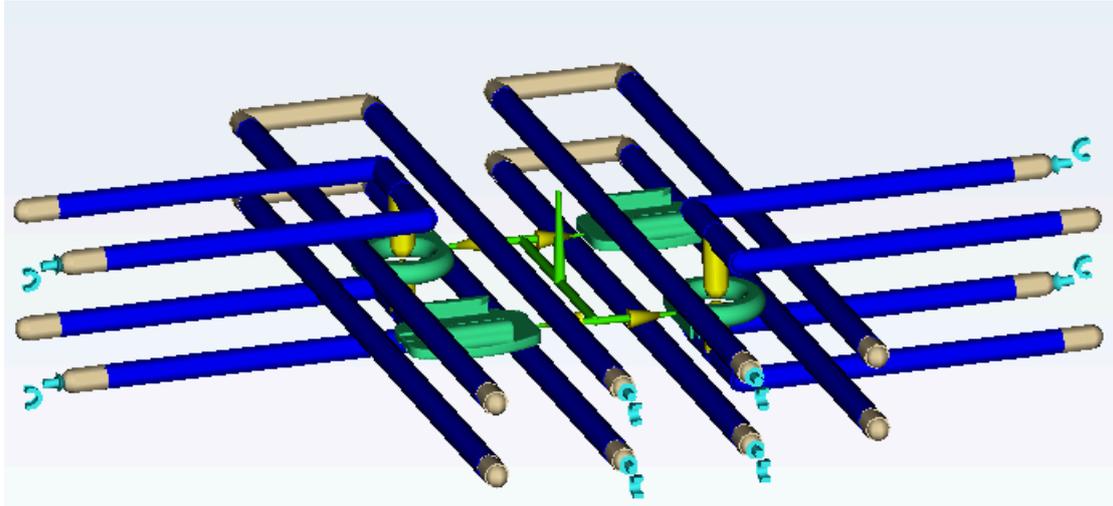


Figura 30: Sistema refrigeración

Se ha optado por crear cuatro planos de refrigeración, dos por placa, y en la zona de los anillos se ha colocado un deflector en cada placa que los atraviesa por el centro de tal modo que hacen un total de cuatro deflectores.

Los planos principales están formados por cuatro canales y dos entradas de refrigerante, lo que crea dos circuitos independientes por placa. Estos planos se sitúan a una distancia de 17 mm de la línea de cierre el de la cavidad y a 12 el del núcleo.

Los planos que soportan los circuitos encargados de realizar la refrigeración extra a los anillos se sitúan a 12 mm de los planos principales y los deflectores se introducen en el anillo hasta quedarse a 5 mm de la línea de partición.

Como refrigerante se ha optado por utilizar agua pura a una temperatura de 25 °C y con una velocidad de flujo de 10 l/min.

Todos los canales de refrigeración serán de diámetro 10 mm, al igual que los deflectores.

El próximo paso es realizar un análisis completo del molde, en él se podrá comprobar si los sistemas definidos hasta el momento son válidos, en caso contrario se realizarán ajustes hasta conseguir el diseño óptimo.

3.4.3. ANÁLISIS DE LLENADO, REFRIGERACIÓN Y COMPACTACIÓN

Una vez construido el sistema de alimentación y de refrigeración del molde se analiza el llenado, refrigeración y compactación de la pieza.

Este análisis muestra por un lado que influencia tienen los canales de refrigeración, los materiales del molde y las propiedades refrigerantes sobre la transferencia de calor durante el proceso de moldeo, y por otro proporciona los resultados relativos a la fase de llenado y compactación.

3.4.3.1. Estudio de llenado

Los datos que lanza el software y que definen completamente las características de la pieza y los parámetros de la fase de inyección son:

Tiempo real de llenado	0.81 (s)
Presión real de inyección	90.334 (MPa)
Área de fuerza de cierre	62.2812 (cm ²)
Fuerza de cierre máx. durante el llenado	16.786 (tonelada)
Conmutación de velocidad/presión a % volumen	98.03 (%)
Conmutación de velocidad/presión en tiempo	0.78 (s)
Peso total de la pieza al final del llenado	30.177 (g)
Volumen de inyectada	30.7570 (cm ³)
Volumen de la cavidad	28.5382 (cm ³)
Volumen del sistema de canales	2.2188 (cm ³)

Tabla 11: Datos inyección

3.4.3.1.1. Tiempo de llenado

Se observa que el tiempo total de llenado de las piezas del molde es de 0,81 s, este tiempo es más que aceptable para piezas de este tamaño, es por ello que se da como válido lo que implica que si la calidad final de la pieza es buena se habrá conseguido diseñar un sistema de alimentación que garantiza las necesidades de este molde.

También se verifica que el flujo del llenado es correcto y que no existen huecos sin rellenar en ningún punto de la pieza.

Para el molde a diseñar se observa que la confianza de llenado es absoluta y que la pieza se llena al 100%, esto se debe a una correcta aplicación de la presión de inyección y al buen dimensionamiento de los sistemas de distribución.

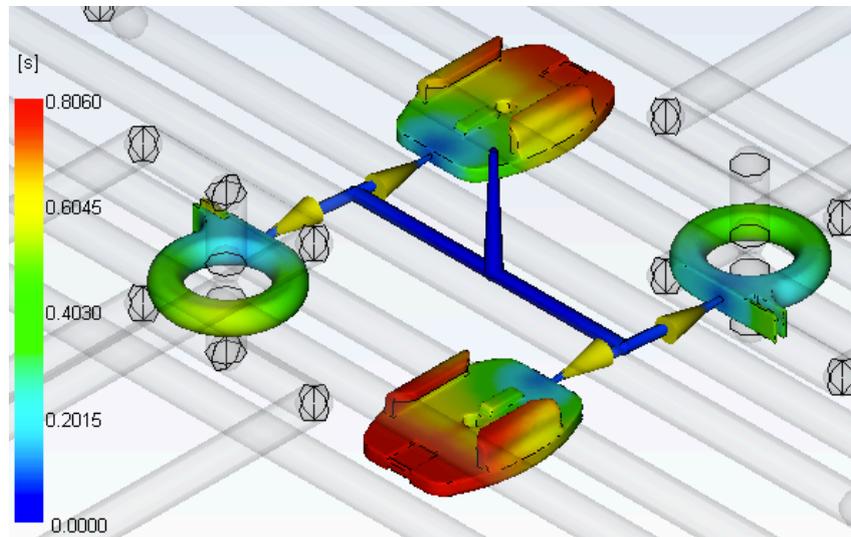


Figura 31: Tiempo de llenado

3.4.3.1.2. Predicción de la calidad

Se utiliza para calcular la calidad de las propiedades mecánicas y apariencia de la pieza. Este resultado se deriva de la presión, la temperatura y otros resultados.

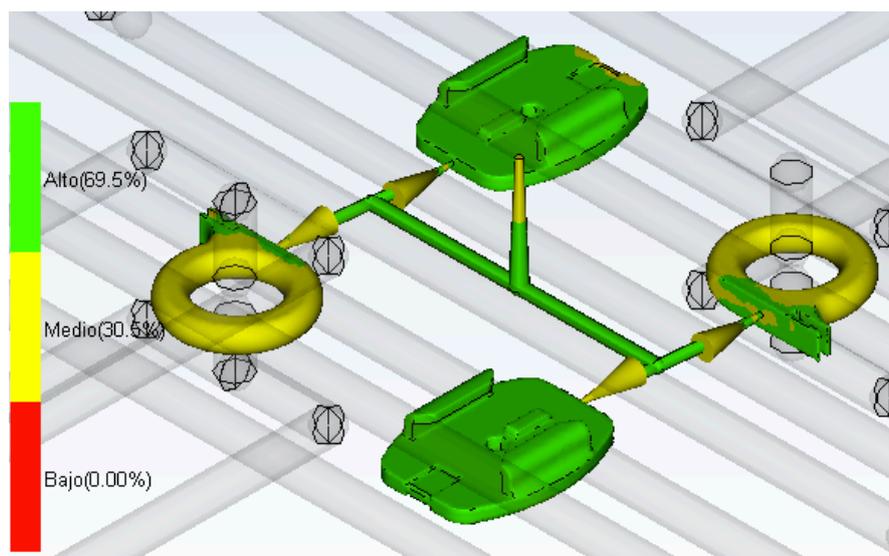


Figura 32: Predicción de la calidad

Se puede observar que las piezas bases tiene una calidad alta, al igual que la zona de acoplamiento de los anillos, las zonas amarillas son las correspondientes a la calidad media, pero como ya se ha explicado en este documento son zonas que no preocupan por lo que es aceptable una calidad de pieza menor.

3.4.3.1.3. Atrapamientos de aire

El programa nos muestra los posibles atrapamientos de aire que pueden llegar a darse en la pieza. Estos posibles defectos se solucionarían mediante venteos que son unos agujeros de orden infinitesimal por los cuales es capaz de escapar el aire pero no el fluido inyectado.

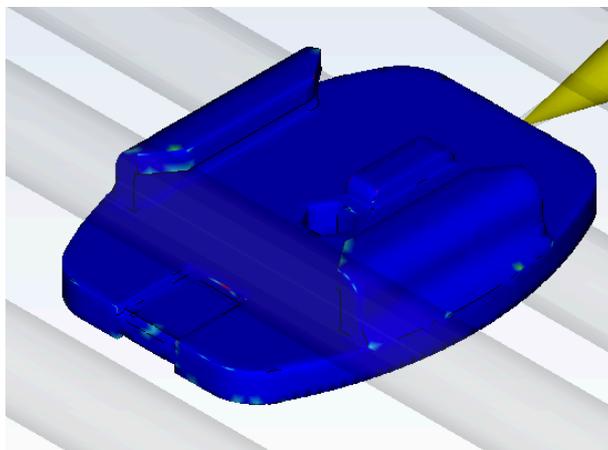


Figura 33: Atrapamientos de aire en la base

3.4.3.1.4. Líneas de soldadura

Son zonas donde se encuentran dos flujos de material distinto en el proceso de llenado del molde. Se deben a la geometría de la pieza o a la alimentación por diferentes puntos de inyección. Normalmente son inevitables y debe disminuirse su influencia en las características de la pieza.

Se sabe que para conseguir que las líneas de soldadura no perjudiquen la calidad estructural de las piezas, éstas deberán formarse a una temperatura no inferior a 20 °C entre la temperatura de inyección y la temperatura existente en la línea de soldadura, con lo que, para conseguir un resultado óptimo se debe comprobar que estas líneas no aparezcan en zonas donde la temperatura sea inferior a 250 °C.

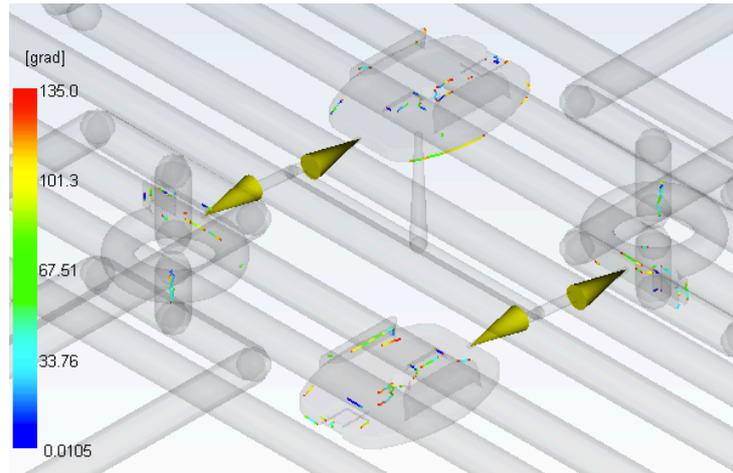


Figura 34: Líneas de soldadura

Se comprueba que la temperatura en el frente de flujo en ningún momento baja de 270 °C lo que hace que las líneas de soldadura que aparecen no sean preocupantes.

3.4.3.2. Estudio de compactación

El estudio de compactación determina muchos de los factores que definirán posteriormente la pieza. El resultado principal de este estudio es el tiempo necesario para alcanzar el tiempo final del ciclo, además también indica la fuerza de cierre necesaria en el molde a estudio.

Como se puede ver en la siguiente figura el tiempo que dura la compactación es de 10 s y en ese tiempo es necesaria una presión constante de 72,267 MPa.

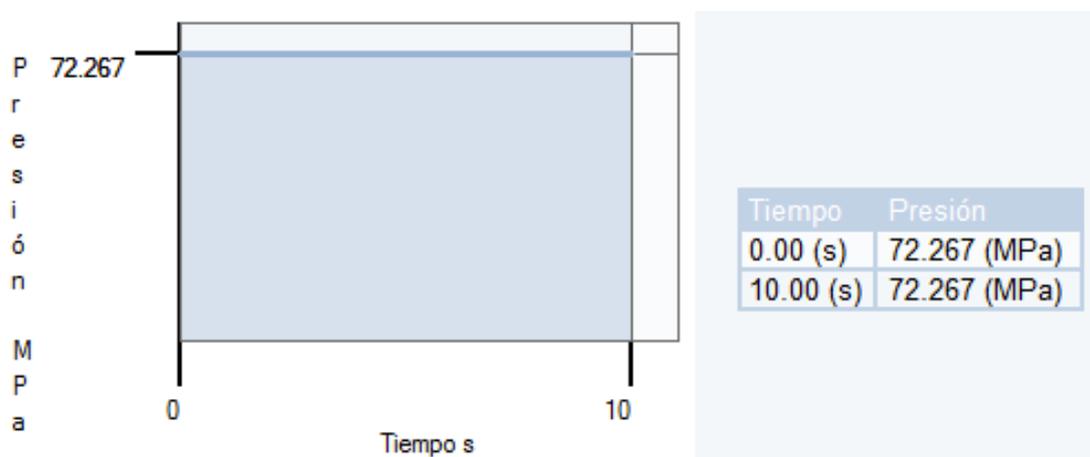


Figura 35: Perfil de compactación

En la siguiente tabla se muestran los datos referentes a la compactación:

Fuerza de cierre máxima durante el ciclo	31.213 (tonelada)
Esfuerzo de cizalla máx. de la pared	0.748 (MPa)
Peso total de la pieza	30.177 (g)
Tiempo de refrigeración	4.47 (s)
Tiempo del ciclo	20.25 (s)

Tabla 12: Compactación

Siendo la fase de compactación la última del ciclo, se consigue conocer que el peso final de la pieza es de 30,177 g. El siguiente gráfico muestra los tiempos de todas las fases del ciclo de inyección.



Figura 36: Tiempos del ciclo

3.4.3.3. Estudio de la refrigeración

El análisis de refrigeración muestra que influencia tienen los canales de refrigeración, los materiales del molde y propiedades refrigerantes sobre la transferencia de calor durante el proceso de moldeo.

Los datos obtenidos de este estudio son:

Temperatura máxima, pieza	104.1 (C)
Temperatura mínima, pieza	25.2 (C)
Temperatura media, pieza	59.5 (C)
Temperatura exterior del molde	25.3 (C)
Porcentaje solidificado (al final del ciclo)	98.34 (%)

Tabla 13: Datos refrigeración

3.4.3.3.1. Temperatura del liquido refrigerante

Este resultado muestra como varia la temperatura del refrigerante dentro del circuito de refrigeración.

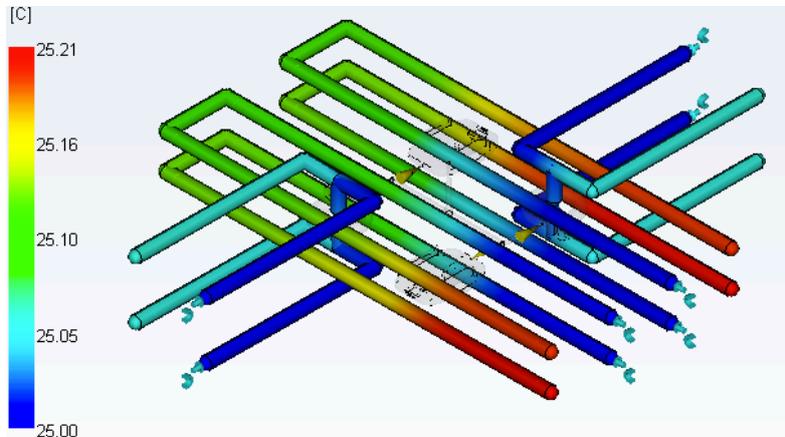


Figura 37: Temperatura del refrigerante

La subida de temperatura desde la entrada hasta la salida no debe ser superior a 2-3 °. Si fuera un valor más alto, puede indicar un rango de temperaturas de molde más amplio y esto sería muy importante. Como se puede ver en la figura para este sistema de refrigeración la varianza de temperatura entre la entrada y la salida es de 0,21 °C, lo que quiere decir que se ha realizado un buen diseño del sistema de refrigeración.

3.4.3.3.2. Temperatura de la pieza

La siguiente figura muestra la temperatura media de la pieza, como se puede ver la mayor parte es de color verde, lo que indica que la temperatura es uniforme en la mayor parte de las piezas.

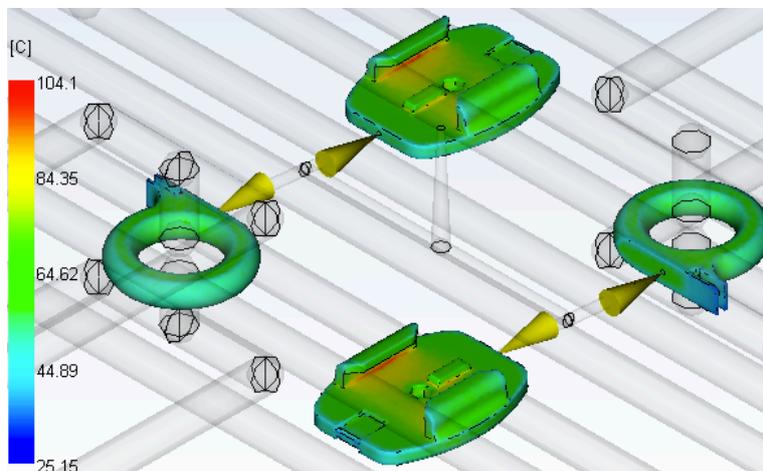


Figura 38: Temperatura pieza

3.5. ANTECEDENTES

En este apartado se pretende mostrar, de forma resumida, la base teórica que fundamenta los programas de simulación de moldes, como el utilizado en el apartado anterior, para facilitar el análisis de los moldes que se diseñan.

3.5.1. ÁREA PROYECTADA

El área proyectada en un molde es el área que es llenada con plástico fundido en la línea de partición.

3.5.2. FUERZA DE CIERRE

Durante la fase de llenado y sostenimiento se genera presión dentro de la cavidad del molde, esta presión es debida a la fuerza de inyección con la que la unidad de plastificación empuja al polímero fundido dentro de la cavidad.

La fuerza de cierre requerida por el molde para el mantenimiento uniforme de las presiones esta en función de la presión dentro de la cavidad del molde, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$P_i = \frac{F_c}{A_p}$$

Donde:

P_i Presión de inyección (kg/cm²)

F_c Fuerza de cierre requerida de la maquina (kg)

A_p Área proyectada de la pieza(cm²)

3.5.3. ÁREA DE CONTACTO

Es el área mínima necesaria para soportar la fuerza de cierre (F_c) en la cavidad del molde.

Es importante hacer un buen calculo de este área para evitar venteos y, por lo tanto, minimizar los problemas causados por estos fenómenos.

$$A_c = \frac{F_c}{\sigma_c}$$

Donde:

A_c Área de contacto (cm²)

F_c Fuerza de cierre requerida de la maquina (kg)

σ_c Factor de esfuerzo por contacto (MPa)

3.5.4. TIEMPO DE INYECCIÓN

El cálculo del tiempo de inyección se expresa a través de la siguiente fórmula.

$$t_i = \frac{V_p}{Q_m}$$

También es posible calcular el tiempo de inyección en función de la velocidad de inyección. Se encontrará este valor en catálogos y hojas de datos técnicos de las máquinas de inyección en función del PS. Para conocer la velocidad de inyección se utiliza la siguiente formula.

$$S_i = \frac{S_{ps} \cdot \rho_n}{\rho_{ps}}$$

Donde:

S_i Velocidad de inyección del material (g/s)

S_{ps} Velocidad de inyección del PS (g/s)

ρ_n Densidad del material (g/cm³)

ρ_{ps} Densidad del PS (g/cm³)

Con esta información se calculará el tiempo de inyección en función de la velocidad de inyección.

$$t_i = \frac{W_p}{S_i}$$

Donde:

w_p Peso de la pieza (g)

Además de los dos métodos anteriores, el tiempo de inyección se puede conseguir mediante la siguiente ecuación:

$$t_i = \frac{\left(\frac{e_{\min} \cdot D_{\max}}{R_{fe}} \right)^3}{8 \cdot \left(\frac{T_{\exp} - T_{mold}}{T_{mat} - T_{mold}} \right)^3}$$

Donde:

e_{\min} Espesor mínimo de la pieza (cm)

D_{\max} Recorrido máximo del fundido desde la entrada del molde (cm)

R_{fe} Relación entre recorrido del flujo y el espesor de pared (cm/cm)

T_{\exp} Temperatura de la pieza en la expulsión (°C)

T_{mold} Temperatura del molde (°C)

T_{mat} Temperatura del material fundido (°C)

La ecuación supone que el material comienza a solidificarse al entrar en contacto con las paredes de la cavidad del molde, reduciendo así el área a través de la cual puede circular el material fundido que va entrando. Por lo cual, si se aumenta la temperatura del molde, mayor será el tiempo de inyección, pues mayor tiempo se requerirá para que el material se solidifique.

3.5.4.1. Tiempo de solidificación o enfriamiento

El tiempo de enfriamiento inicia desde que termina el tiempo de inyección, durante la aplicación de la presión de sostenimiento y hasta la apertura del molde. Es la etapa más larga del ciclo. En ella se debe asegurar que el material ha solidificado. Suele alcanzar del 50% al 85% del tiempo total.

$$t_{ENF} = \frac{-e_{\max}^2}{2 \cdot \pi \cdot \alpha_n} \cdot \ln \left[\frac{\pi \cdot (T_{\exp} - T_{mold})}{4 \cdot (T_{mat} - T_{mold})} \right]$$

Donde:

e_{\max} Espesor máximo de la pieza (cm)

α_n Difusividad térmica del material ($\text{cm}^2/\text{°C}$)

La difusividad térmica es un valor que se puede encontrar en las hojas de datos del material. Sin embargo, es posible calcularlo:

$$\alpha_n = \frac{\lambda_n}{\rho_n \cdot c_p}$$

Donde:

λ_n Conductividad térmica ($\text{J/s} \cdot \text{cm} \cdot \text{°C}$)

c_p Calor específico ($\text{J/g} \cdot \text{°C}$)

3.5.4.2. Tiempo total del ciclo de inyección

El tiempo de ciclo es un valor que se determina con exactitud hasta que se está produciendo masivamente, ya que son muchos los factores que afectan a la inyección. Aún así para el diseño del molde es necesario hacer una estimación aproximada.

El tiempo de ciclo esta expresado en la siguiente ecuación.

$$t_c = t_{cm} + t_i + t_{enf} + t_{ap} + t_{exp}$$

Donde:

t_c Tiempo de ciclo esperado (s)

t_{cm} Tiempo de cierre de molde (s)

t_i Tiempo de inyección (s)

t_{enf} Tiempo de enfriamiento (s)

t_{ap} Tiempo de apertura del molde (s)

t_{exp} Tiempo de expulsión de la pieza (s)

3.5.5. CÁLCULO DE LA COLADA

Como ya se ha mencionado anteriormente, la colada es un componente de la pieza inyectada pero que no forma parte de la pieza propiamente dicha.

3.5.5.1. Geometría de la colada

La sección óptima de la colada es la circular, ya que esta asegura un flujo del fundido favorables y un enfriamiento uniforme. El diámetro de la colado es:

$$\phi_c = \left(\frac{\sqrt{w_p \cdot \sqrt[4]{l_c}}}{3,7} \right)$$

Donde:

ϕ_c Diámetro de a colada (cm)

l_c Longitud de la colada (cm)

3.5.5.2. Orificio de llenado

Para calcular el diámetro del orificio de llenado se necesita conocer la tasa de corte o velocidad de corte. Esta tasa se obtiene de la ley de potencia. También puede ser conseguido mediante un viscosímetro rotacional.

$$\phi_g = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot Q_m}{\pi \cdot \gamma}}$$

Donde:

ϕ_g Diámetro del orificio de llenado (cm)

γ Tasa o velocidad de corte (1/s)

Además la tasa de corte puede ser calculada a través de la formula de Bingham para análisis de los fluidos no newtonianos independientes del tiempo.

$$\tau_r = \tau_o + \eta_p \cdot \gamma$$

Donde:

η_p viscosidad plástica (N·s/cm²)

τ_r Esfuerzo cortante del fluido reológico (N/ cm²)

τ_o Esfuerzo de fluencia del fluido reológico (N/ cm²)

3.5.6. CÁLCULO DE LA CONTRACCIÓN

El cálculo del porcentaje de contracción esta en función de la longitud de la pieza y la longitud de la cavidad.

$$R_c = \frac{d_m - d_p}{d_m}$$

Donde:

R_c Rango de contracción (cm/cm)

d_m Dimensión requerida en el molde (cm)

d_c Dimensión requerida en la pieza (cm)

Además de la anterior ecuación, el rango de contracción puede ser elegido de las hojas técnicas de los polímeros. En estas hojas también aparecerá como un porcentaje.

La contracción en un molde se considera uniforme en todas las direcciones de la pieza a fabricar.

3.6. RESULTADOS FINALES

Los datos obtenidos hasta el momento se trasladan al programa NX 9.0 que con ayuda del módulo “Mold Wizard” permite realizar el diseño del molde.

Se creará un molde de familia de piezas ya que el realizar dos piezas a la vez implica una mejor fabricación. Además, se consigue una reducción de los costes de fabricación debido a que al crear las dos piezas a la vez sólo se necesita un grupo inyector cosa que, haciéndose por separado, se necesitarían dos grupos inyectores además de otro tipo de accionadores como dos unidades de cierre o un grupo generador de mayor tamaño.

La gran mayoría de las piezas del molde serán comerciales. Pero habrá que diseñar las piezas que necesitan fabricarse íntegramente o las que necesiten de alguna modificación.

El diseño final del molde será el siguiente:

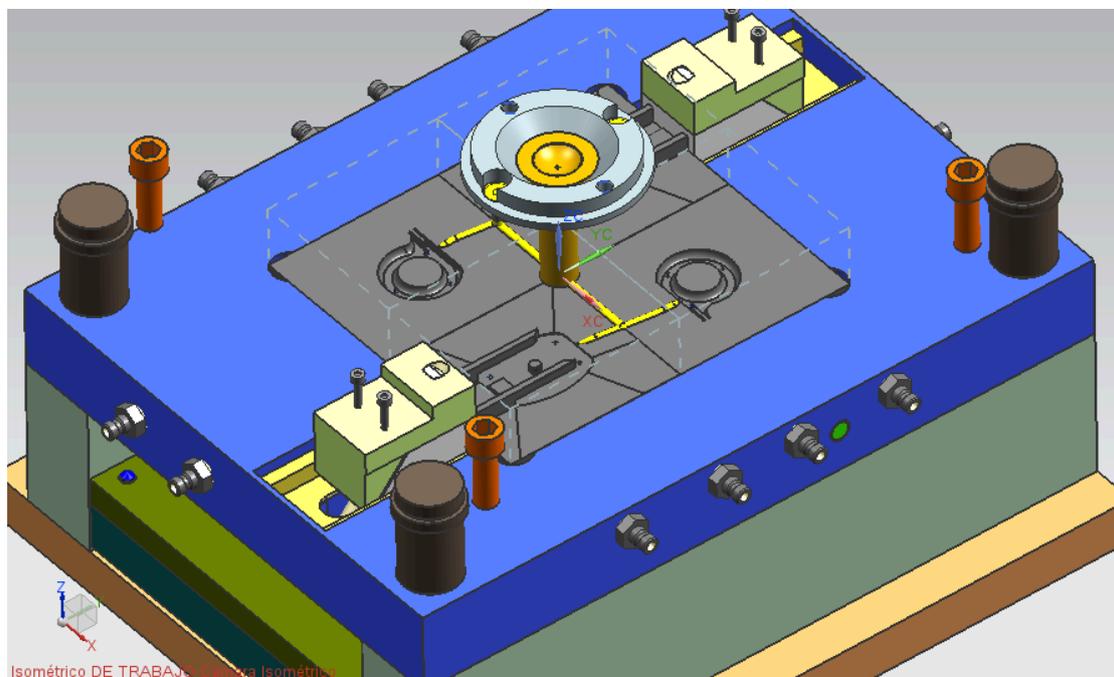


Figura 39: Molde

3.6.1. HUELLAS

Al estar el molde cerrado e inyectar el plástico en los consiguientes huecos, se obtendrán las piezas a realizar. Se obtendrán un total de 4 huellas que corresponden a dos anillos y dos bases que una vez ensamblados formarán 2 estabilizadores de cámara, la distribución de estas huellas se hará de manera equilibrada de tal modo que queden las piezas iguales en diagonal. De este modo se evita que existan variaciones de presión que podrían implicar el desgaste prematuro del molde y de los diferentes elementos actuantes.

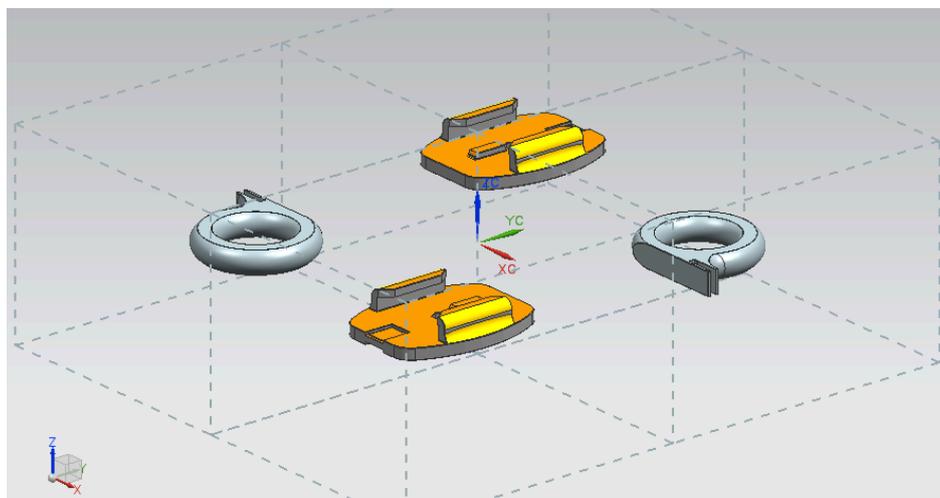


Figura 40: Huellas

3.6.2. PLACA PORTACAVIDADES

Es la placa donde se albergan las cavidades de la pieza. Ésta será la mitad del molde fija, en la que se establecerán el bebedero y el anillo de centrado, el cual sirve para comunicar con el sistema de inyección, además de alojar también la mitad del sistema de distribución y las puertas de entrada de material.

También servirá para ensamblar la parte accionadora del carro lateral.

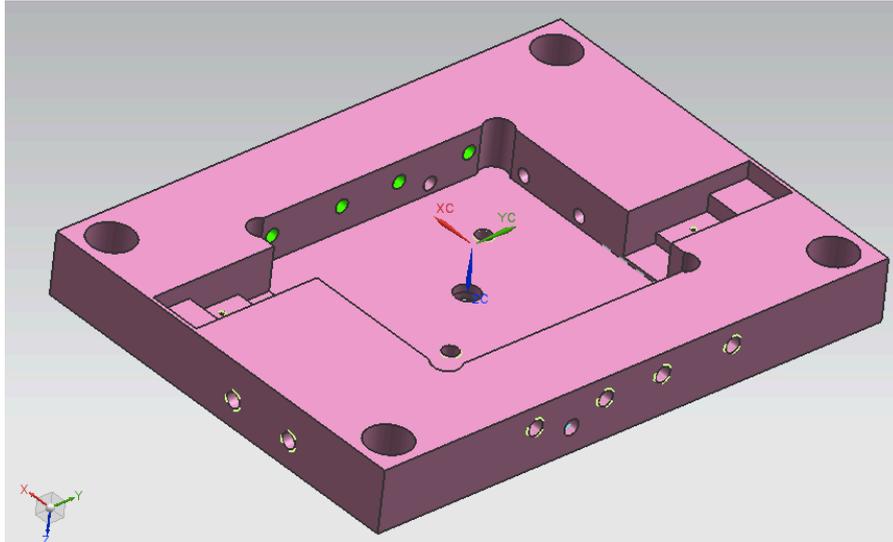


Figura 41: Placa portacavidades

3.6.3. CAVIDADES

Constituye uno de los dos negativos de cada una de las piezas los cuales se ajustan a la placa de cavidades. Se mecanizan independientemente a la placa mediante fresa CNC, su desbaste y preacabado. Por último, se realizará su acabado mediante electroerosión.

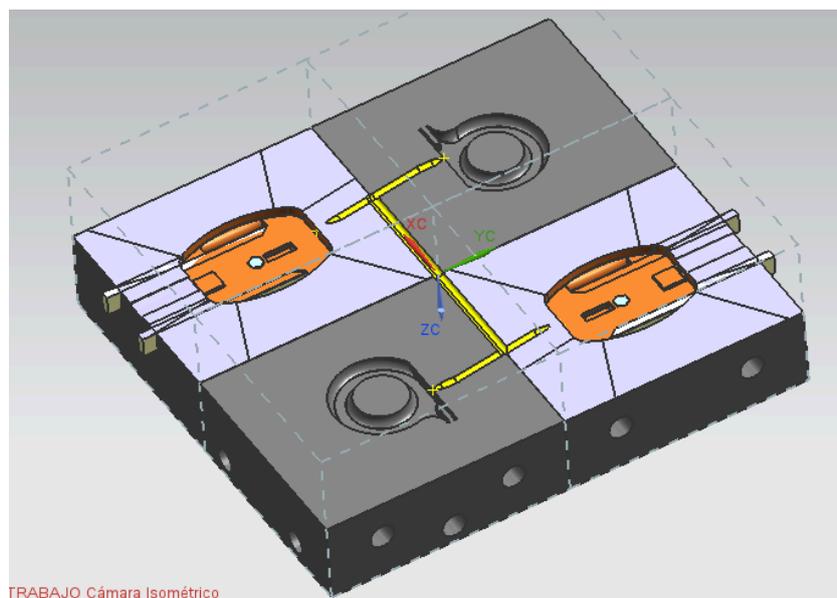


Figura 42: Cavidades

3.6.4. PLACA PORTANÚCLEOS

Forma parte del lado móvil del molde. En él se alojan las piezas que han sido previamente mecanizadas. Tendrá mecanizados los agujeros necesarios para los expulsores. También se albergarán las partes inferiores de los carros laterales.

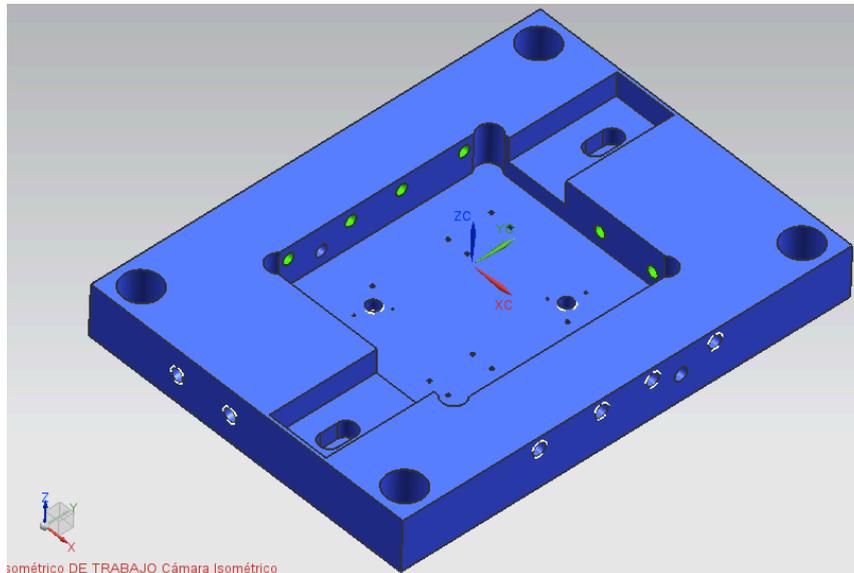


Figura 43: Placa portanúcleos

3.6.5. NÚCLEOS

Constituyen el otro negativo del molde. También se mecanizará el desbaste y preacabado mediante fresa CNC. Su acabado se produce mediante electroerosión.

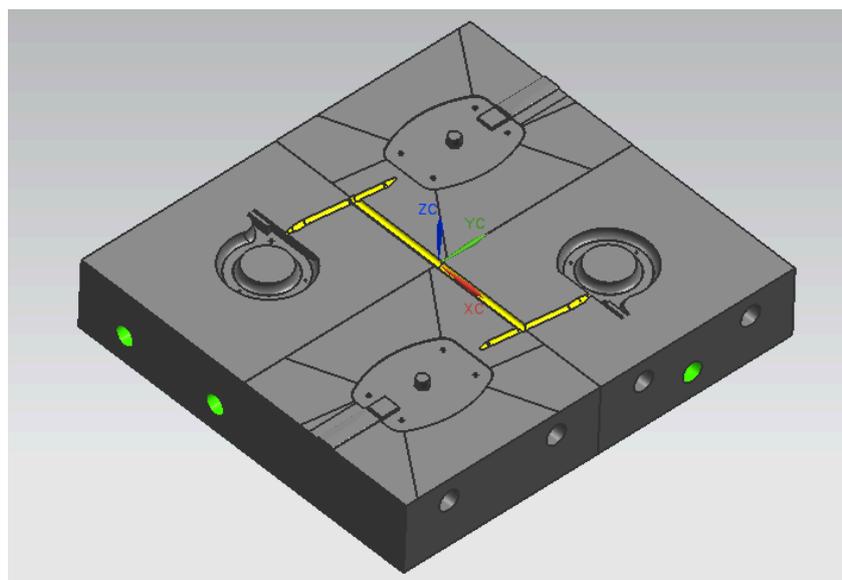


Figura 44: Núcleos

3.6.6. CARROS LATERALES

Conjunto de piezas que permiten variar la dirección de una parte del molde para poder realizar la extracción de las piezas. Las partes más importantes de las que se compone un carro lateral son:

3.6.6.1. Leva

Se ensambla dentro de la placa de cavidades y tiene mecanizados dos agujeros roscados mediante los cuales se fijan a dicha placa.

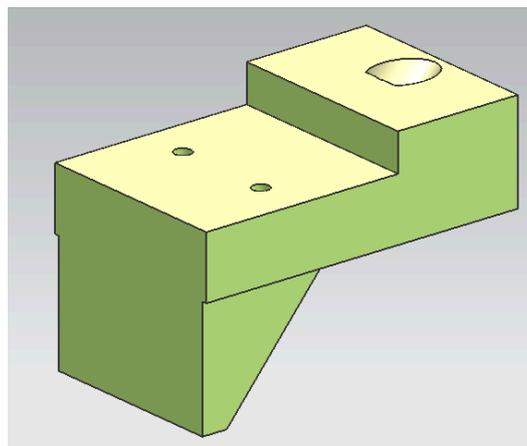


Figura 45: Leva

3.6.6.2. Cuerpo deslizada

Se coloca en la parte del núcleo y tiene acoplado la parte de la pieza a reproducir.

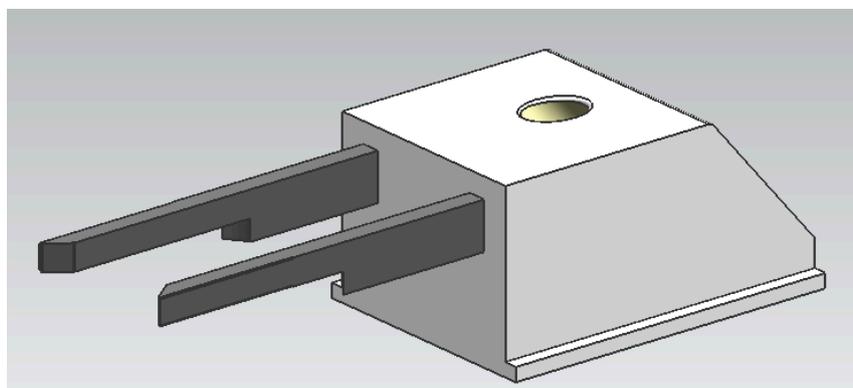


Figura 46: Cuerpo deslizada

3.6.7. EXPULSORES

Al inyectarse el plástico fundido en el interior del molde y su posterior enfriado las piezas tienden a contraerse a la zona del núcleo. Es por esto que los expulsores se encuentran situados en esa zona y así permiten la expulsión de las piezas sin que se produzcan fallos irreversibles en las piezas que implicarían que estas fuesen inservibles.

La distribución de expulsores para cada tipo de piezas será distinto, en el caso de la base se dispondrá de cuatro expulsores de misma sección, en cambio en los anillos solo habrá tres expulsores pero con la particularidad de que uno de ellos es más grueso que los otros dos.

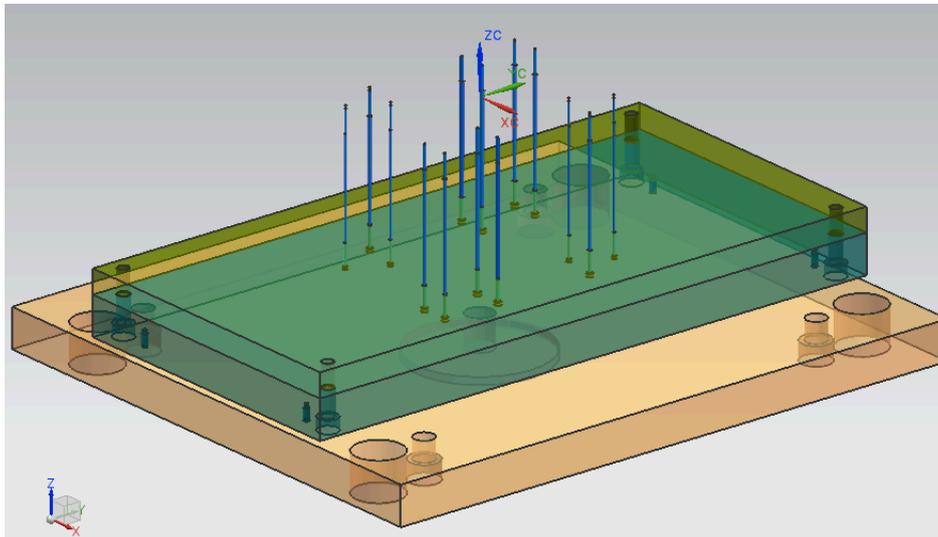


Figura 47: Expulsores

3.6.8. PLACA EXPULSORA Y PORTAEXPULSORES

Son dos placas que mediante su acción conjunta permiten extraer las piezas cuando se termina la inyección y las piezas se quedan alojadas en el núcleo del molde.

La placa expulsora se acciona al retroceder el núcleo del molde una vez realizada la inyección y su posterior enfriamiento.

Por otro lado, la placa portaexpulsores posee los agujeros necesarios en los que se alojan los expulsores.

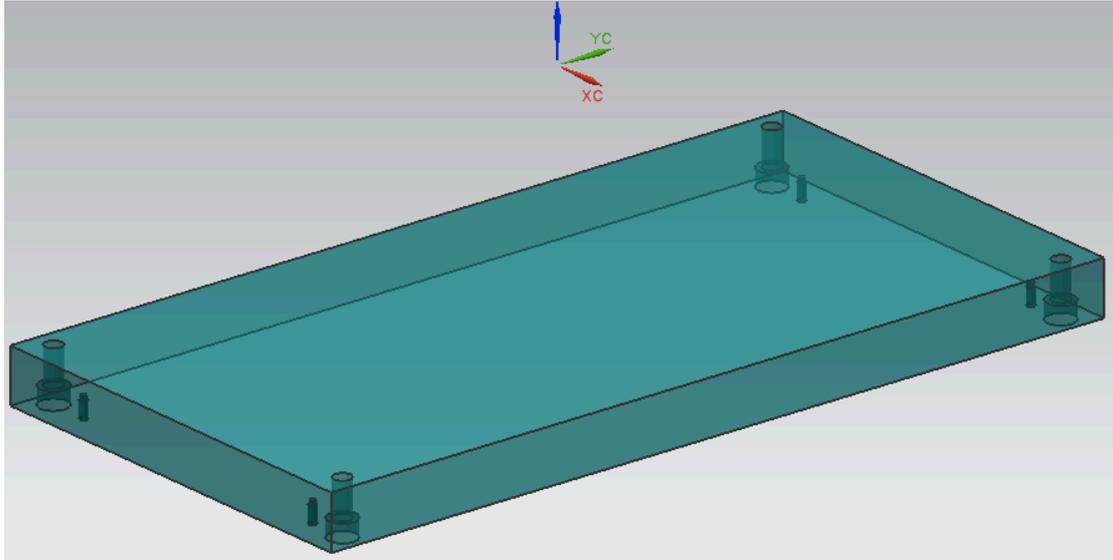


Figura 48: Placa expulsora

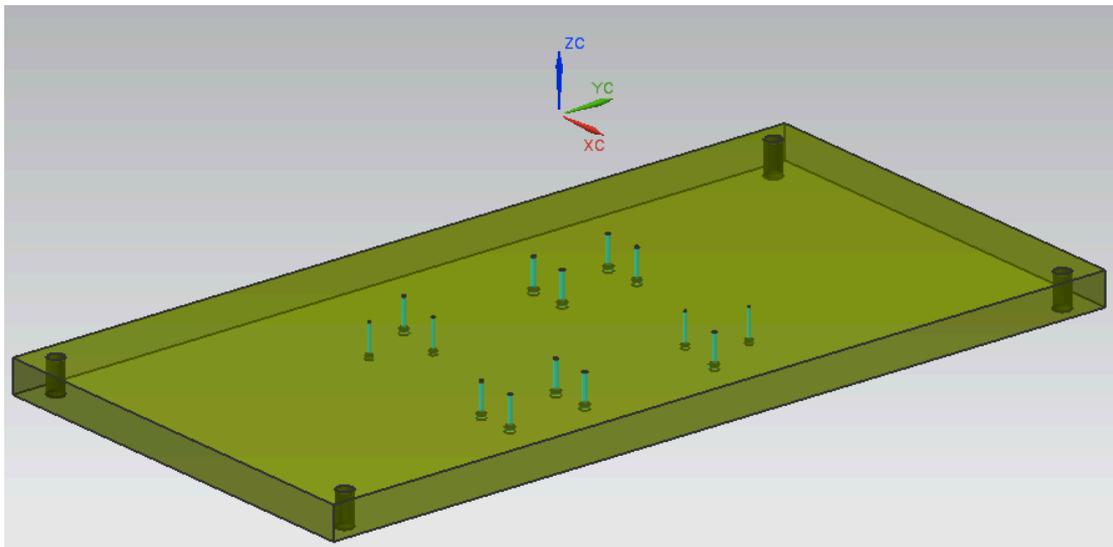


Figura 49: Placa portaexpulsores