



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Desarrollo de embellecedores de puerta
de un vehículo comercial**

Autor:

Prieto Acera, Fernando

Tutor(es):

**Sanz Arranz, Juan Manuel
Dpto. Expresión Gráfica en la
Ingeniería**

Valladolid, Junio 2021.

RESUMEN

Este proyecto trata de reproducir el diseño de una pieza de inyección de plástico en el ámbito de la automoción, así como la carrocería y las fijaciones a la misma. También se han calculado los desplazamientos de los elementos del molde de inyección.

Se ha partido de un modelo 3D genérico, sobre el cual se han desarrollado las piezas de plástico y las de carrocería con ayuda de un programa CAD. Se ha seguido el proceso de diseño que actualmente emplea Toyota Motor Europe en la industria.

Una vez diseñada la pieza, se ha verificado la factibilidad de la pieza plástica mediante inyección en un molde y se han calculado los desplazamientos de los elementos del molde y su apertura.

Para finalizar, se ha analizado la viabilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta el tiempo de duración del proyecto y los costes implicados.

Palabras clave: **Diseño; Automoción; Ingeniería; Plástico; Moldura.**

ABSTRACT

The objective of this project is to reproduce the design of a plastic injection part in the automotive field, as well as the body in white and the fixations to it. The displacements of the injection mold elements have been calculated.

It starts from a generic 3D model, on which the plastic and body parts will be developed with the help of a CAD program. The design process currently used by Toyota Motor Europe in the industry will be followed.

Once the part has been designed, the feasibility of the plastic part will be verified by injection into a mold. The displacements of the elements of the mold and the necessary opening that it must have will be calculated.

Finally, the economic viability of the project will be analysed, considering the duration of the project and the costs involved.

Keywords: Design; Automotive; Engineering; Plastic; Molding.

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN
 - 1.1. Objetivos del TFG
 - 1.2. Alcance
 - 1.3. Antecedentes

2. CAPÍTULO 2. CAD MODELLER Y DESARROLLO DE PRODUCTO BIW
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Concepto del embellecedor de plástico
 - 2.2.1. Diseño del *mikiri*
 - 2.2.2. Diseño de las superficies de estilo del embellecedor
 - 2.3. Planteamiento de la carrocería. *Datums* y fijaciones
 - 2.3.1. Piezas de estampado
 - 2.3.2. Diseño del panel exterior con superficies
 - 2.3.2.1. Dirección de estampación
 - 2.3.2.2. Superficies
 - 2.3.3. Planteamiento de las fijaciones

3. CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EMBELLECEDOR DE PUERTAS
 - 3.1. Definición de la pieza.
 - 3.2. Superficies de partida y desarrollo del sólido
 - 3.3. Inscripción en la moldura
 - 3.4. Planteamiento del *powercopy* para las fijaciones y las correderas
 - 3.5. Planteamiento de los refuerzos de la pieza
 - 3.6. Visibilidad técnica
 - 3.7. *Edge-fillets*
 - 3.8. Planteamiento de la *parting line*

4. CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS
 - 4.1. Análisis del recorrido de correderas y molde
 - 4.2. *Draft* análisis de pieza y correderas

5. CAPÍTULO 5. ESTUDIO ECONÓMICO

6. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

REFERENCIAS

1. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos del TFG

Este proyecto trata del diseño de unas piezas de inyección de plástico en el ámbito de la automoción: los embellecedores de puertas de un vehículo comercial. Se va a partir de la carrocería de un vehículo tipo en formato 3D y se va a seguir el método empleado por Toyota Motor Europe (TME). Estas piezas se van a conformar mediante inyección de plástico, se plantearán las fijaciones a la carrocería y su factibilidad para la fabricación en molde de inyección (imagen 1.1).

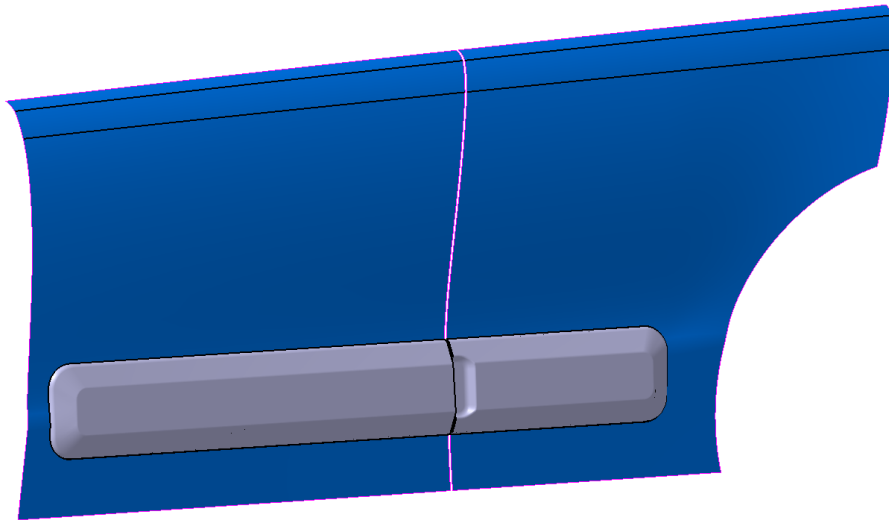


Imagen 1.1. Embellecedor de puerta de un vehículo comercial.

Para llevar a cabo el proyecto, se partirá de unas superficies de carrocería de puerta delantera y trasera de una maqueta genérica. Estas piezas de carrocería generalmente se conforman por estampación, por lo que al diseñar la parte técnica de la carrocería en la que se coloca el embellecedor, habrá que tener esto en cuenta. Se plantearán los puntos de fijación y se realizarán las superficies que estarán en contacto con los embellecedores de plástico (imagen 1.2).

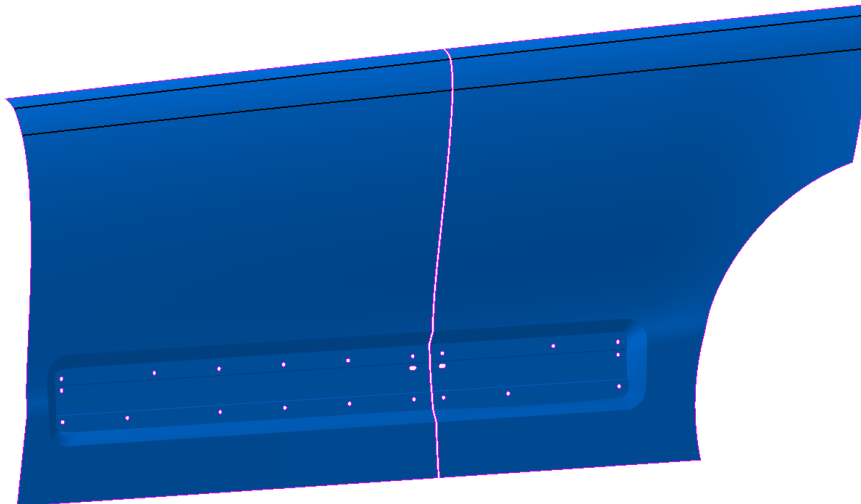


Imagen 1.2. Puntos de fijación del embellecedor a la carrocería.

Se estudiarán las piezas y el ámbito en el que irán colocadas. Seguidamente se pasará al diseño mediante la ayuda de un programa CAD (Catia V5). Los embellecedores se tratarán como piezas moldeadas por inyección de plástico (imagen 1.3) y los paneles de puerta como piezas de estampación.

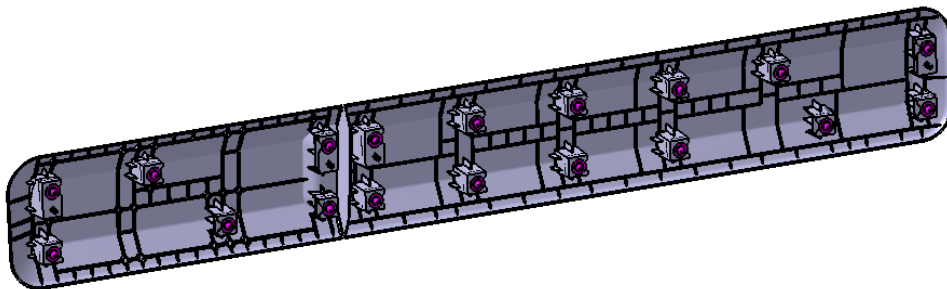


Imagen 1.3. Interior de la pieza de inyección de plástico.

Una vez verificada y confirmada la factibilidad, se realizará el cálculo de las correderas para estimar el recorrido de apertura del molde de inyección durante la fabricación. Las correderas son aquellos componentes del molde de inyección que conforman partes de la pieza que no se desmoldean en el sentido de apertura del molde.

Un carro o corredera es un elemento del molde que realiza un movimiento generalmente perpendicular a la dirección de desmoldeo del molde para desmoldear un negativo o una contrasalida. Un negativo o contrasalida es aquel elemento que no se puede desmoldear siguiendo la dirección de desmoldeo. El carro o corredera (imagen 1.4) va guiado por dos guías o regletas y es accionado por una barra inclinada o un cilindro hidráulico.

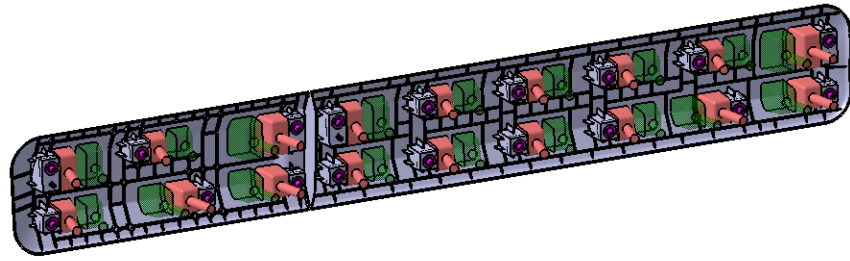


Imagen 1.4. Desarrollo de las correderas.

Para finalizar, se analizará la viabilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta los tiempos y costes implicados en el desarrollo del proyecto.

1.2. Alcance

Se realizará el modelado de la pieza a diseñar en 3D, mediante un programa CAD. Concretamente Catia V5. CATIA (*computer-aided three dimensional interactive application*) es un programa informático comercial de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora realizado por Dassault Systèmes. El programa está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis de productos.

El embellecedor forma parte de las piezas que van ensambladas en el exterior del automóvil, por lo tanto, son visibles al usuario. Esto requerirá de unas características técnicas, tanto de resistencia como de calidad de acabado, así como de durabilidad y resistencia a las temperaturas durante los años útiles del automóvil. Para ello se va a tomar como material de la pieza El ABS o acrilonitrilo butadieno estireno. Este material es un plástico que forma parte de los termoplásticos, es decir, que pertenece al grupo de polímeros que se pueden moldear al aplicarle calor.

Entre sus propiedades destacan la rigidez, dureza y tenacidad, lo que le confiere una gran estabilidad y resistencia a impactos o vibraciones, incluso a bajas temperaturas. Además, otra de las grandes ventajas del plástico ABS es que admite ser pintado. Debido a todas estas cualidades, el ABS se utiliza muy a menudo en el mundo de la automoción, utilizándose en numerosas partes del vehículo, como es el caso de consolas y paneles de instrumentos, guanteras, recubrimiento de airbags, paragolpes, carcasas, rejillas, etc.

Se tratará del diseño tal y como se lleva a cabo en Toyota Motor Europe (TME), partiendo de las superficies proporcionadas por el departamento de diseño. Se desarrollará primero la pieza de carrocería y los puntos de fijación a ella y posteriormente el desarrollo de la pieza plástica, el embellecedor. Para la fijación a la carrocería se emplearán grapas o clips. Estos clips van embarcados en los denominados *doghouses* (imagen 1.5). Los *doghouses* forman parte de la estructura técnica del embellecedor, y su cometido es albergar los clips de fijación. Estos *doghouses* han de ser resistentes, si la pieza tuviera que ser retirada se puede asumir la ruptura de las grapas, pero no la de un *doghouse* de la pieza.

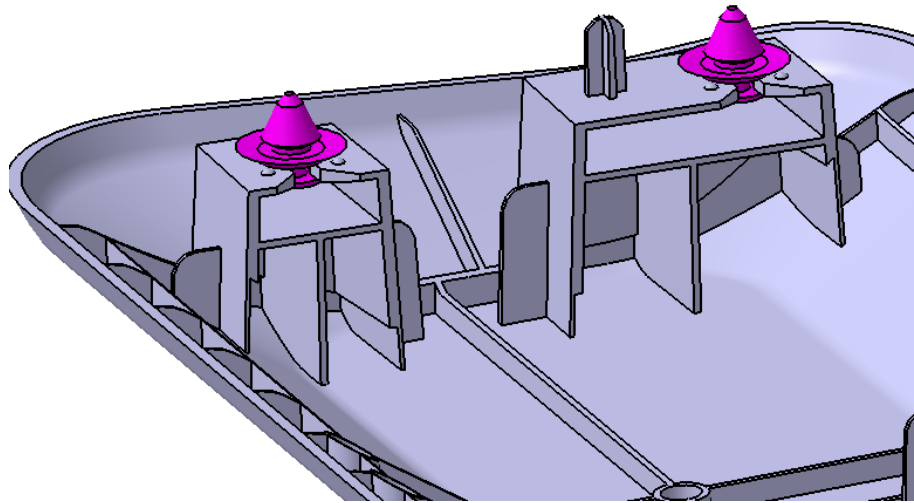


Imagen 1.5. Diseño de los doghouses.

Estas estructuras de fijación tienen una dirección de desmoldeo casi perpendicular a la dirección de desmoldeo del molde de inyección, por lo que se procederá al uso de correderas o sliders (imagen 1.6) en el molde de inyección. Estos elementos del molde permiten desmoldear negativos, geometrías que no se pueden desmoldear con el desplazamiento del molde. Este apartado se explicará más detalladamente en el capítulo 3.

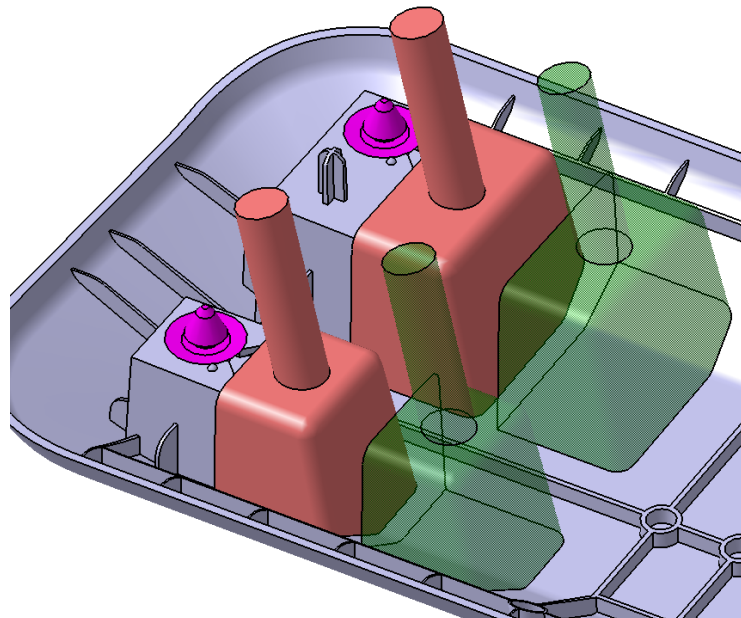


Imagen 1.6. Diseño y cálculo de las correderas.

Desarrollo de embellecedores de puerta de un vehículo comercial

Además del cálculo de las correderas, se va a desarrollar una estructura de *ribs* o nervios para darle rigidez a la pieza. También se aportarán los planos 2D del embellecedor, donde se muestra el histórico de *datums* de las fijaciones, cómo se bloquean los grados de libertad del embellecedor al fijarlo a la carrocería. También se muestran en los planos 2D secciones transversales de las piezas en las fijaciones principales (imagen 1.7).

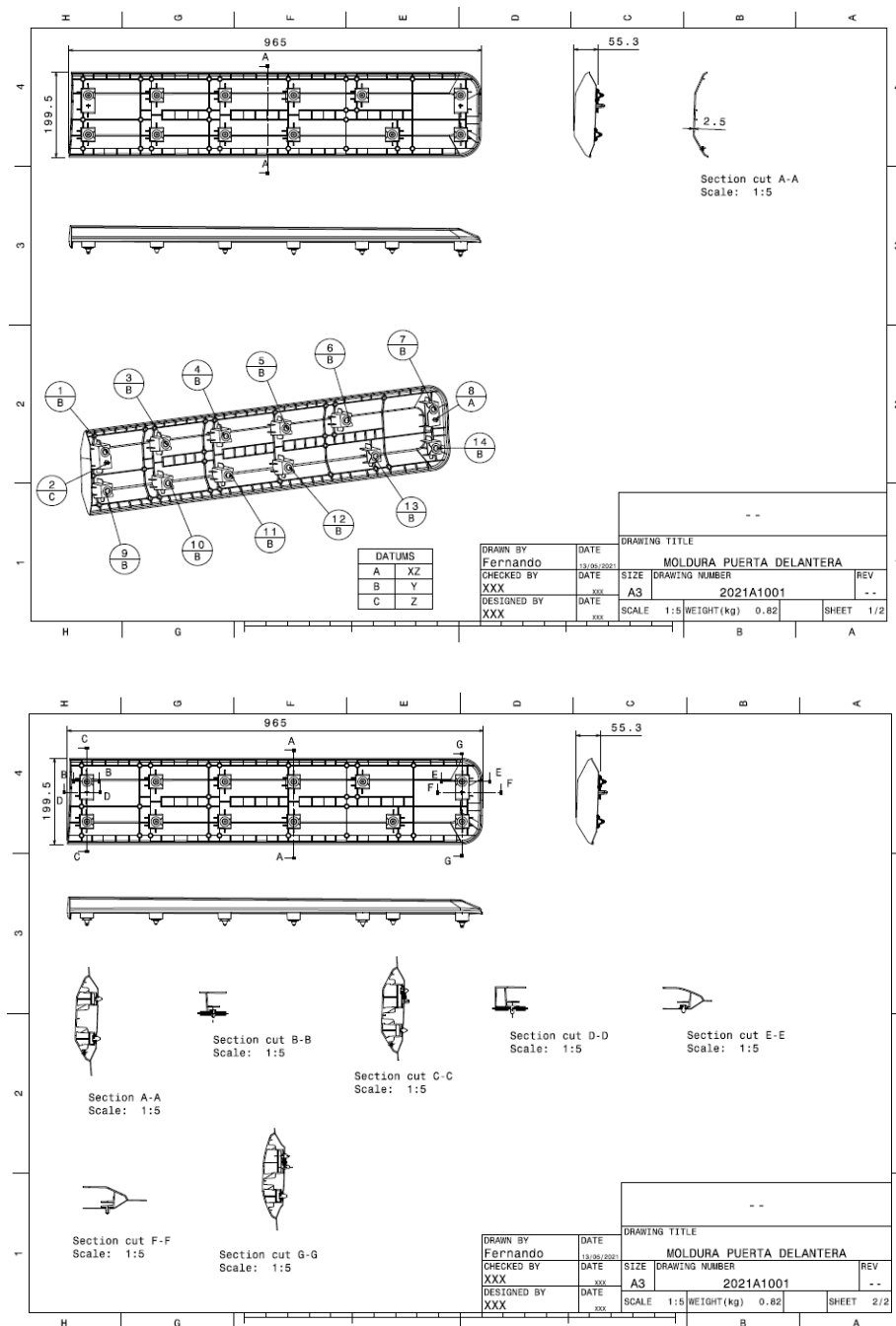


Imagen 1.7. Planos 2D de las piezas diseñadas.

1.3. ANTECEDENTES

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con experiencia laboral en automoción como Ingeniero de CAD, Ingeniero de Diseño e Ingeniero de Producto en OEMs como Toyota Motor Europe, Renault S.A., PSA y proveedores Tier1. Se ha colaborado en proyectos de diseño y desarrollo de vehículos comerciales desde la fase de concepción hasta la fase de industrialización.

En este proyecto se llevará a cabo el diseño de una pieza una vez la fase de concepción ya está finalizada y el estilo del coche ya está congelado. Esto quiere decir que las superficies de carrocería y de plásticos ya son definitivas. Los objetivos de este proyecto son:

- Diseñar el embellecedor de puerta para garantizar que la fabricación mediante inyección de plástico en un molde es factible
- Diseñar un sistema para que la fijación de las piezas a la carrocería sea posible.

Para ello se utilizará una herramienta de CAD, Catia V5. Se seguirá el patrón de diseño conocido en la automoción como “modelo Volkswagen”, en el que se crea un archivo de diseño de la pieza paramétrico, partiendo de los inputs de diseño que serían proporcionados por el departamento de estilo (generalmente superficies “muertas”, no paramétricas). El árbol de Catia de este modelo se debe de leer de manera vertical, partiendo de la parte superior. Siguiendo este modelo se intenta garantizar que, si otro ingeniero debe modificar la pieza en cuestión, la tarea se pueda realizar con la mayor facilidad posible.

Los bordes (denominados “*mikiris*”) y apariencia de la pieza plástica, se han desarrollado siguiendo la apariencia de un automóvil actual. En cuanto al patrón de fijación por clipado, estructura de rigidez de la pieza plástica, etc. se desarrollará siguiendo el proceso llevado a cabo en proyectos con moldistas como por ejemplo Grupo Simoldes.

2. CAPÍTULO 2. CAD MODELLER Y DESARROLLO DE PRODUCTO

2.1. Introducción

Para el desarrollo de estas piezas se va a seguir el mismo proceso que en TME. El equipo de diseño, parte del tipo de vehículo que se quiere diseñar, desarrolla croquis y dibujos conceptuales, teniendo como referencia otros vehículos y unas dimensiones determinadas. Con esta información, concibe la apariencia del vehículo que la marca quiere diseñar mediante superficies de estilo. Esto quiere decir, que los artistas e ingenieros de diseño que trabajan en este departamento generan la apariencia del coche creando bocetos y después las transfieren a superficies mediante programas 3D. Este paquete de superficies se podría considerar como la cáscara del vehículo (Imagen 2.1) y contiene todas las superficies exteriores del vehículo (carrocería, embellecedores, faros, etc.) pero no hay nada en su interior, aún no se ha desarrollado la ingeniería de estas piezas.

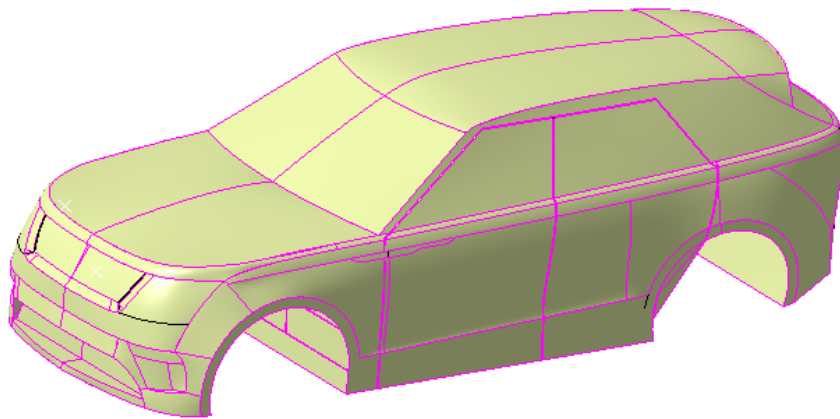


Imagen 2.1. Superficies de estilo para el diseño del vehículo.

Una vez cerrado el estilo, este paquete de superficies se entrega al departamento de *Data Management* que va a dividir estas superficies en paquetes que se van a distribuir entre los equipos del departamento de ingeniería (flanco, puertas, capó, techo, etc.) para su desarrollo. Para el desarrollo de los embellecedores descritos en este TFG, se recibiría un paquete cuyo contenido serían las superficies de las puertas delantera y trasera, su contorno y las líneas que las separan, así como las líneas colindantes con otras piezas. Estas líneas son denominadas en TME, “*Mikiris*” (imagen 2.2).

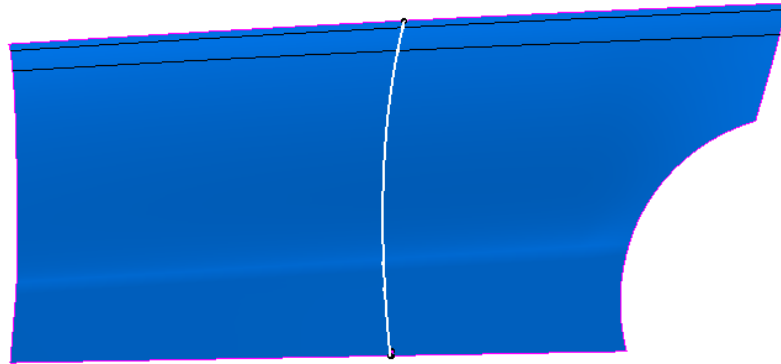


Imagen 2.2. Superficies de estilo de paneles de puerta con Mikiri.

Data management sólo proporciona a cada equipo la información necesaria para el desarrollo de su pieza, nunca se entrega el estilo completo de un coche a ningún miembro por temor a que se filtre a otras marcas o medios de comunicación. A pesar de que se hayan firmado compromisos de confidencialidad, la difusión de este tipo de información podría hacerle perder mucho dinero a la marca. Además, no se entrega el archivo paramétrico creado por los ingenieros de diseño. La manera en la que se entregan esta información es mediante superficies y líneas aisladas, “muertas”. Estos elementos de entrada o *inputs* no contienen información de cómo han sido creados (imagen 2.3).

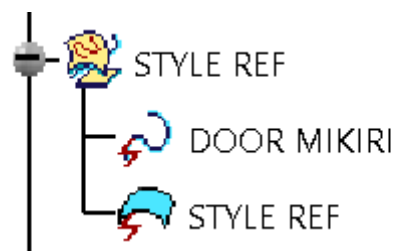


Imagen 2.3. Superficies y líneas de estilo aisladas.

2.2. Concepto del embellecedor de plástico

Las superficies 3D de las que se han partido para el diseño de las piezas de este TFG vienen del SUV (*sport utility vehicle*) Land Rover Voque (imagen 2.4), el cual no tiene embellecedor de puerta. Se ha elegido este vehículo para poder concebir de cero el diseño de las superficies de los embellecedores y el *mikiri* de los mismos en la parte de pieza plástica. En cuanto a la parte de pieza de carrocería, se va a desarrollar las superficies de fijación de los embellecedores.



Imagen 2.4. Fotografía del modelo Land Rover Voque.

Para el diseño de estas piezas se ha tomado como ejemplo el modelo Fiat Panda (imagen 2.5). Este automóvil tiene un embellecedor de puerta que abarca desde la puerta del piloto hasta la puerta del pasajero, en la parte inferior del panel de puerta. Se va a diseñar un detalle en la parte frontal del embellecedor de la puerta del pasajero, similar a la del Fiat panda; y se va a implementar una inscripción en la parte central del embellecedor.



Imagen 2.5. Fotografía del modelo Fiat Panda.

Este modelo tiene embellecedores de puerta trasera y delantera, con un detalle de diseño en el embellecedor trasero. La superficie de estilo de este embellecedor parte de una superficie paralela al plano longitudinal del coche y mediante superficies tangentes acaba uniéndose a la superficie de la carrocería casi de manera perpendicular (imagen 2.6).



Imagen 2.6. Embellecedores de puerta del Fiat Panda.

2.2.1. Diseño del *mikiri*

Generalmente el *mikiri* de una pieza es uno de los inputs durante el proceso de diseño, esto quiere decir que el departamento de estilo entrega al ingeniero de diseño un archivo con un conjunto de líneas aisladas que definen los contornos o límites de pieza. En este caso, para el desarrollo de este TFG, se ha creado un *mikiri* para el desarrollo de las piezas. Para diseñar el *mikiri* (o línea de separación entre piezas) se ha creado un croquis o *sketch*. Este *sketch* es paralelo al plano longitudinal del vehículo (XZ), ver imagen 2.7.



Imagen 2.7. Ejes de coordenadas utilizados en automoción.

En este *sketch* para el diseño del contorno de los embellecedores se mantienen 50mm de distancia entre el *mikiri* del embellecedor y el *mikiri* delantero del panel de puerta; 120mm entre el embellecedor y el *mikiri* inferior del panel de puerta y 120mm entre el embellecedor y el *mikiri* trasero del panel de puerta (imagen 2.8).

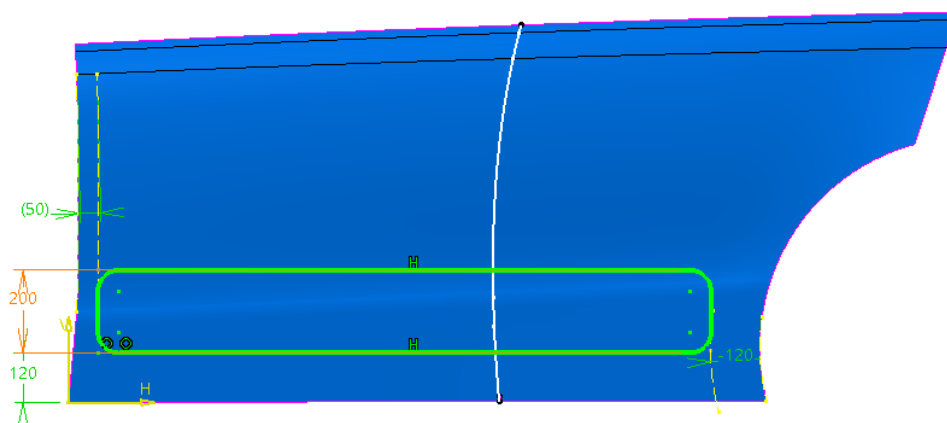


Imagen 2.8. Límites del *mikiri* del embellecedor.

En cuanto a las dimensiones del embellecedor, se ha tomado como altura 200mm, el radio de las esquinas en el contorno es de 50mm (imagen

2.9) y la longitud de la pieza va definida por las distancias entre *mikiris* mencionadas recientemente.

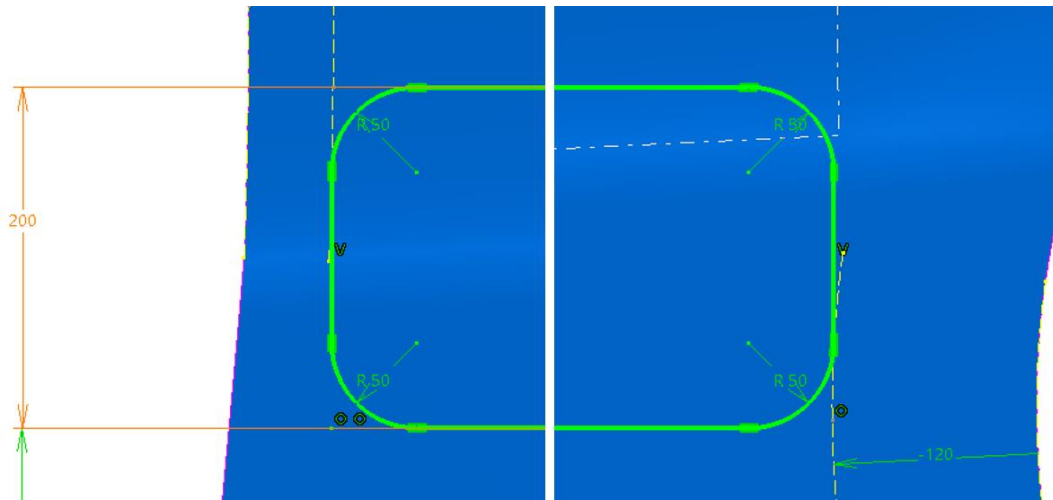


Imagen 2.9. Dimensiones del mikiri del embellecedor.

El resultado de este diseño es una línea que va a definir el contorno de los embellecedores de puertas delantera y trasera. La división de estas piezas va a ser el *mikiri* de puerta, el cual ha sido proporcionado por el departamento de data management y el departamento de estilo (imagen 2.10). Con el *mikiri* del embellecedor y el de las puertas, ya se puede definir el contorno del embellecedor objeto de este TFG.

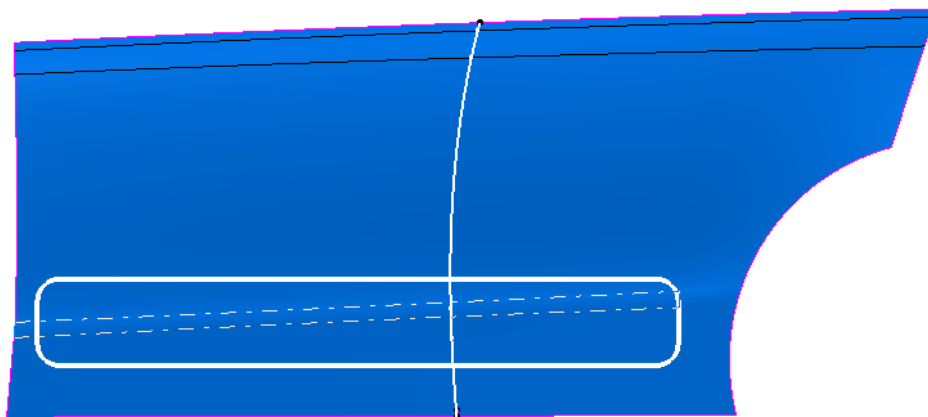


Imagen 2.10. Mikiri del embellecedor definitivo.

2.2.2. Diseño de las Superficies de estilo del embellecedor (*Exterior Trim Surfaces*)

El diseño de las superficies de estilo del embellecedor (*Exterior Trim Surfaces*) se ha dividido en las siguientes fases: Croquis o *sketches*, *Offsets*, Líneas y *Surface work* (imagen 2.11). Durante la fase *Sketches*, se diseñó el *mikiri* de los embellecedores.

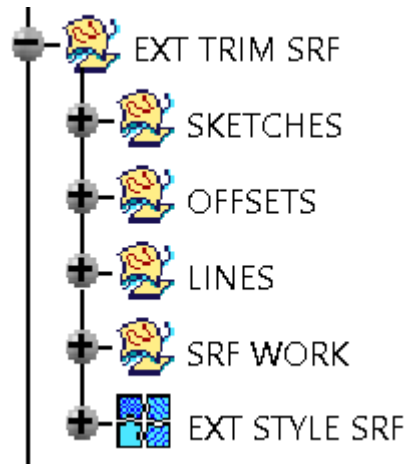


Imagen 2.11. Fases del diseño de la superficie de estilo del embellecedor.

Estas superficies de estilo se van a dividir en tres, una superficie plana contenida en la línea 1, una superficie de transición entre la línea 1 y la 2 y finalmente una última superficie entre la línea 2 y la 3, siendo la línea 3 el *mikiri* del embellecedor (imagen 2.12). Dado que esta pieza se fabricará en un molde de inyección se tendrá en cuenta la dirección de desmoldeo, este punto se desarrollará en el capítulo 3.

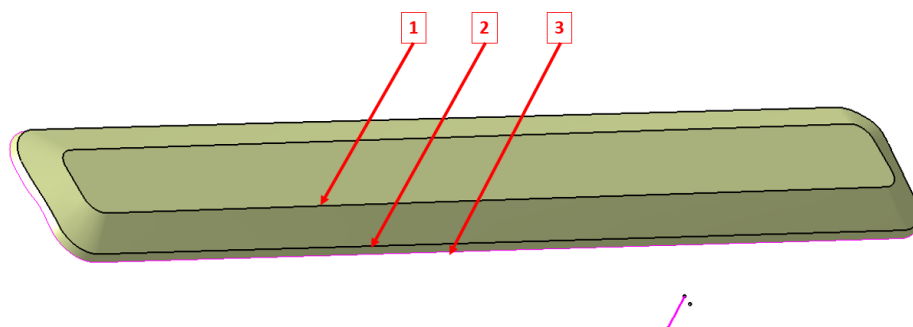


Imagen 2.12. Líneas para el diseño del estilo del embellecedor.

Para definir la línea 1 se ha realizado un barrido en sentido lateral al vehículo, es decir, en sentido del eje Y del *Mikiri* de los embellecedores. En

Catia V5, la función *Extrude* (Extrusión) permitirá crear superficies regladas por extrusión de un contorno, que se puede generar a partir de un *Sketch* o una curva (imagen 2.13).

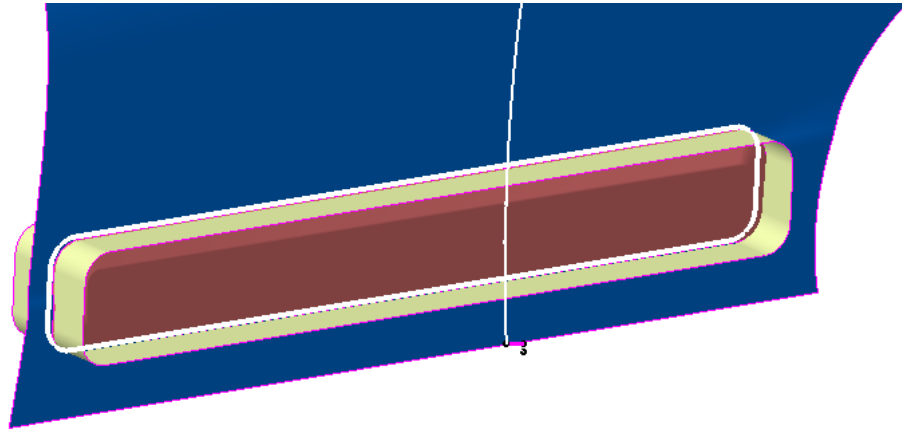


Imagen 2.13. Extrusión del mikiri del embellecedor.

Posteriormente, se procede a crear un *offset* de esta superficie creada mediante el comando *Extrude*. En Catia V5, el *Offset* (Superficies paralelas), es una operación con la que se consigue una superficie paralela a otra ya existente, a una distancia dada. Basta con seleccionar la superficie a repetir y el valor de la distancia a la que se quiere la nueva superficie. Este *offset* se creará a 50mm del barrido del *mikiri* (imagen 2.14).

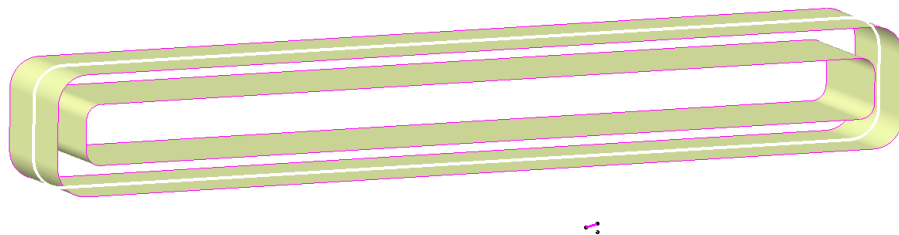


Imagen 2.14. Offset del barrido del mikiri.

A continuación, se realiza la intersección de este *offset* con la superficie de estilo de la carrocería (imagen 2.15). Con esta operación se van a obtener las intersecciones de dos elementos de nuestra geometría. Se podrá realizar la intersección de dos curvas, de curvas con superficies, de dos superficies, de superficies y sólidos, etc. En este caso, al intersectar dos superficies el resultado es una curva (en rojo). Con esta curva, trazamos una curva paralela a ella a 30mm contenida en el *offset* de 50mm (en verde) (imagen 2.16).

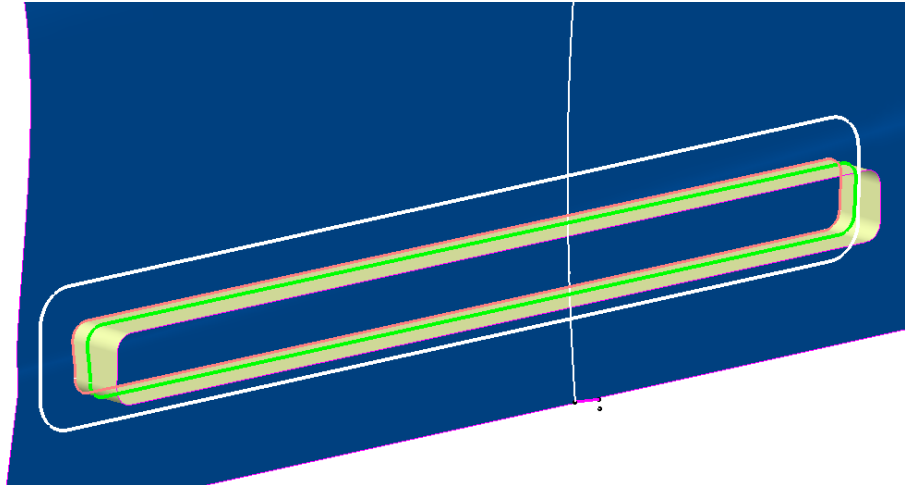


Imagen 2.15. Intersección del barrido con el estilo de la carrocería.

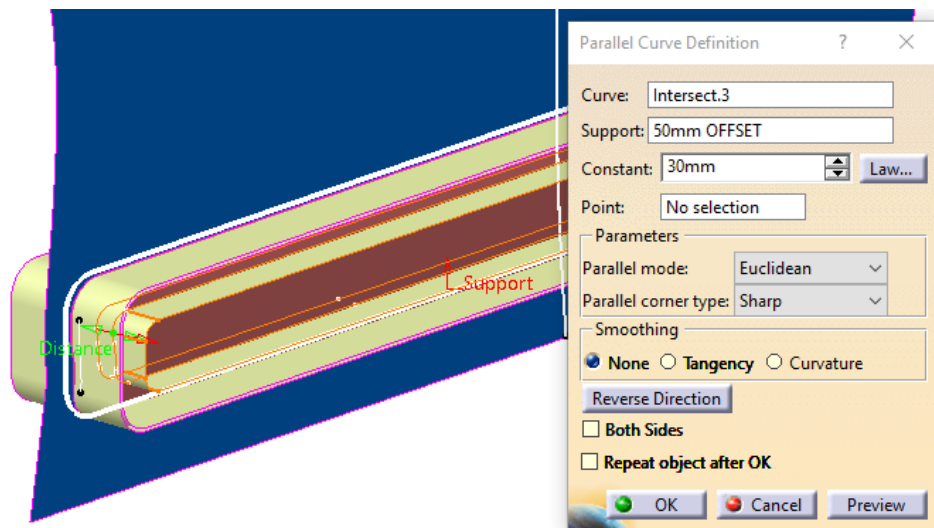


Imagen 2.16. Línea paralela de la intersección.

Se procede entonces a crear un plano para definir la superficie principal del estilo del embellecedor. Se ha diseñado esta superficie contenida en un plano para que sea estéticamente correcta. Se ha creado el plano a través de 3 puntos de esta línea paralela (imagen 2.17). Se han tomado dos puntos de la parte posterior de la curva y el tercer punto de la parte anterior.

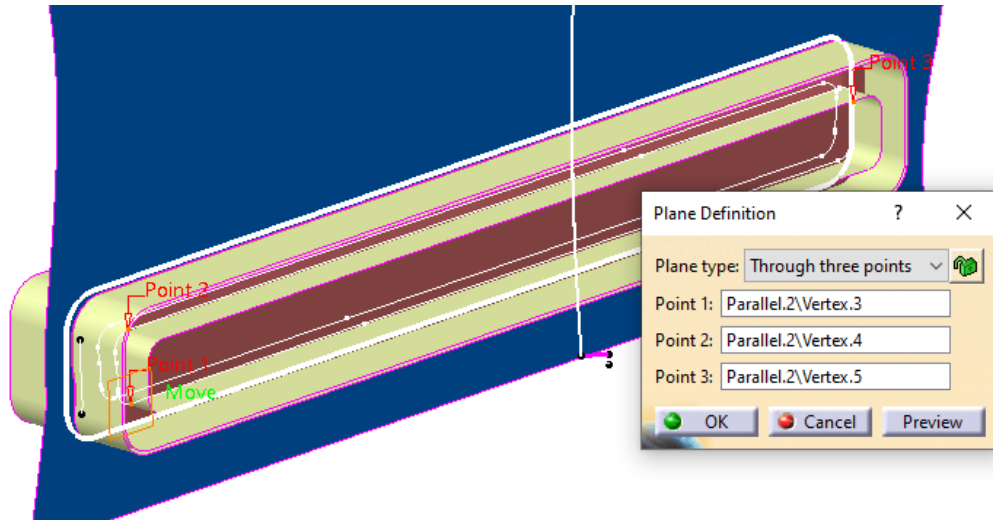


Imagen 2.17. Creación del plano a través de tres puntos.

Finalmente, se ha proyectado la curva paralela sobre el plano, se ha aplicado el comando *smooth curve* y se ha creado la superficie principal del estilo del embellecedor mediante el comando *Fill*. Con el comando *smooth curve*, se puede rellenar los huecos y suavizar las discontinuidades de tangencia y curvatura, con el fin de generar una geometría de mejor calidad al utilizar esta curva para crear otros elementos, como superficies barridas, por ejemplo. En referencia al comando *fill*, con esta operación se pueden generar superficies de relleno a partir de contornos cerrados o bien una serie de curvas o bordes de superficies que formen un contorno cerrado. El resultado obtenido es una superficie plana contenida (imagen 2.18).

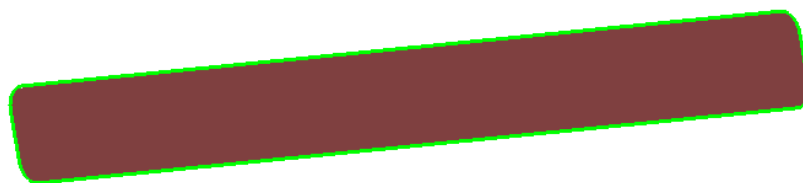


Imagen 2.18. Creación de una superficie plana.

Para crear la línea 2 (imagen 2.19), primero se ha realizado un *offset* a 5mm del barrido del *mikiri* del embellecedor. Posteriormente, se ha creado la intersección entre este *offset* con el estilo de la carrocería. A continuación, se ha creado una línea paralela a 10mm de esta intersección, contenida en el *offset* de 5mm (imagen 2.20).

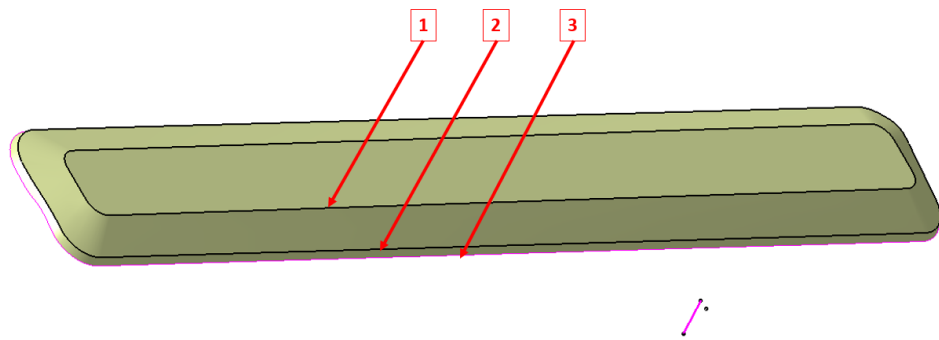


Imagen 2.19. Líneas características de la superficie de estilo del embellecedor.

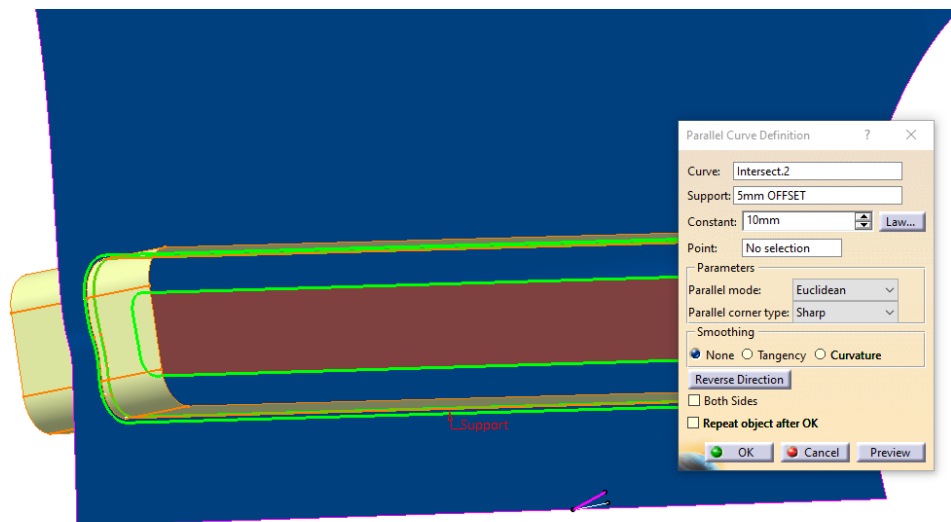


Imagen 2.20. Línea paralela a 10 milímetros.

La línea 3 es el *mikiri* del embellecedor, creado con anterioridad a partir de un croquis o *sketch* con unas dimensiones determinadas. Se procede entonces a la creación de las superficies de transición del estilo del embellecedor. Volviendo al ejemplo del Fiat Panda, podemos observar que el embellecedor se podría dividir en tres superficies principales (imagen 2.21).

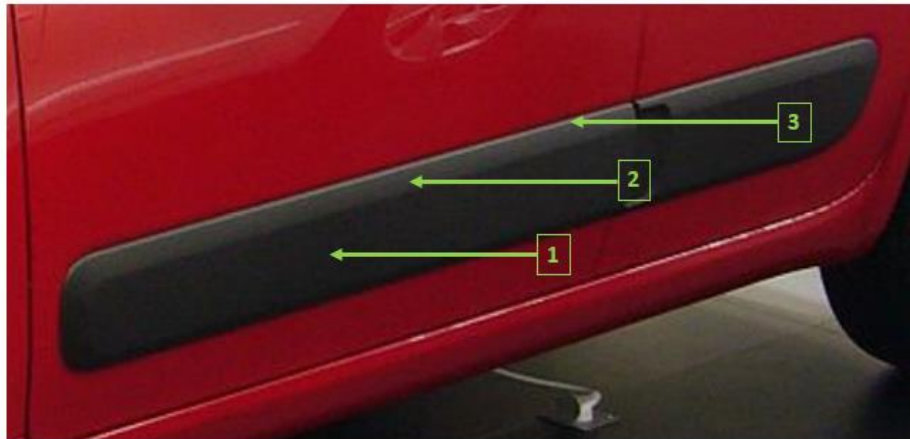


Imagen 2.21. Superficies de estilo características del Fiat Panda.

La superficie número 1 sería la superficie principal del embellecedor, creada anteriormente mediante el comando *Fill*. Esta superficie se trata de una superficie plana que sigue el plano longitudinal del vehículo. De esta superficie principal partiría la superficie número 2, en ángulo con la primera y finalmente, la superficie número 3, que es la superficie de cierre que se une a la carrocería en el *mikiri* del embellecedor. En los pasos anteriores se han creados los límites de estas superficies (imagen 2.22).

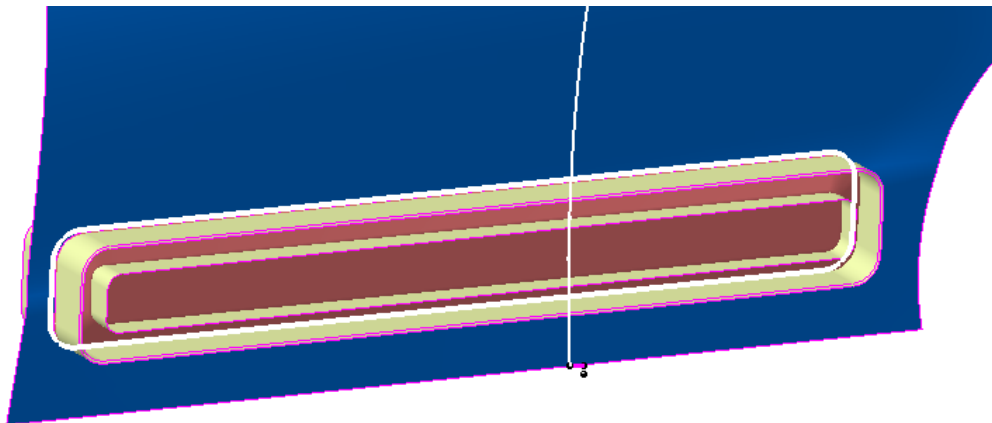


Imagen 2.28. Límites de las superficies del embellecedor.

La superficie 2 del embellecedor se ha modelado con la función *Multi-sections Surface* (Superficie multi-sección). Con esta operación se elaboran superficies a partir de dos o más perfiles planos que recorren una curva espina en planos perpendiculares a la misma. Es como un barrido en el que se especifican los perfiles por los que tiene que pasar. Por tramos, se han creado los *inputs* necesarios para cada una de las superficies. Por un lado, el contorno de la superficie principal. Por el otro, una línea paralela a la intersección entre

el *offset* del barrido del *mikiri* de 5mm con la superficie de estilo de la carrocería (imagen 2.29) denominada “*Angled1 line*”.

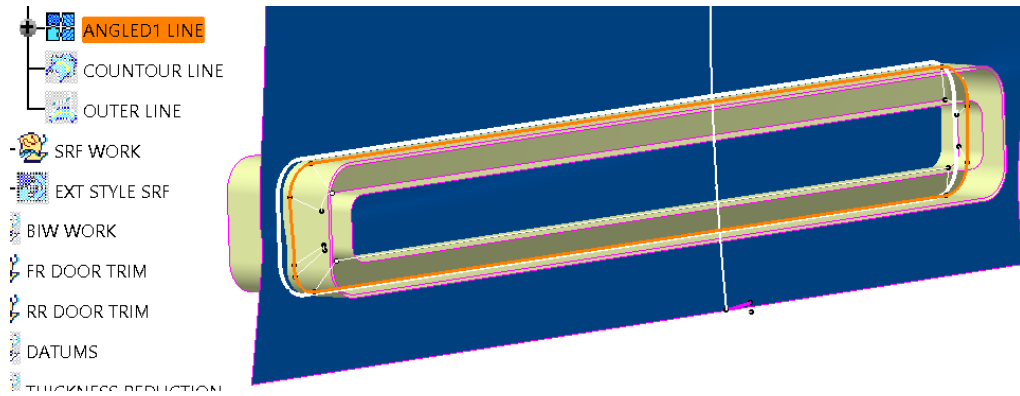


Imagen 2.29. Angled1 Line.

Una vez creados los inputs (secciones y guías) se van modelando las superficies *multi-section* que van a conformar la superficie de estilo número 2 (imagen 2.30) y se unen todas con el comando *Join* (Unión). Con esta operación se van a poder unir al menos dos superficies o dos curvas que deben ser adyacentes. Se selecciona el comando *Join* y las superficies que se quieren unir, en este caso todos los pedazos de la superficie 2.

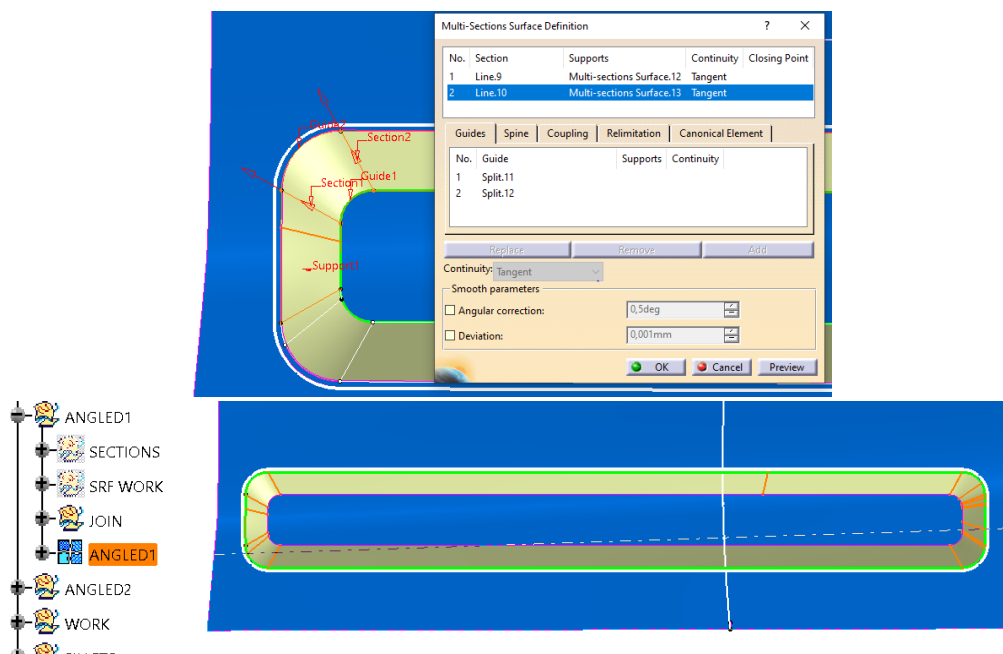


Imagen 2.30. Unión de superficies multi-sección.

Finalmente, la superficie número 3 del estilo del *exterior trim Surface*, se ha modelado con la misma función *multi-section*, cuyas guías han sido la

línea 2 creada anteriormente y el mikiri del embellecedor, contenido en la superficie de estilo de la carrocería (imagen 2.31). Para que esta superficie fuera suave, se ha utilizado la función curve smooth en ambas guías. Esta función muestra cómo suavizar una curva.

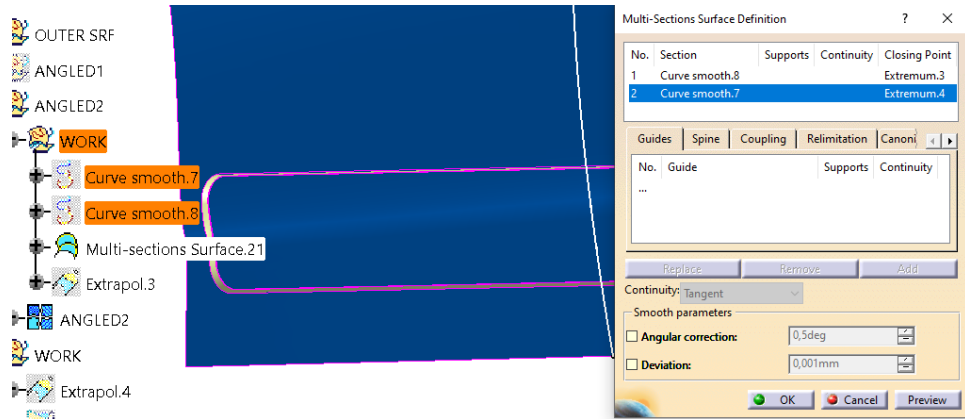


Imagen 2.31. Superficie multi-sección para la creación de la superficie 3.

Una vez creadas las tres superficies, se procede a unir las. Para ello se utiliza la función *Trim* (Recortar). Con esta operación se van a recortar dos superficies o dos curvas entre sí, quedando unidas por la línea que las interseca. Para terminar la superficie de estilo, se aplica a las aristas creadas por la función *Trim* unos radios con la función *Edge fillet*. Un *Edge fillet* es una superficie curva de radio constante o variable que es tangente y que une a otras dos superficies. En este caso, se han realizado superficies curvas de radio constante de 10mm. El resultado es una superficie tangente, sin ninguna arista (imagen 2.32).

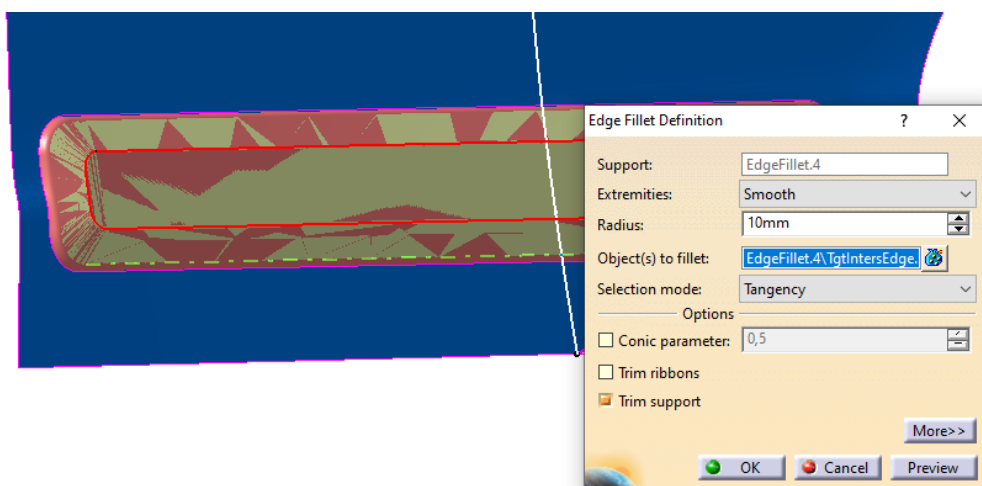


Imagen 2.32. Aplicación de un Edge fillet.

Se concluye el diseño de la superficie de estilo del embellecedor con un *Join* de la superficie, el cual se deja en el *geometrical set* y se renombra para que sea fácil identificarlo en el árbol de Catia si es necesario utilizarlo como input del diseño más adelante (imagen 2.33). Los *geometrical sets* (conjuntos geométricos) permiten reunir varias funciones en un mismo conjunto o subconjunto y organizar el árbol de especificaciones cuando se vuelve demasiado complejo o largo. Se podrían considerar como carpetas donde se organizan las funciones realizadas en el diseño. En este TFG se ha utilizado el modelo conocido en la industria como “Volkswagen” por ser el que se utiliza en esa OEM. Las funciones se organizan verticalmente, estando en la parte superior la que se ha realizado primero y la siguen hacia abajo las que se han realizado posteriormente. De esta manera, es sencillo entender el proceso de diseño que se ha realizado, pudiendo identificar qué funciones se han realizado y en qué orden. Finalmente, se suele crear un *Join* de la superficie acabada y se deja fuera del *geometrical set* de trabajo, de esta manera se identifica fácilmente la superficie acabada.

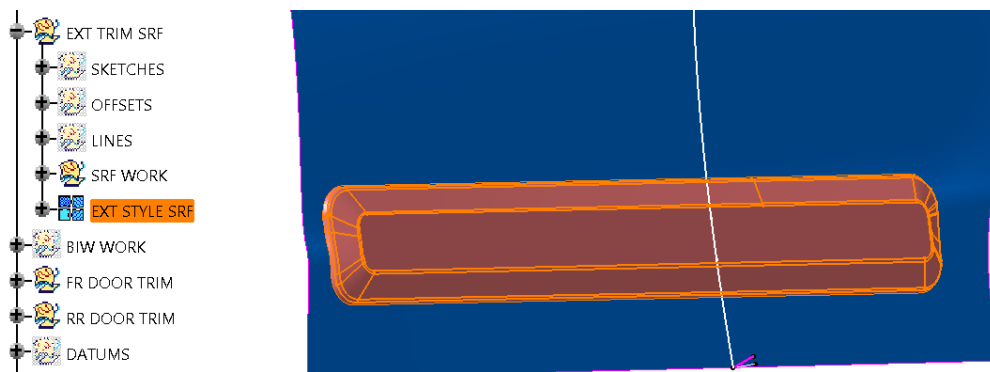


Imagen 2.33. Superficie de estilo del embellecedor terminada.

2.3. Planteamiento de la carrocería. *Datums* y fijaciones

2.3.1. Piezas de estampación

Las piezas de carrocería como los paneles de puerta se suelen conformar mediante la estampación y el troquelado. Este procedimiento brinda mayores precisiones y rendimientos que otros procesos, además de que se logra una disposición adecuada de las fibras del material, para con ello elevar su resistencia mecánica. La principal deficiencia de este método está en el elevado costo del procedimiento, por lo que se aplica a las producciones en serie o en masa.

La principal herramienta empleada en este proceso es la estampa, que son moldes de acero con cavidades o huecos interiores llamados surcos, cuyos contornos se corresponden con los de la pieza a elaborar (imagen 2.34).

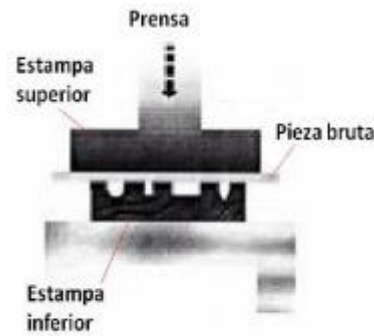


Imagen 2.34. Gráfico de la estampa.

Las estampas se elaboran de aceros al carbono de alta calidad, fabricándose las dedicadas a elaborar piezas de cierta importancia de aceros aleados de herramientas de alta calidad.

La estampa se compone de dos partes: la superior, que se sujeta en la maza del martillo, y la inferior, que se coloca en la caja para estampas de la chabota. En la cavidad de la estampa inferior se coloca la pieza bruta a transformar, que ha sido calentada previamente; por el efecto de los golpes de la estampa superior, el metal llenará todos los huecos de la estampa, y el exceso sobrante (rebaba), se exprime por una muesca especial al efecto; estas rebabas tienen de un 15 al 20% del peso total de la pieza bruta forjada.

El hueco o surco de la estampa debe tener una inclinación de 3° a 15° para poder extraerse fácilmente la pieza elaborada. Este es un factor para tener en cuenta durante el diseño de la pieza, ya que una vez definida la dirección de estampación, ésta va a influir en todas las superficies.

Una vez obtenida la pieza tendrá un proceso de enfriamiento que, en caso de ser irregular, provocará tensiones internas en el material, por lo que son sometidas a tratamientos térmicos para eliminarlas.

El estampado de chapas o troquelado se emplea para fabricar piezas con paredes delgadas elaboradas a partir de chapas de aleaciones o distintos metales.

Operaciones del estampado de chapas

- Corte por troquel: se aplica para fabricar piezas de formas planas; el troquelado se hace a partir de un troquel cortador, que se compone de la matriz y el punzón.

- Doblado: se emplea para dar variadas formas a las chapas.
- Embutido: se emplea para obtener piezas en forma de copa a partir de una lámina de metal.

Este tipo de estampado puede ser simple, cuando todo el proceso se realiza en una sola operación; y combinado, cuando las operaciones se realizan individualmente. El proceso de estampado de chapas en frío se realiza con la ayuda de prensas de diferentes tipos. Por este método se fabrican piezas de aceros de bajo contenido de carbono, inoxidable, de aleaciones no ferrosas y materiales no metálicos. Fundamentalmente se emplea en producciones masivas.

En el caso de las piezas de este TFG, la zona que se va a diseñar se conformaría en una operación, en la que se daría forma a la chapa del panel exterior de la puerta y en la misma operación se troquelarían los agujeros para las fijaciones del embellecedor de plástico.

2.3.2. Diseño del panel exterior con superficies

2.3.2.1. Dirección de estampación

En este apartado se va a diseñar la parte de los paneles exteriores de puerta que le corresponden a los embellecedores. Se van a plantear las superficies de fijación y las superficies en ángulo en función de una dirección de estampación. Para este caso se ha tomado la dirección de estampación como una línea que tiene 15° positivos con el eje Y en el plano YZ (imagen 2.35). Para proyectos como este la dirección de estampación se toma haciendo *benchmark* de proyectos anteriores (benchmarking consiste en tomar "comparadores" o *benchmarks* a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las buenas prácticas sobre el área de interés) y teniendo en cuenta la forma de las superficies de estilo de la pieza. Una vez el departamento de fabricación estudia el proceso de estampación de cada pieza y establece las direcciones de estampación correspondientes a cada una, estas direcciones se mantienen durante todo el proyecto.

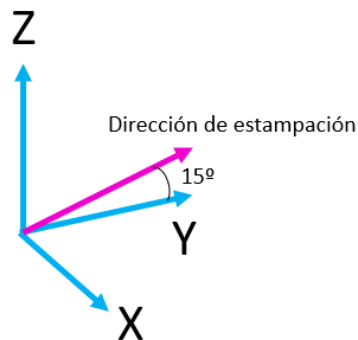


Imagen 2.35. Dirección de estampación.

2.3.2.2. Superficies

La superficie de carrocería se va a dividir en dos: Técnica (Superficie 1) y de Transición (Superficie 2). La superficie Técnica es aquella en la que se va a fijar el embellecedor mediante grapas o clips. En cada punto de fijación hay que garantizar al menos un área plana de un diámetro de 20mm con dos objetivos, por un lado, el agujero en la chapa de la carrocería se pueda troquelar de manera óptima durante el proceso de estampación y, por otro lado, se garantiza que la distancia entre la fijación del embellecedor y el panel de puerta es constante. Por ello, se va a hacer que la superficie de fijación sea plana con un escalón en el centro para hacer la pieza más rígida. Este tipo de escalones o pliegues son habituales en la estampación de piezas. Ayudan a controlar las elongaciones del material, evitan roturas durante el proceso de estampación y aumentan la rigidez de la pieza. Para definir la superficie técnica se han estudiado paneles de puerta con embellecedores similares al que se está diseñando en este TFG, como por ejemplo el Toyota CH-R. En la imagen 2.36 se puede ver cómo se han planteado las fijaciones del embellecedor en las superficies planas superior e inferior, con un pliegue o escalón en el centro. La superficie de transición o superficie 2 va a ser una superficie que contenga el contorno de la superficie 1 y el contorno del embellecedor. Esta superficie ha de cumplir los requisitos de la estampación, por lo que se chequeará el ángulo entre ella y la dirección de estampación.



Imagen 2.36. Planteamiento de fijaciones del modelo CH-R.

El primer paso para crear la superficie técnica de la carrocería ha sido crear un plano paralelo a la superficie principal del estilo del embellecedor a 50mm. Por lo que se establece el espacio que se mantiene entre embellecedor y carrocería (imagen 2.37).

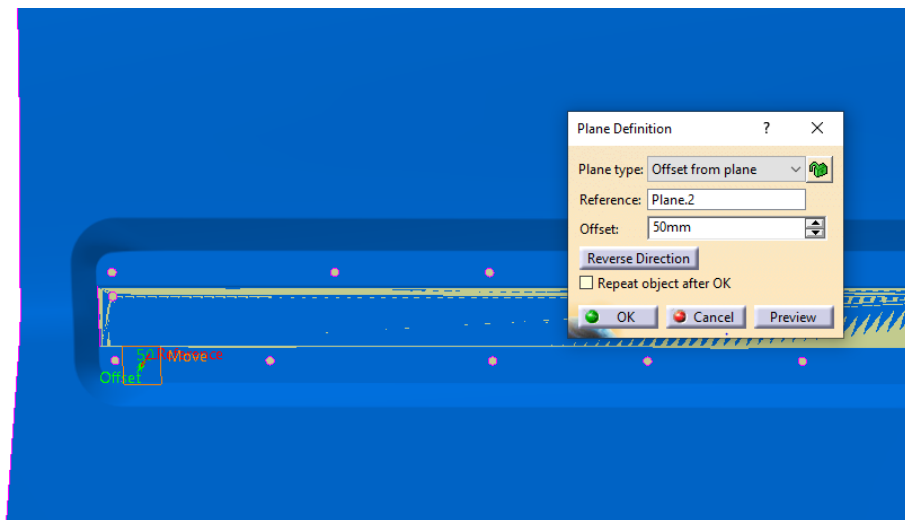


Imagen 2.37. Espacio de 50 milímetros entre embellecedor y carrocería.

Para delimitar esta superficie, se crea un *sketch* en el que, se mantienen 30mm de distancia entre el *mikiri* del embellecedor y el contorno de la superficie técnica y se crea la superficie mediante la función *Fill* (imagen 2.38).

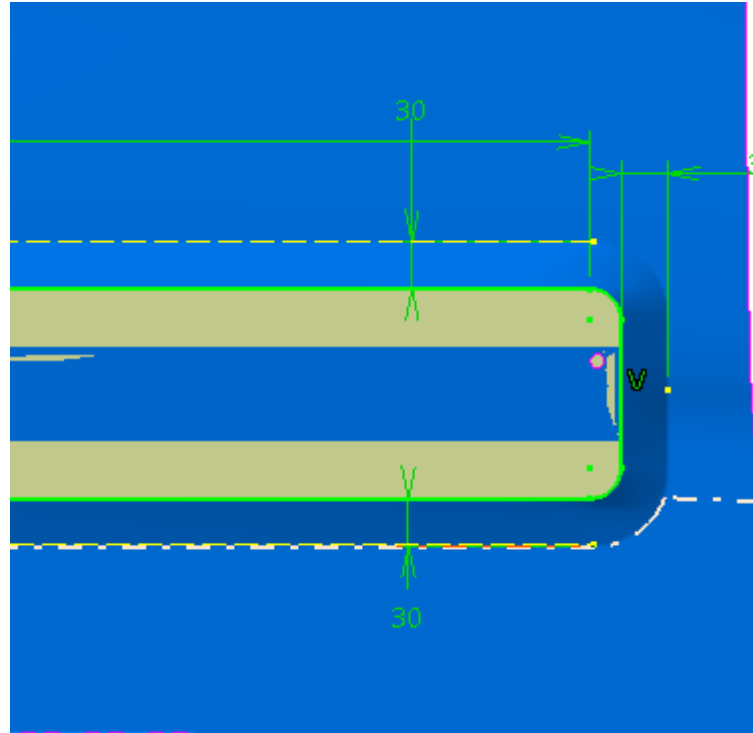


Imagen 2.38. Superficie principal de la carrocería.

Para crear los escalones, se crean planos paralelos al plano XY en el punto inferior y superior de la superficie técnica. Se crean entonces planos paralelos a 35mm (imagen 2.39).

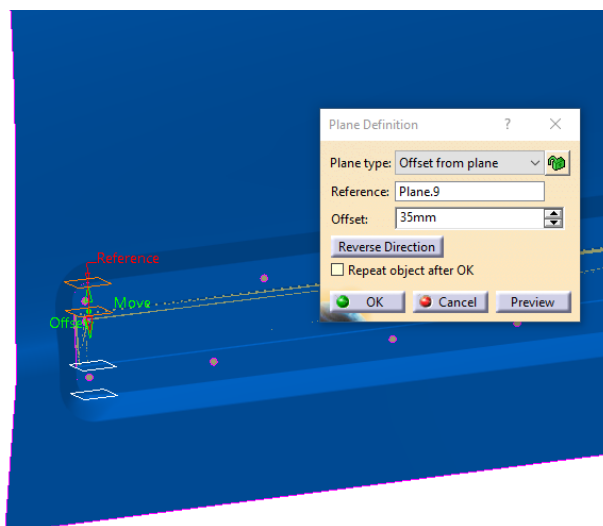


Imagen 2.39. Planos para delimitar los escalones de la carrocería.

Se crea la intersección entre estos dos últimos planos con la superficie técnica. El resultado serán dos líneas rectas (imagen 2.40).

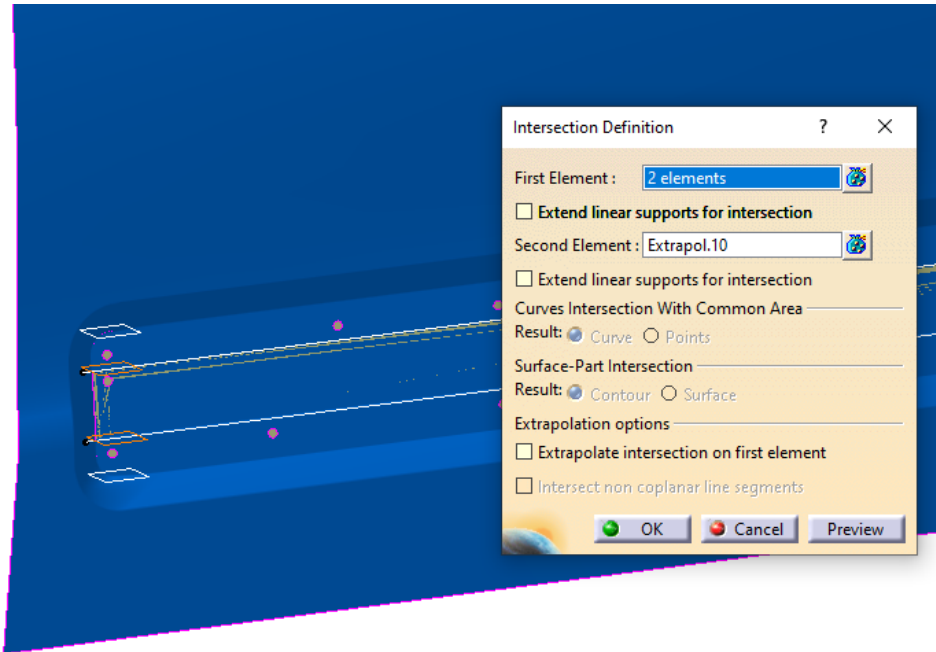


Imagen 2.40. Intersección de los planos límite con la superficie principal.

Posteriormente, se modelan superficies a 45° de la superficie técnica, utilizando la función Sweep (Barrido). Con esta herramienta se podrán generar superficies de barrido. Esta es una herramienta con gran variedad de tipos de perfiles de barrido. En este caso se ha utilizado el barrido recto con *draft direction*: la superficie de barrido se genera a partir de una curva guía y de una dirección de desmoldeo (en este caso la dirección de estampación de la pieza) (imagen 2.41).

Desarrollo de embellecedores de puerta de un vehículo comercial

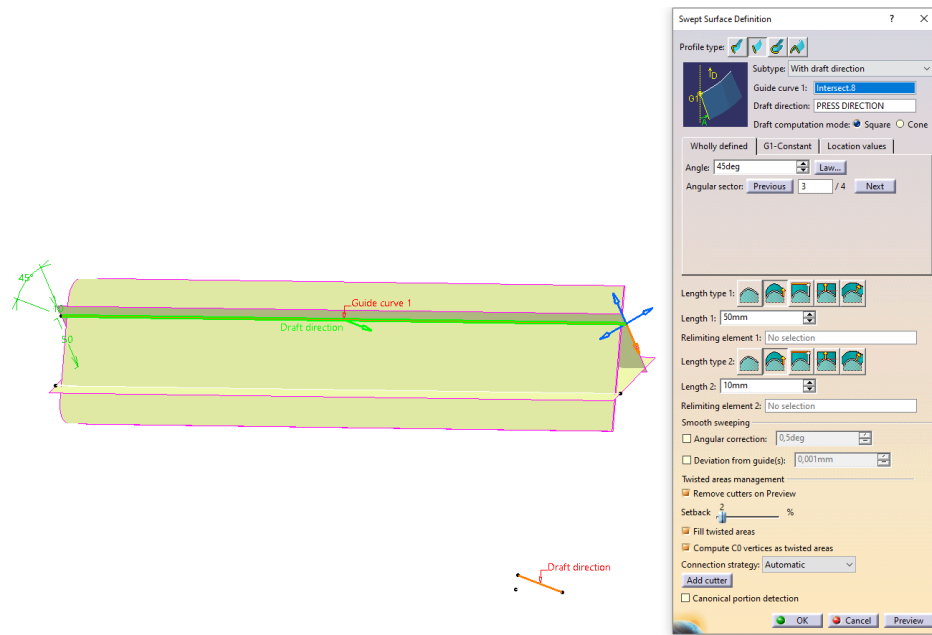


Imagen 2.41. Barrido de una superficie a 45 grados con desmoldeo.

Para definir la superficie de transición entre el estilo de la carrocería y la superficie técnica, primero se ha trazado una línea paralela al mikiri del embellecedor a 2.5mm (imagen 2.42).

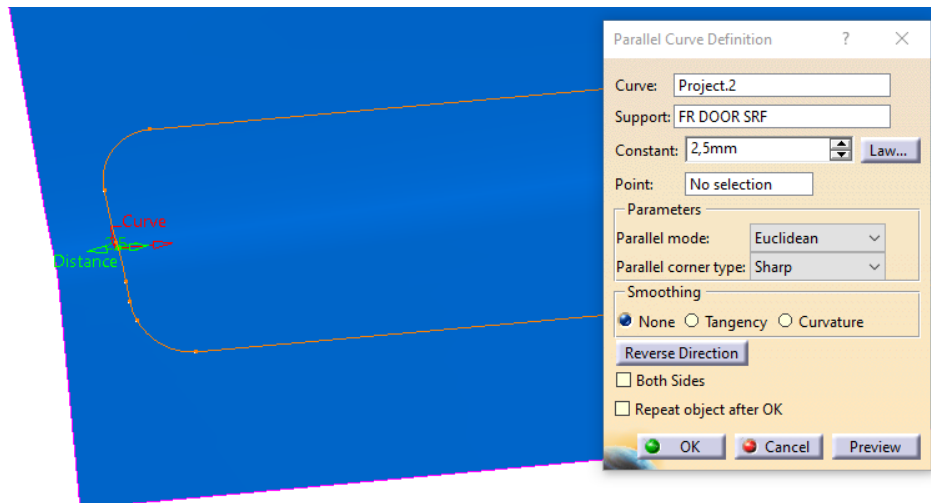


Imagen 2.42. Línea paralela del Mikiri.

Con esta línea paralela y el contorno de la superficie técnica se crea la superficie de transición mediante la función *multisection* (imagen 2.43).

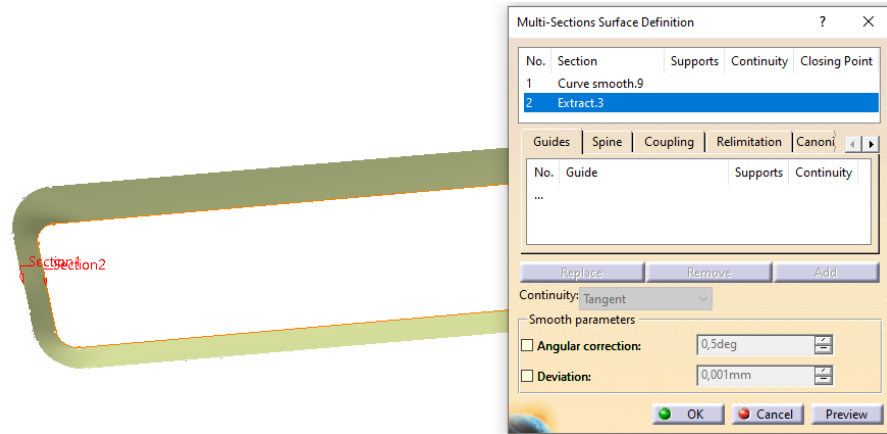


Imagen 2.43. Superficie creada con el comando Multi-section.

Se procede posteriormente a “trimar” estas superficies con la función *Trim*, para recortarlas y unir las (imagen 2.43). Primero se une la superficie técnica con la de transición y la superficie resultante con el estilo de la carrocería.

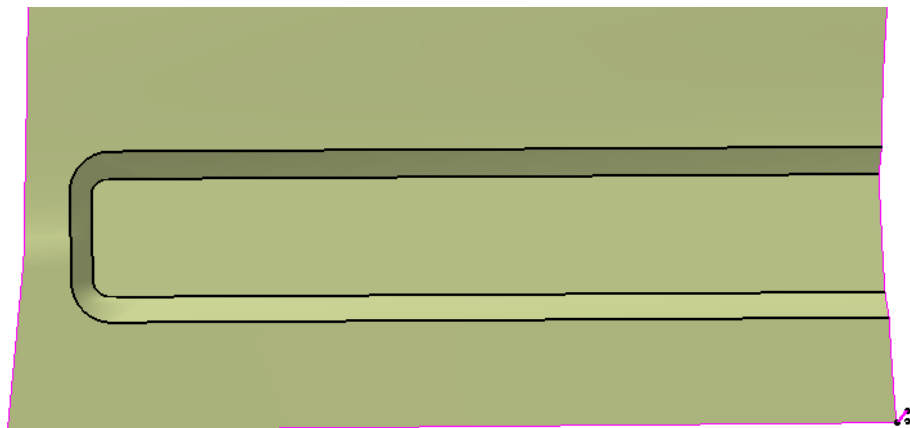


Imagen 2.43. Unión de superficies con el comando Trim.

Para darle rigidez a la parte técnica, se van a modelar unas superficies adicionales para las fijaciones del embellecedor. Son los escalones creados anteriormente utilizando la función *Sweep* (Barrido), como se puede apreciar en la imagen 2.44. Para hacer los escalones, se crea un offset de la superficie técnica a 1mm y se trima con los sweeps a 45° creados anteriormente.

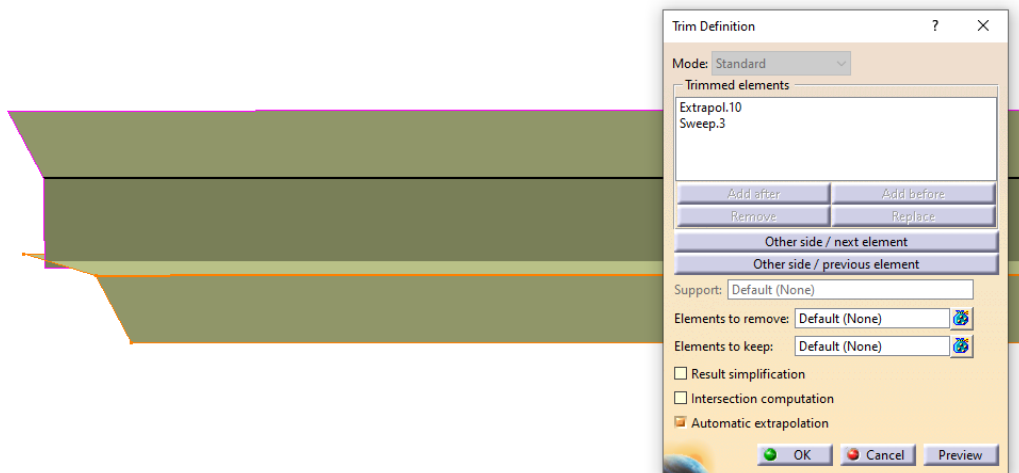


Imagen 2.44. Creación de superficies con el comando Sweep.

Finalmente, se triman los escalones con la superficie creada anteriormente y se define la superficie técnica de fijación del embellecedor (1) y la superficie de transición con el estilo de la carrocería (2) (imagen 2.45).

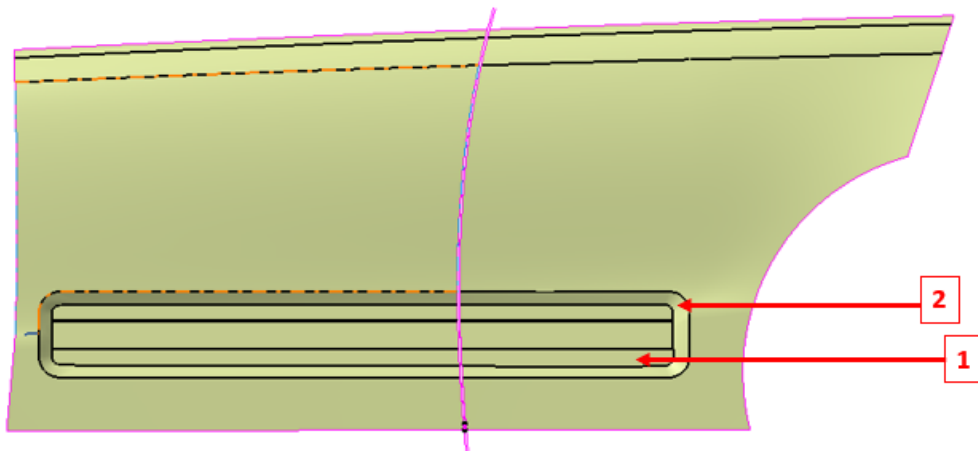


Imagen 2.45. Unión de los escalones con la superficie principal de la carrocería.

Una vez trimadas estas superficies con la obtenida previamente, se obtiene la superficie de la carrocería (imagen 2.46) y posteriormente se procede a plantear el sistema de fijaciones del embellecedor a la carrocería.

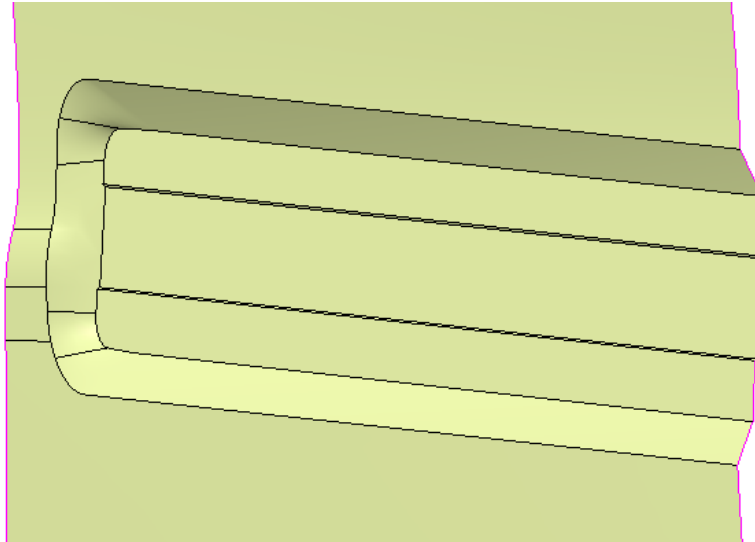


Imagen 2.46. Superficie de la carrocería.

2.3.3. Planteamiento de las fijaciones

Cuando un ingeniero de diseño está al cargo de una pieza o de un conjunto de piezas, ha de preparar un plano 2D de su pieza, en este caso del embellecedor, en el que se muestra la pieza con sus fijaciones, una tabla en la que se indican los *datums* y sus grados de libertad y una serie de secciones transversales. En estas secciones transversales se muestra el clipado de la pieza con la carrocería y dimensiones generales. Para realizar este plano, generalmente se estudian al menos 4 vehículos que tengan una pieza similar para tomar como input conceptos que ya se han llevado a cabo. El objetivo de este *benchmark* es tomar medidas y conceptos de diseño de las piezas diseñadas y usarlas como ejemplo para nuestro embellecedor. De esta manera cada cota, dimensión o concepto de diseño tiene su justificación.

Con este plano 2D se explica el propósito de la pieza y justifica su diseño. Este plano generalmente tiene que firmarlo el director del Departamento de Diseño para su aprobación. Una vez ha aprobado el diseño tanto de la pieza como de la parte técnica (fijaciones, etc.), se procede a un diseño más extensivo y a depurar el modelado 3D de la pieza.

Para definir el término sección transversal, comentado previamente, se ha de considerar el concepto definido en la geometría descriptiva: la sección de un sólido es la intersección de un plano con dicho sólido. Existen dos tipos especiales de sección; la sección longitudinal, cuando el plano de corte α es paralelo al eje principal del sólido K, y la sección transversal cuando el plano α es perpendicular al eje del sólido K (imagen 2.47).

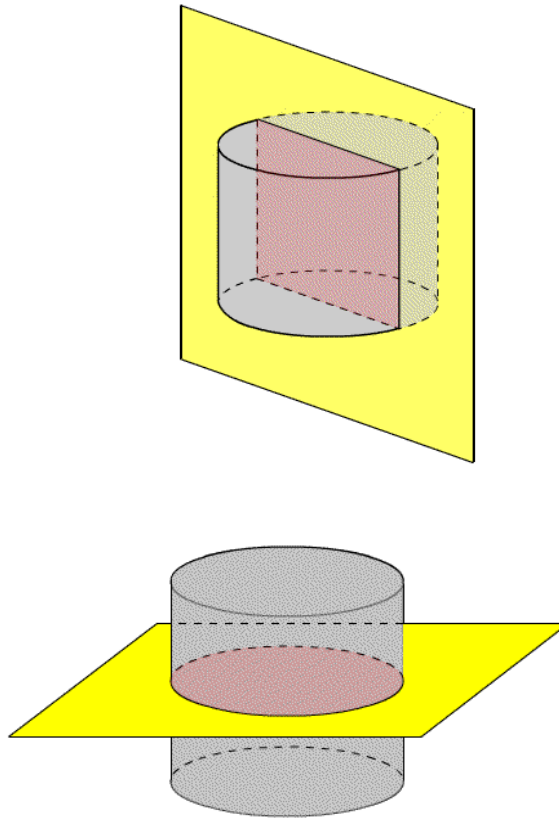


Imagen 2.47. Tipos de secciones.

El punto de fijación del embellecedor a la carrocería, o datum, es aquel punto en el que se va a definir una fijación entre el embellecedor y la carrocería. Este término se aplica en varias áreas de estudio y trabajo específicamente cuando se hace una relación hacia alguna geometría de referencia importante, sea esta un punto, una línea, un plano o una superficie (plana o curva). Los *datums* son esenciales para controlar la geometría y tolerancias de fabricación. En este caso, van a establecer los puntos de fijación del embellecedor a la carrocería.

Para definir estos puntos, se ha creado un *sketch* en el que se han representado los puntos de fijación del embellecedor. Por norma general, las fijaciones de los extremos deben estar a 40mm o menos del *mikiri*, de esta manera se evita que la pieza de plástico sea fácil de separar de la carrocería una vez instalada. Posteriormente, se han propuesto una fijación cada 160mm (imagen 2.48). Para ver el histórico de *datums*, ver los planos 2D en el anexo.

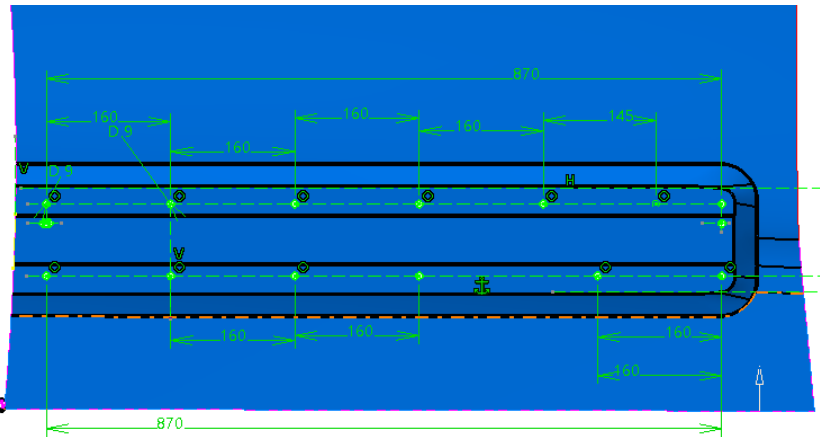


Imagen 2.48. Croquis para el planteamiento de las fijaciones.

En un principio, se plantearon las fijaciones equidistantes, pero una vez se llegó al punto de diseño de los *doghouses* y las correderas, se llegó a la conclusión de que esto no era posible. Al plantear todas las correderas en un sentido salvo dos (de la parte posterior de la pieza), el recorrido de las correderas provocaría una colisión, por lo que finalmente se cambió su disposición (imagen 2.49). El diseño de los *doghouse* y correderas se desarrollará en el capítulo 3.

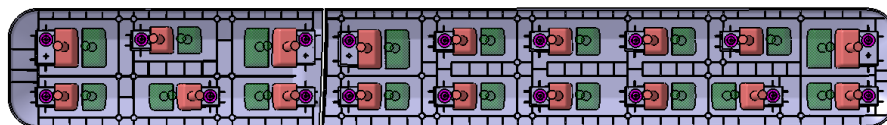


Imagen 2.49. Planteamiento definitivo del movimiento de las correderas.

Para crear los agujeros en la superficie de la carrocería, se ha creado un barrido del sketch de las fijaciones y posteriormente se ha utilizado la función *Split* (Cortar). Con esta operación se va a cortar una superficie o una curva mediante un elemento que se llamará elemento de corte. Se puede cortar una curva mediante un punto, otra curva o una superficie; y una superficie mediante una curva u otra superficie. El resultado es la superficie de la carrocería con los agujeros troquelados para la fijación del embellecedor. Todas estas operaciones se han llevado a cabo tanto en la puerta delantera como en la trasera, creando un Gap o espacio entre ellas de 5mm, en el *mikiri* de puertas (imágenes 2.50 y 2.51).

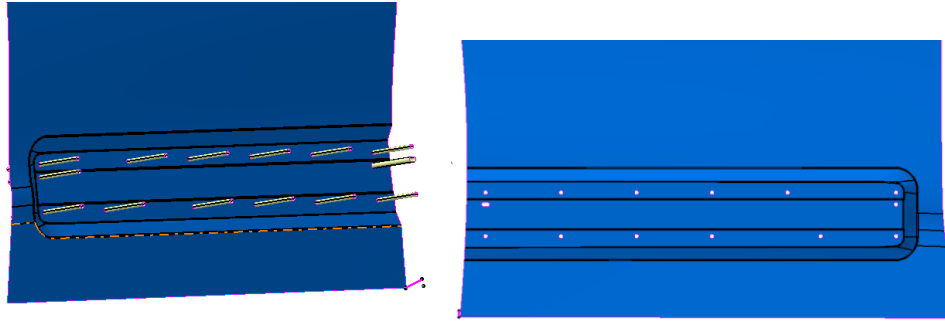


Imagen 2.50. Barrido de los agujeros de la carrocería.

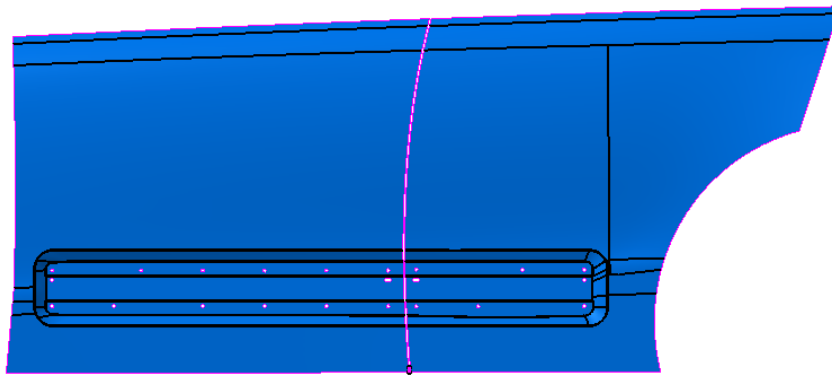


Imagen 2.51. Paneles de puerta con fijaciones planteadas.

3. CAPÍTULO 3. DISEÑO DEL EMBELLECEDOR DE PUERTAS

3.1. Definición de la pieza.

El embellecedor de puerta objeto de este proyecto se va a definir como una pieza de inyección de plástico. El moldeo por inyección es un proceso de conformado utilizando moldes. Los materiales como las resinas sintéticas (plásticos) se calientan y se funden, y luego se envían al molde, donde se enfrían para formar la forma diseñada. Debido al parecido con el proceso de inyectar fluidos con una jeringa, este proceso se denomina moldeo por inyección. El flujo del proceso es el siguiente: los materiales se funden y se vierten en el molde, donde se endurecen, finalmente, el molde se abre y la pieza se extrae.

Con el moldeo por inyección, las piezas de formas diversas, incluidas aquellas con formas complejas, se pueden fabricar de forma continua y rápida, en grandes volúmenes. Por lo tanto, el moldeo por inyección se utiliza para fabricar materias primas y productos en una amplia gama de industrias.

Las máquinas de moldeo por inyección vienen en diferentes tipos, como máquinas motorizadas accionadas por servomotores, máquinas hidráulicas accionadas por motores hidráulicos, y máquinas híbridas accionadas por una combinación de servomotor y motor hidráulico. La estructura de una máquina de moldeo por inyección se puede resumir a grandes rasgos como una unidad de inyección que envía los materiales fundidos al molde, y una unidad de sujeción que opera el molde. En los últimos años, el uso de CNC se ha adoptado cada vez más en las máquinas de moldeo por inyección, dando lugar a la popularidad de modelos que permiten una inyección a alta velocidad, bajo control programado. Por otro lado, también se utilizan varias máquinas especializadas, como los modelos que forman las placas de guía de luz para monitores LCD.

La estructura básica de las máquinas de moldeo por inyección (Imagen 3.1) consta del Cilindro (A) donde se calienta el material, la Boquilla (B) por la que se inyecta el material fundido, la Tolva (C), por la que se alimenta de material la máquina y el Molde (D), donde se vierte el material, formado por dos placas entre las cuales está la cavidad.

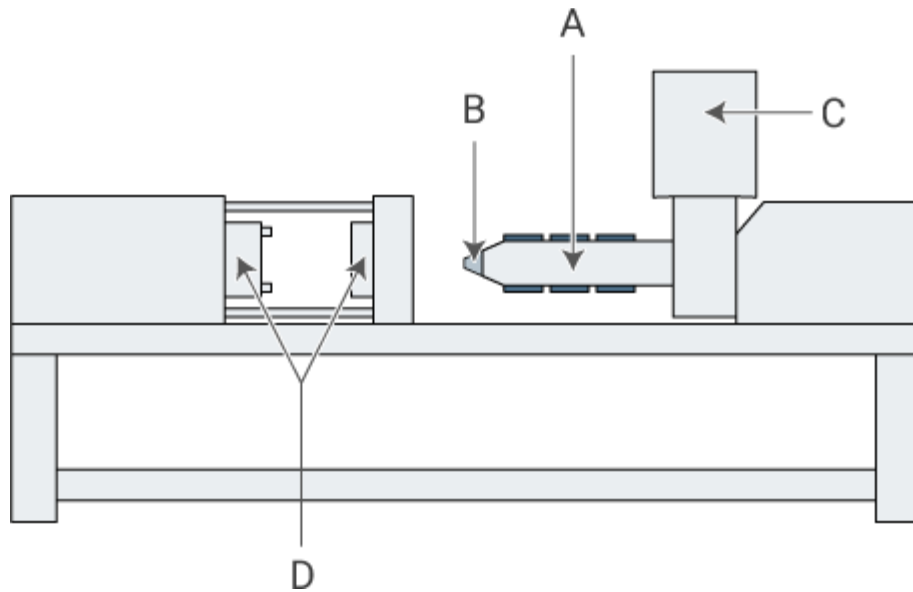


Imagen 3.1. Elementos de un molde de inyección.

El moldeo por inyección comienza con los pellets (gránulos) de resina que se vierten en la tolva, el punto de entrada para el material. Luego, los pellets se calientan y se funden dentro del cilindro en preparación para la inyección. Después, el material es forzado a través de la boquilla de la unidad de inyección, antes de entregarse a través de un canal en el molde llamado bebedero (B), y luego a través de corredores ramificados (A) en la cavidad del molde (C). Una vez que el material se enfría y se endurece, el molde se abre y la pieza moldeada se expulsa del mismo. Para terminar la pieza moldeada, el bebedero y el corredor se recortan de la pieza (imagen 3.2).

Es importante que el material fundido se distribuya de manera uniforme en todo el molde, ya que muchas veces hay más de una cavidad dentro del molde, que permite la producción de más de una pieza a la vez. Por lo tanto, la forma del molde debe diseñarse de manera que garantice esto, por ejemplo, teniendo corredores de las mismas dimensiones. Si bien el moldeo por inyección es adecuado para la producción en masa, es esencial tener un buen conocimiento de las diversas condiciones requeridas para producir productos de alta precisión, lo que incluye la selección del material de resina, la precisión del procesamiento del molde y la temperatura y velocidad de la inyección de la fusión. Después del conformado, los corredores se recortan de la pieza moldeada para completar el proceso.

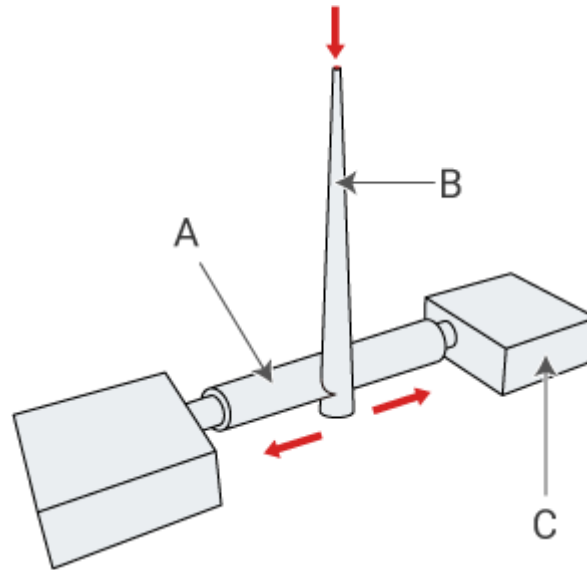


Imagen 3.2. Bebedero de un molde de inyección.

A la hora de diseñar el embellecedor, es importante tener en cuenta el desmoldeo. En el mundo del moldeo por inyección de plástico, el ángulo de desmoldeo es esencialmente la conicidad aplicada a las caras de las piezas. De no existir dicho ángulo, las piezas corren el riesgo de tener un acabado estético deficiente, de deformarse por las tensiones del molde y de no poderse extraer correctamente del molde.

Es por esto por lo que hay que definir la dirección de desmoldeo (o draft direction) de la pieza en la fase inicial del diseño. La "dirección de desmoldeo" es la dirección en la que las dos mitades de un molde se separan o la dirección en la que se mueve la herramienta de estampación. Esta dirección va a definir los ángulos de desmoldeo de las superficies de la pieza.

Una cosa a tener en cuenta a la hora de diseñar nuestra pieza son los negativos o "undercuts". Los negativos son aquellas características en una pieza moldeada por inyección que evitan su expulsión del molde, es decir, aquellas áreas de la pieza que no se van a poder desmoldear siguiendo la dirección de desmoldeo (imagen 3.3).

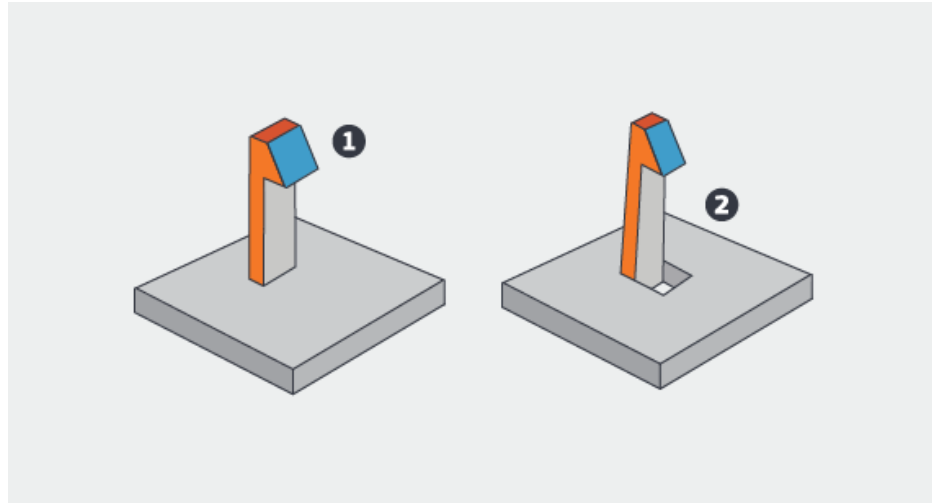


Imagen 3.3. Elementos con diferente dirección de desmoldeo o negativos.

En ocasiones, la forma más sencilla de lidiar con un negativo es mover la línea de separación del molde para que se cruce (imagen 3.4). Debido al desmoldeo en el exterior de la pieza, es posible que pueda mover la línea de partición y ajustar los ángulos de desmoldeo para intersecar estos separadores. La orientación del molde y la ubicación de la línea de partición también van a influir en la geometría de la pieza y el flujo de material. Cuando factores como estos impiden el desmoldeo de la pieza se suele recurrir a acciones laterales perpendiculares, también conocidas como correderas o sliders.

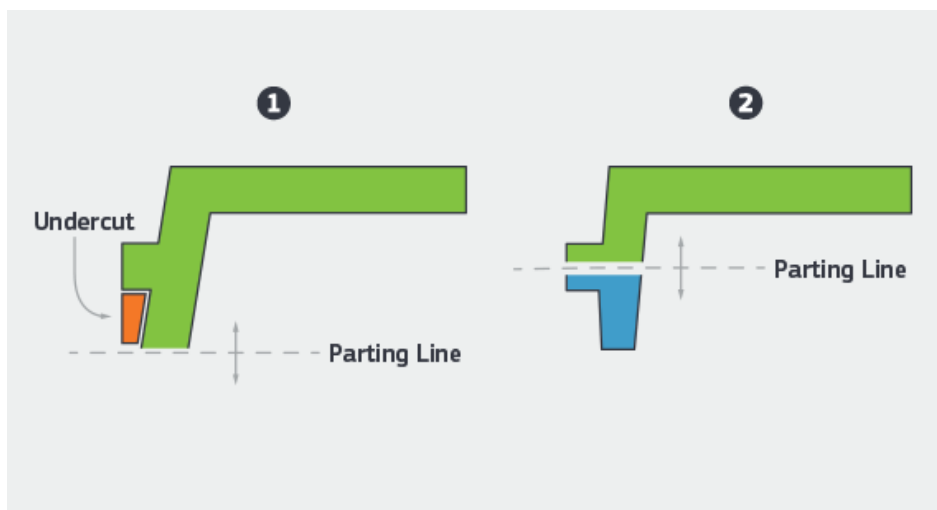


Imagen 3.4. Solución mediante desplazamiento de la parting line.

Una corredera o slider es un elemento que va guiado por dos regletas y que realiza un movimiento de avance y retroceso para desmoldear un negativo. El movimiento de avance o retroceso del carro puede ser accionado mediante

una barra inclinada o mediante un cilindro hidráulico. Es el movimiento del molde el que acciona la corredera, dependiendo del ángulo de la barra la corredera tendrá mayor o menor desplazamiento.

Las correderas con barra inclinada se utilizan sobre todo cuando la geometría del negativo de la pieza tiene una dirección de desmoldeo perpendicular o casi perpendicular a la dirección de desmoldeo del molde. La corredera se compone de la barra inclinada, el carro deslizante y las guías correspondientes. Para comprender su funcionamiento, debido a la inclinación de la guía, el carro avanza o retrocede de manera solidaria con el movimiento del molde. Cuando la corredera ha salido completamente del negativo y ha terminado el barrido (hay que tener en cuenta unos coeficientes de seguridad de los que se hablará cuando se calculen las correderas) la pieza está en condiciones de ser expulsada completamente. La carrera o barrido de la corredera depende de la inclinación de la guía (generalmente está entre 10 y 15°, no se suele pasar de esa inclinación máxima ya que se corre el riesgo de partir las barras más frecuentemente), la profundidad del negativo y la altura del negativo (imagen del sketch de los negativos en sección).

Tal y como se aprecia en la imagen 3.5, el molde de inyección tiene dos partes principales, el núcleo (core) y la cavidad (cavity). El hueco que queda entre estas dos partes es inyectado con el plástico fundido para dar forma a la pieza en cuestión, el producto (product) en color rojo. En este caso, la dirección de desmoldeo sería una línea vertical. Dado que el producto tiene un negativo, se instala una corredera (slider) en azul. El movimiento del desmoldeo, en este caso, vertical, hace que la corredera se desplace horizontalmente para desmoldear el negativo. Este movimiento se produce por la acción de la barra (guide pin) de la corredera. Generalmente se limita el movimiento de las correderas con topes (limited).

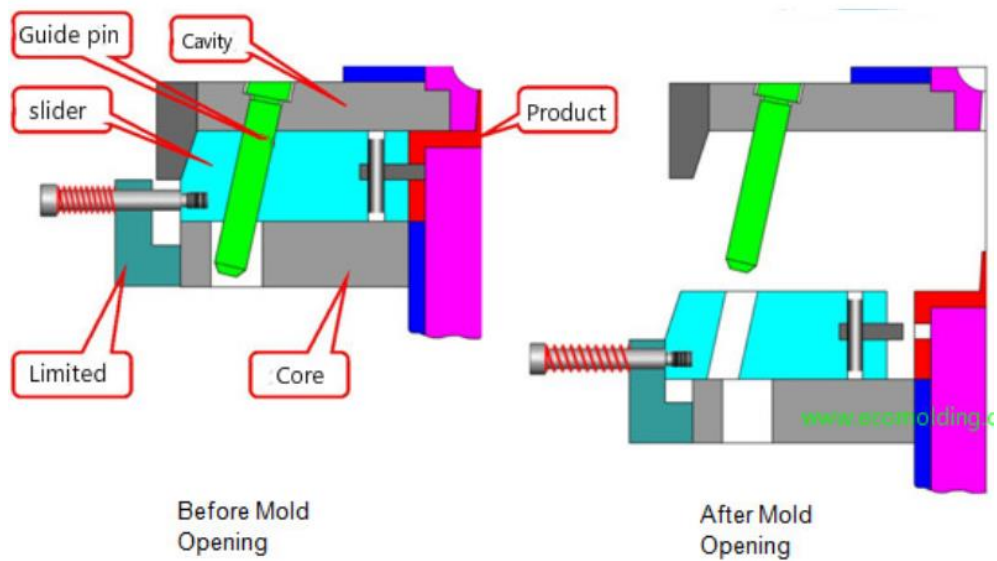


Imagen 3.5. Molde de inyección con correderas.

3.2. Superficies de partida y desarrollo del sólido

Cuando se diseña una pieza de inyección de plástico se parte del estilo de la pieza, en este caso, las superficies de estilo del embellecedor (*exterior trim surfaces*), diseñadas anteriormente. Se procede entonces a dar espesor a esta superficie, lo coloquialmente denominado, “cerrar el volumen”. Este proceso se lleva a cabo haciendo un offset de la superficie de estilo y cerrando el volumen del embellecedor creando las superficies del contorno de la pieza. En nuestro caso, se va a utilizar el estilo de la carrocería para cerrar el volumen y un barrido del *mikiri* de los paneles de puerta.

La superficie de estilo del embellecedor se conoce como superficie A y la superficie interior del embellecedor, la que no se ve, se conoce como superficie B. Se comienza entonces el diseño del embellecedor de puerta delantera. Para definir la superficie B, primero se ha cortado la superficie A a la altura del *mikiri* del panel delantero (Imagen 3.6).

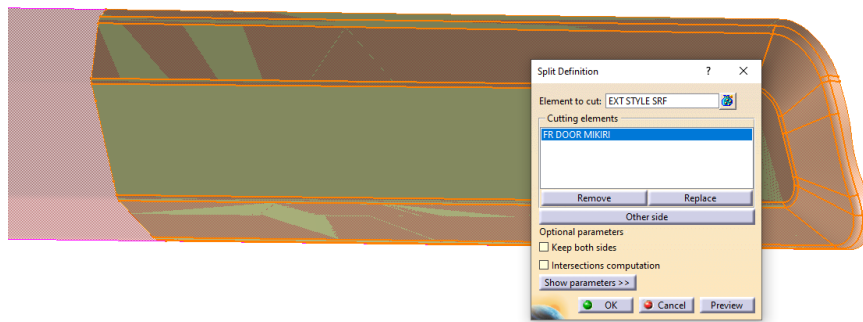


Imagen 3.6. Superficie de partida para el desarrollo del embellecedor.

Posteriormente, se ha realizado un offset de la superficie a 2.5mm. Se ha tomado 2.5mm como el espesor de la pieza, generalmente los embellecedores de puerta tienen entre 2 y 3 milímetros de espesor. Este *offset* sería entonces denominado superficie B, la superficie interior del embellecedor (imagen 3.7).



Imagen 3.7. Superficie B de la pieza mediante la función offset.

Se procede entonces a *trimar* la superficie con el estilo de la carrocería y finalmente con el barrido del *mikiri* de la puerta delantera (imágenes 3.8 y 3.9).

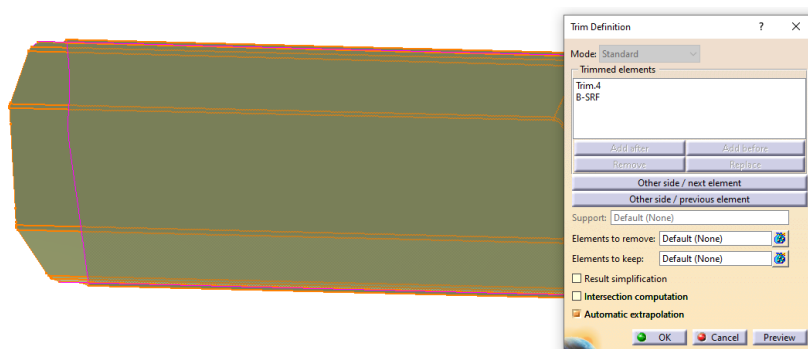


Imagen 3.8. Operación de unión de la superficie de estilo.

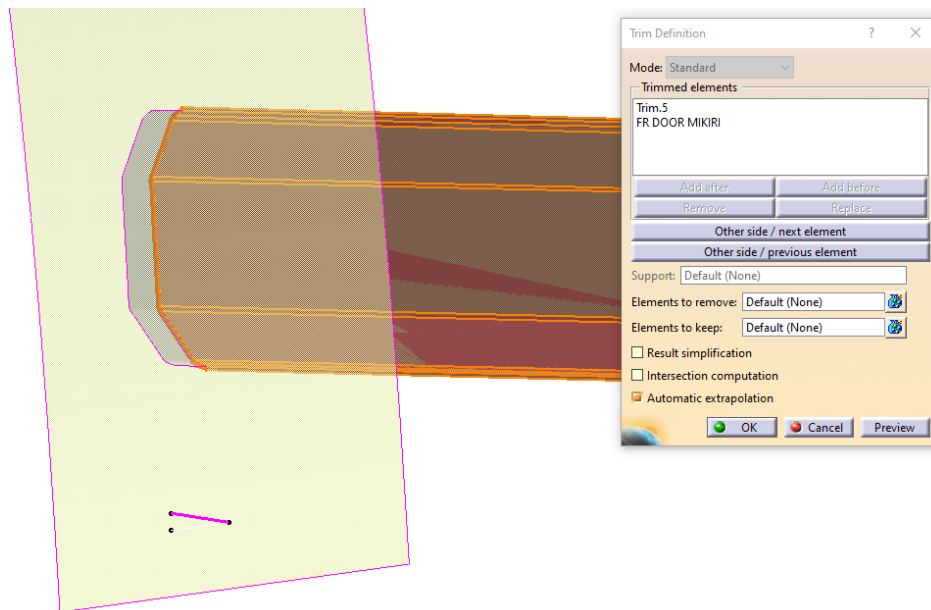


Imagen 3.9. Unión de las superficies con el barrido del mikiri.

El resultado es una superficie cerrada que mediante la función “Close Surface” podemos convertir en un sólido (imagen 3.10). En el sector de la automoción, a este paso se le denomina “cerrar el volumen”. Es una tarea importante que llevar a cabo, ya que en ocasiones trabajar con superficies de estilo puede ser una tarea difícil, dada la complejidad o la forma de las superficies. Llegar al punto en el que el volumen ya está cerrado implica que a partir de ese punto las tareas van a ser principalmente de diseño de fijaciones y elementos técnicos de la pieza.

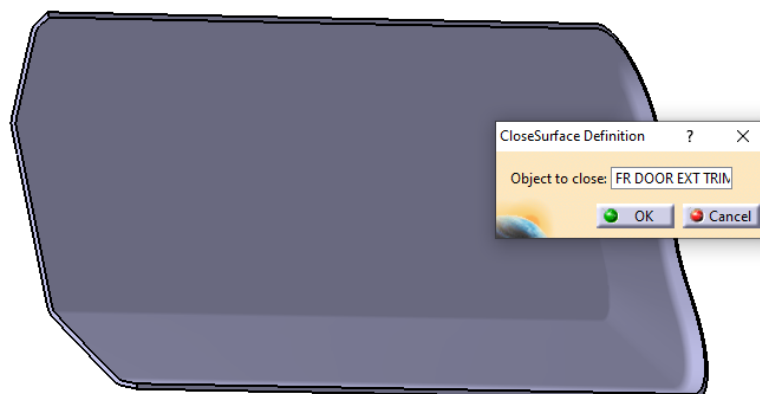


Imagen 3.10. Creación de un sólido mediante el comando Close Surface.

En referencia al embellecedor de la puerta trasera, se ha realizado siguiendo los mismos pasos. La diferencia es que, tomando como ejemplo el diseño del Fiat Panda, se va a modelar un detalle en la parte anterior del embellecedor (imagen 3.11).



Imagen 3.11. Concepto del diseño similar al del Fiat Panda.

Para ello, se ha creado un *sketch* contenido en un plano a 15mm de la superficie de estilo. En este sketch se mantienen 30mm con el *mikiri* del embellecedor y 10mm con el contorno de la superficie principal del estilo del embellecedor (imágenes 3.12 y 3.13).

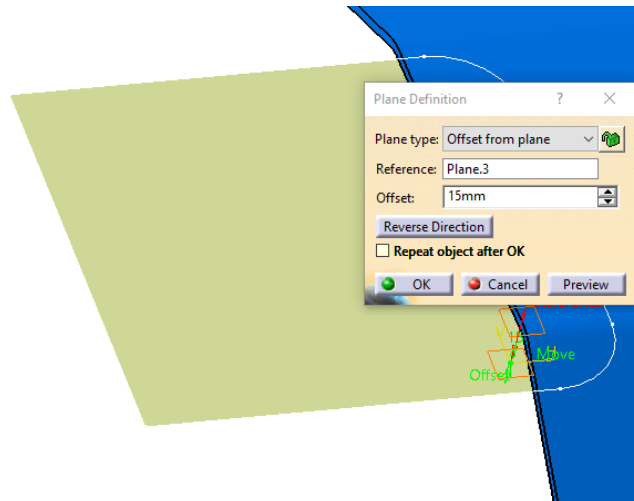


Imagen 3.12. Plano de definición del sketch a 15mm del estilo.

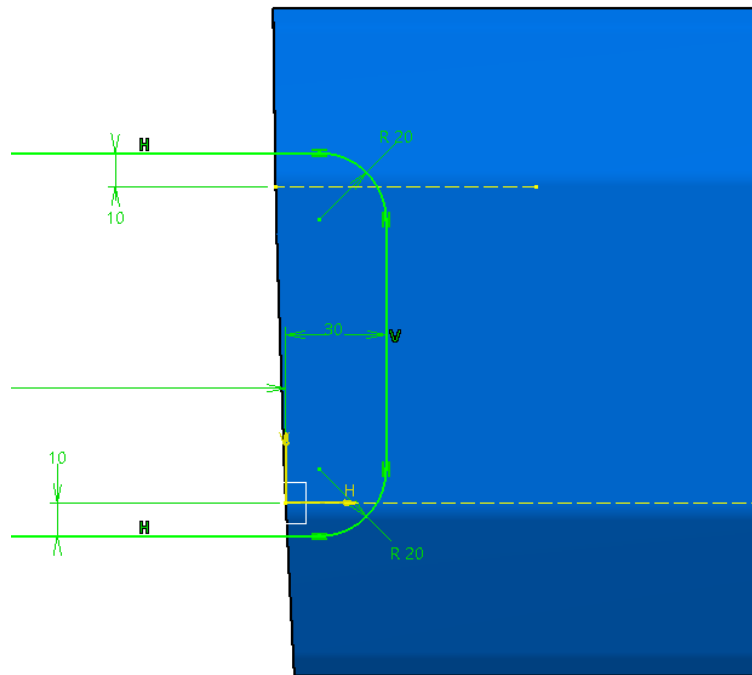


Imagen 3.13. Croquis para el detalle de diseño del embellecedor.

A continuación, se crea la superficie plana contenida en el sketch mediante la función *Fill*. Esta superficie va a ser la superficie principal del detalle del embellecedor (imagen 3.14).

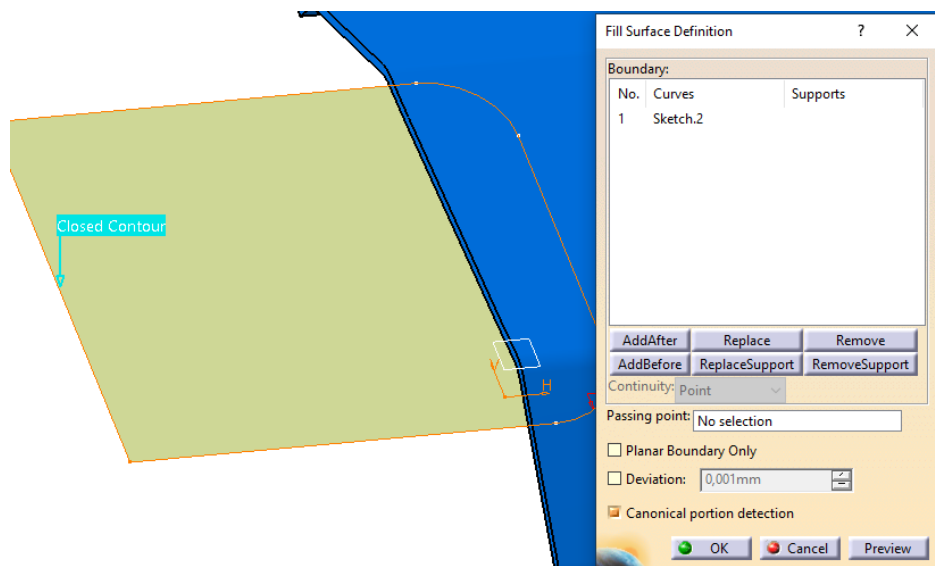


Imagen 3.14. Superficie creada mediante el comando *Fill*.

Para crear la superficie de transición entre el *Fill* y la superficie de estilo, se ha hecho un barrido (sweep) a 45° del sketch con respecto a la superficie plana (Imagen 3.15).

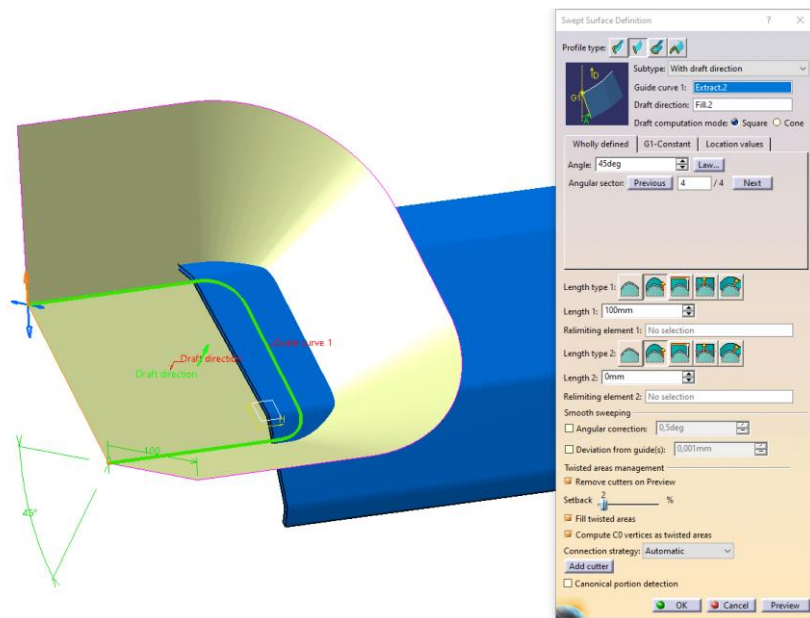


Imagen 3.15. Barrido a 45 grados del croquis.

Posteriormente, se ha unido la superficie plana con el barrido a 45° mediante la función *Trim* y se ha aplicado un *Edge-fillet* para crear una superficie de transición a lo largo de una arista. Se ha establecido el parámetro *Radius* (radio) de 15mm (imagen 3.16).

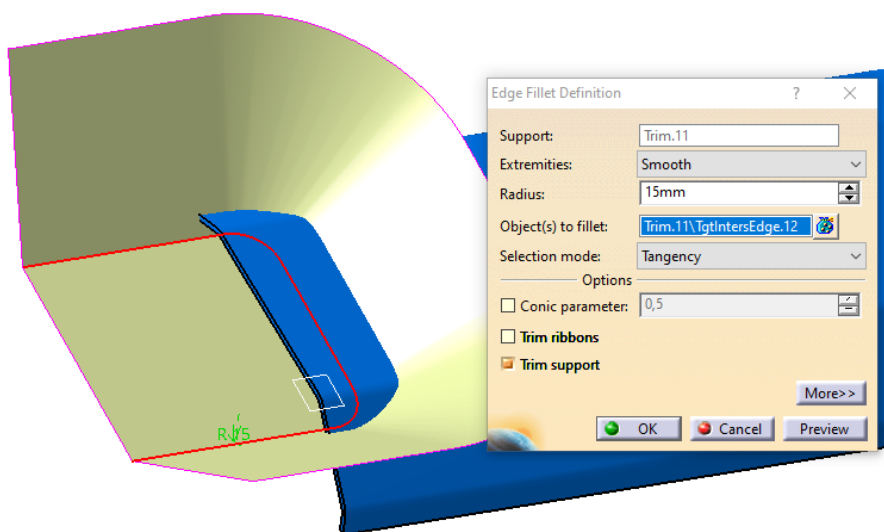


Imagen 3.16. Superficie de transición mediante Edge-fillet.

Para cerrar el volumen del embellecedor de puerta trasero, se ha hecho un offset de 2.5mm de la superficie creada anteriormente y se ha trimado con el volumen del embellecedor trasero. El resultado va a ser una superficie cerrada con aristas creadas al utilizar la función *Trim* (imagen 3.17).

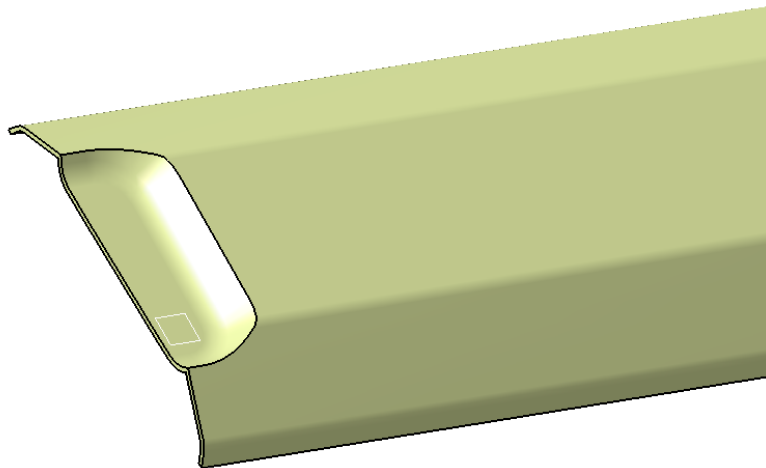


Imagen 3.17. Volumen cerrado del embellecedor trasero.

Se procede entonces a crear superficies de transición en las aristas aplicando el comando *Edge fillet*. Hay que tener en cuenta el espesor constante de la pieza (2.5 milímetros) al aplicar estos radios. El radio menor (el del interior de la pieza) ha de ser 2.5 milímetros menor que el radio mayor (el del exterior de la pieza) para mantener el espesor de la pieza constante. Por lo tanto, se aplican *Edge fillets* de 2.5 y 5 milímetros respectivamente (imagen 3.18).

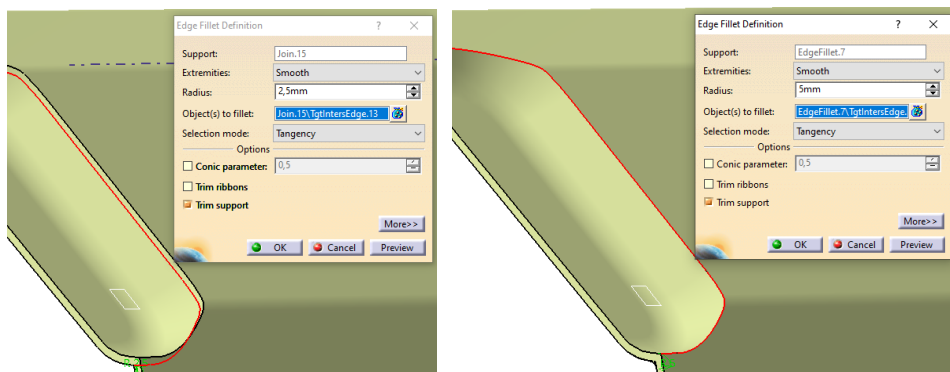
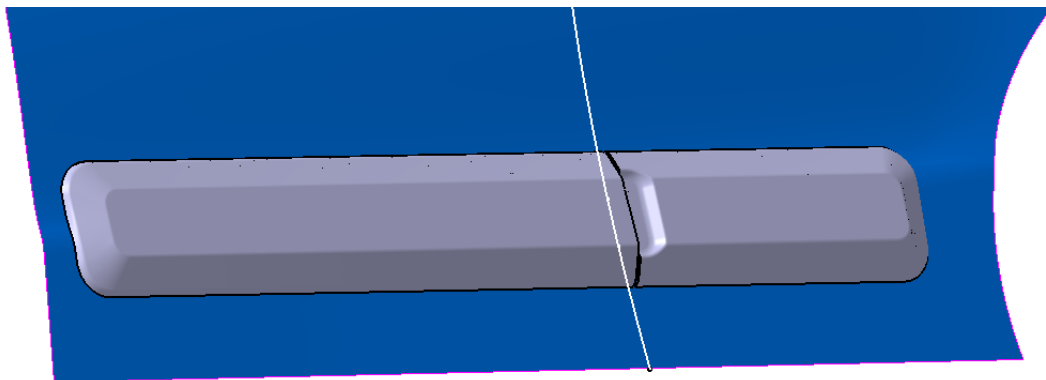
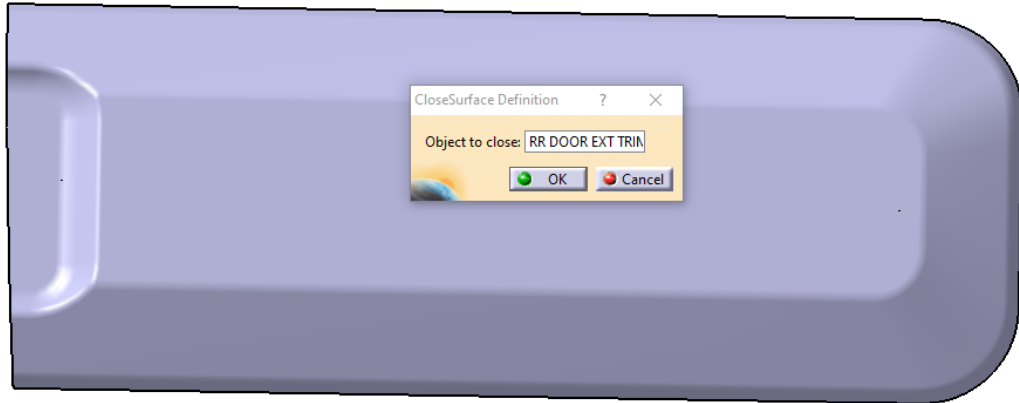


Imagen 3.18. Edgefillets del detalle del embellecedor trasero.

Se obtiene entonces el sólido cerrado del embellecedor de la puerta trasera mediante el comando *Close Surface* (imagen 3.19 y 3.20).



Imágenes 3.19 y 3.20. Volúmenes cerrados de los embellecedores.

3.3 Inscripción en la moldura

Es habitual en la industria del automóvil realizar inscripciones en los embellecedores o las molduras con motivo estético o para mostrar la marca o el modelo del vehículo. Los diseñadores del estilo del vehículo pueden incluir detalles, logos o el nombre del modelo en cuestión (imagen 3.21).



Imagen 3.21. Ejemplos de detalles en embellecedores.

En el caso del embellecedor objeto de este TFG (imagen 3.22) se han tomado como inspiración para el diseño de la inscripción el efecto Doppler y las últimas líneas de un cuentarrevoluciones (imagen 3.23).

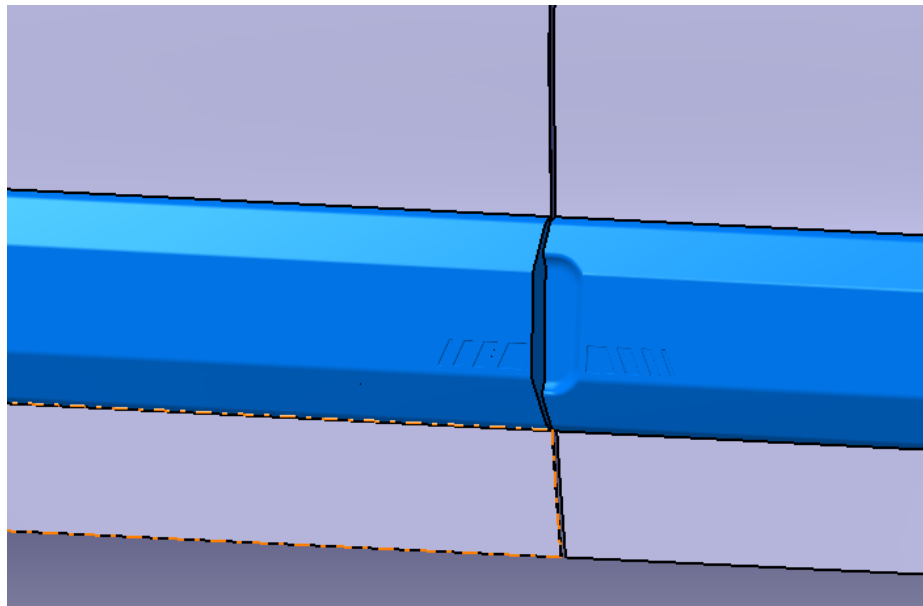


Imagen 3.22. Detalle diseñado para el embellecedor.

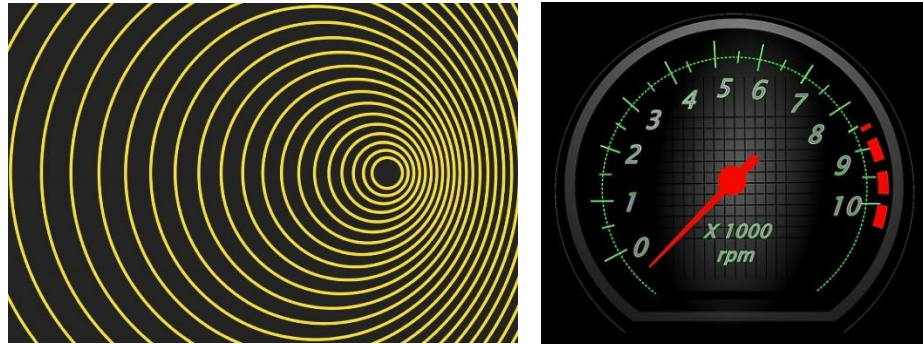


Imagen 3.23. Efecto Doppler y líneas de un cuentarrevoluciones.

El efecto *Doppler* es un fenómeno que ocurre en cualquier tipo de onda, por ejemplo, el sonido, cuando existe movimiento relativo entre la fuente emisora de las ondas y el observador o receptor. Un ejemplo bastante significativo para explicar este fenómeno sería el de una persona al escuchar una ambulancia al pasar, el sonido de la sirena cambia en función a la posición relativa entre la ambulancia y la persona.

Para diseñar esta inscripción, se va a crear un volumen mediante un *pad* que posteriormente vamos a eliminar del volumen de la pieza. Un *Pad* es la extrusión de un perfil o una superficie en una o dos direcciones. La aplicación le permite elegir los límites de creación, así como la dirección de extrusión. Para ello, creamos un *sketch* con el diseño deseado. Este *sketch* está comprendido en un plano paralelo a la superficie plana del estilo del embellecedor. Se han tomado 5mm de separación entre la inscripción y los límites de la superficie plana del estilo del embellecedor. Posteriormente, al motivo exterior se le ha dado una anchura de 25mm y se va a ir reduciendo 5mm cada vez hasta el último motivo de 5mm. También se le ha dado una inclinación de 115° en la parte anterior y se han mantenido 10mm entre cada motivo (imagen 3.24).

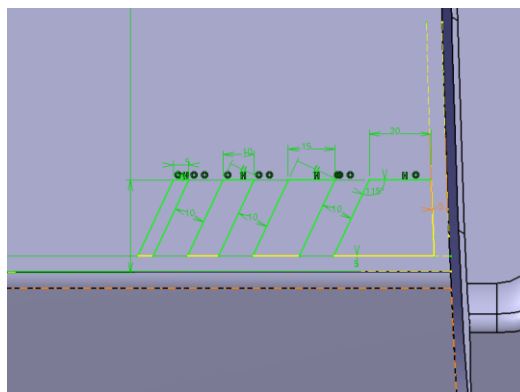


Imagen 3.24. Sketch del diseño de la inscripción.

Una vez finalizado el *sketch*, se procede a crear el Pad. En la función Pad, se pueden utilizar los límites de la extrusión de varias maneras. En este caso, le vamos a dar profundidad en ambos sentidos. Por un lado, vamos a hacer que la inscripción tenga 1mm de profundidad. Ya que el *sketch* está contenido en el plano de la superficie plana del estilo del embellecedor, el primer límite será 1mm. En el otro sentido no se tiene ninguna restricción, ya que la idea de este *pad* es posteriormente quitarle material al volumen de la pieza. No obstante, se ha dado como límite 2 una dimensión de 10mm (imagen 3.25).

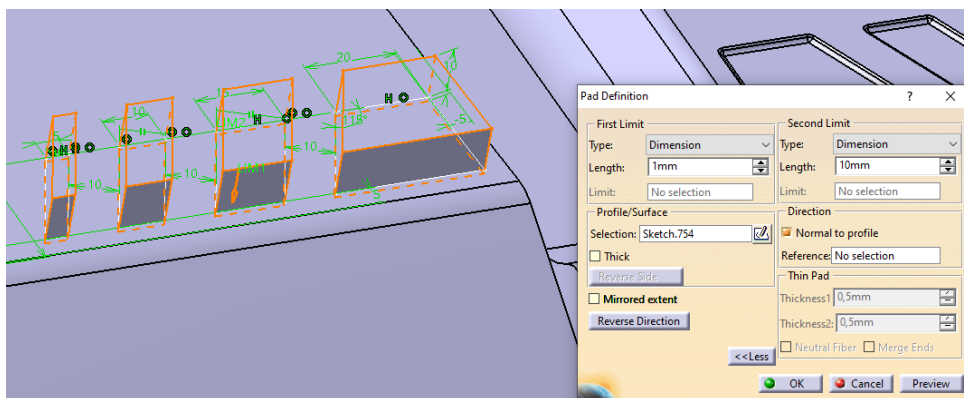


Imagen 3.25. Extrusión de la inscripción del embellecedor.

Una vez creado este Pad, se procede a darle draft a las superficies de la inscripción que han de desmoldearse. Esta función se define en las piezas moldeadas para facilitar su extracción de los moldes. En este caso se utiliza el comando *draft* con *draft direction* o *pulling direction*. Se utiliza la dirección de desmoldeo como referencia a la hora de darle ángulo a las superficies, de esta manera garantizando que la geometría creada se puede desmoldear correctamente (imagen 3.26).

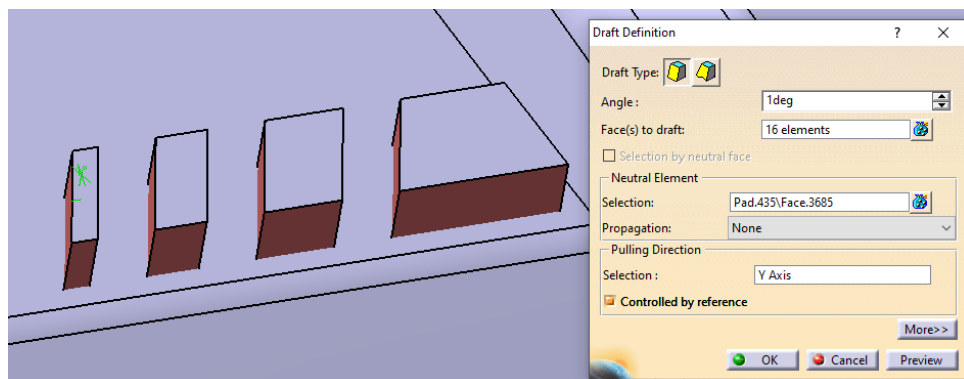


Imagen 3.26. Aplicación de un ángulo de desmoldeo a la inscripción.

Dado que la inscripción no es muy profunda y que además se van a aplicar radios en las aristas de ella, con 1° de desmoldeo es suficiente para su factibilidad. Como dirección de desmoldeo se toma el eje Y, que es la dirección de desmoldeo de los embellecedores. Una vez dado del draft, se procede a aplicar radios a las aristas del *pad* creado. Concretamente de 1mm (imagen 3.27).

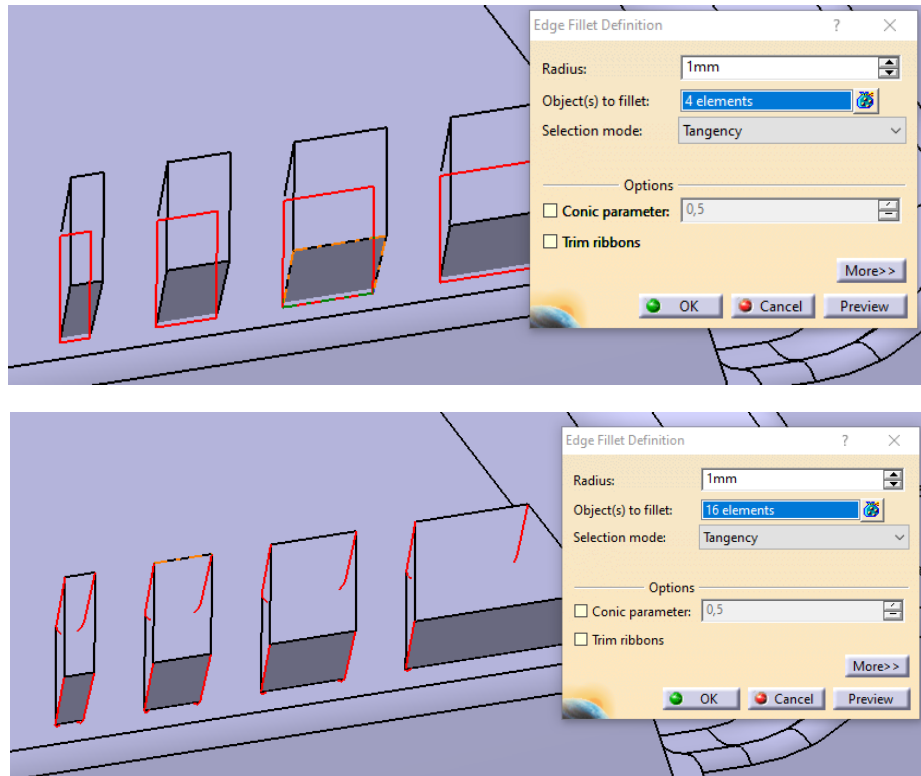


Imagen 3.27. Superficies de transición en las aristas de la inscripción.

Realizados estos pasos el resultado es un volumen que tiene una profundidad de 1mm sobre la superficie del embellecedor. Su superficie es tangente ya que se han creado superficies de transición en las aristas con el comando *Edge fillet* (imagen 3.28).

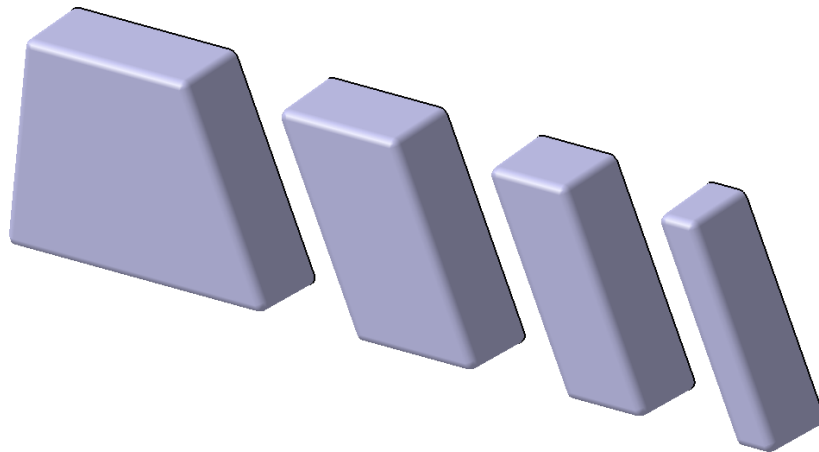


Imagen 3.28. Volumen de la inscripción del embellecedor.

Para implementar la inscripción en nuestro diseño, se procede a utilizar una operación booleana llamada *Remove*, Eliminar. De forma predeterminada, la aplicación propone eliminar el cuerpo seleccionado del cuerpo de la pieza. Para esto, se selecciona el volumen que se quiere eliminar (la inscripción) del otro cuerpo del que se desea retirar material (el embellecedor) (imagen 3.29).

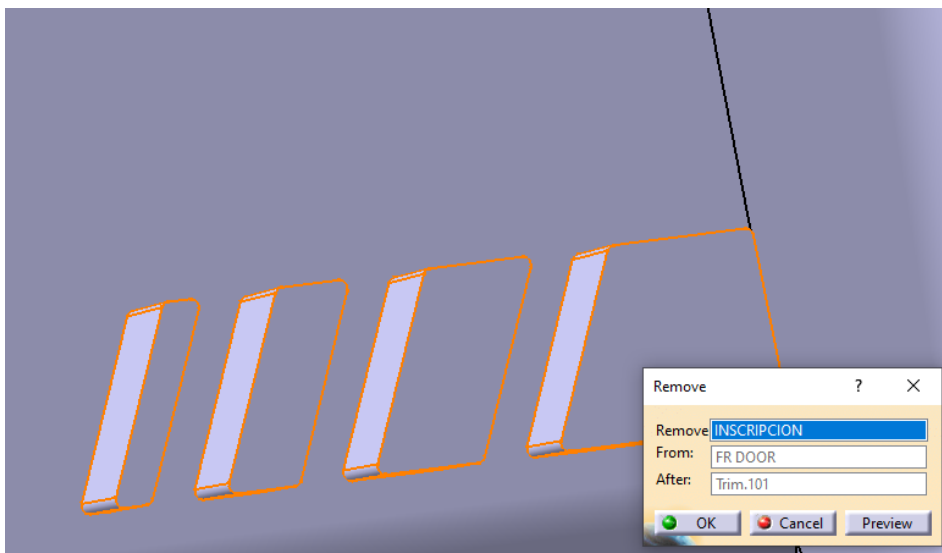


Imagen 3.29. Aplicación del comando *Remove*.

El resultado de la función *remove* permite ver el material que se ha retirado del embellecedor, pero ha dejado aristas vivas, por lo que se crean superficies de transición con el comando *Edge fillet*. En esta ocasión, se aplica

un parámetro de radio de 1mm para que la superficie exterior del embellecedor sea continua en tangencia (imágenes 3.30 y 3.31).

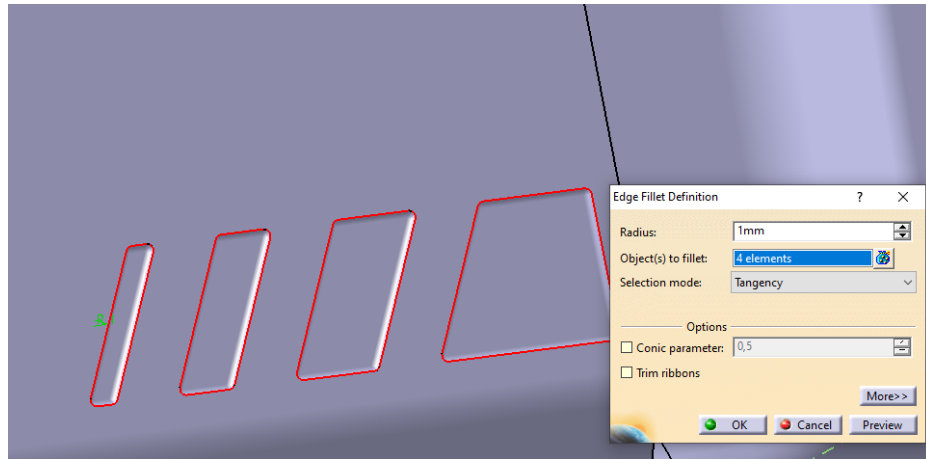


Imagen 3.30. Aplicación del comando Edge fillet en las aristas de la inscripción.

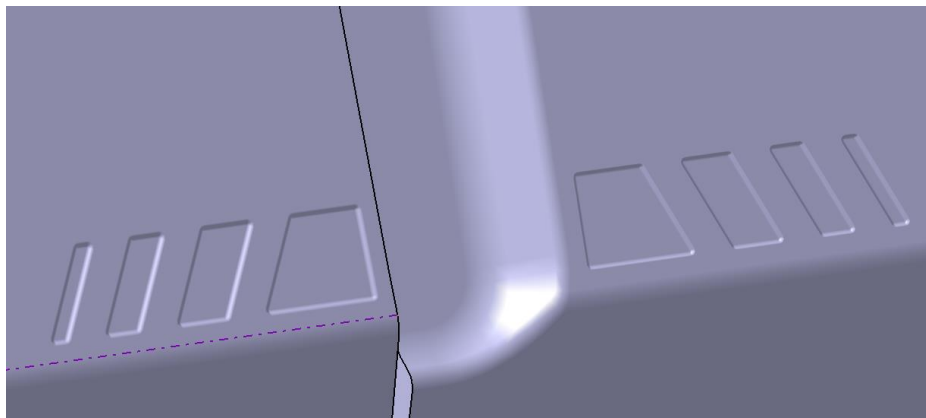


Imagen 3.31. Resultado de la inscripción del embellecedor.

La profundidad de la inscripción podría ser discutida con el proveedor de fabricación de la pieza, así como una compensación de espesor en la cara B de la pieza. Generalmente, el estudio de la inyección del material en el molde y el estudio del *thickness mapping* (mapeo de espesor) son realizados por el departamento de fabricación. Los ingenieros de este departamento, tras realizar sus estudios, suelen dar *feedback* de las características de la pieza y sus necesidades para conseguir que la inyección del plástico sea óptima.

Las operaciones Booleanas se utilizan habitualmente a la hora de diseñar un sólido. Toda la información se va acumulando dentro de un cuerpo *Body* en el árbol de especificaciones. En algunas ocasiones a la hora de diseñar un sólido es conveniente hacerlo por partes, insertando distintos cuerpos y trabajando con cada uno de ellos por separado. En nuestro caso, primero se ha

cerrado el volumen de la pieza entre cara A y cara B, posteriormente, se ha creado la inscripción. A continuación, se plantearán las fijaciones de los clips y para ello los *doghouses*.

3.4 Planteamiento del *powercopy* para las fijaciones y las correderas

Para crear las fijaciones del embellecedor a la carrocería (*doghouses*, clips) se va a utilizar la herramienta Power Copy. Mediante esta herramienta es posible utilizar la misma geometría varias veces. Al crear nuestras geometrías vamos a definir unos *inputs* (elementos geométricos, fórmulas, restricciones, etc.) que se agrupan para usarse en un contexto diferente y que presentan la capacidad de redefinirse por completo cuando se pegan.

Por ello, se van a definir:

- Un punto, que va a ser el origen del diseño del *doghouse*.
- Un sistema de ejes X, Y, Z, compuestos por líneas rectas.
- Planos paralelos a XY, YZ, XZ
- Un plano denominado "*Spheres*", con el que se va a controlar las esferas de retención del clip en el *doghouse*
- La *Slider direction* o dirección de desmoldeo de la corredera
- *Bar direction* o dirección de la barra de la corredera
- Y el plano *Bar direction*, que contiene la recta que define la dirección de la barra de la corredera (imagen 3.32).

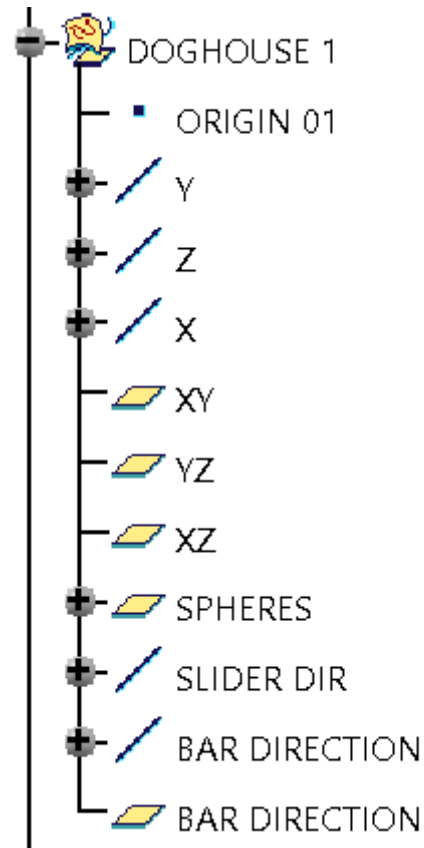


Imagen 3.32. Elementos para la creación de las fijaciones.

Todos estos elementos se han creado en un mismo *geometrical set*. Se han creado de tal manera que, si se modifica el punto de origen, todos los inputs se modifican en función a este, es decir, todos los elementos son “hijos” del punto origen. La intención de este diseño es poder crear los elementos de fijación de la pieza lo más rápido posible. Se van a crear tantos *geometrical sets* como fijaciones tenga la pieza. Posteriormente, se va a cambiar el punto origen, ubicándolo en cada punto de fijación de la carrocería. Ya que todos los elementos están directamente relacionados con el Punto origen, al cambiar la ubicación de este, los elementos del *geometrical set* se actualizan con su nueva posición.

El origen de estos elementos se ha creado como el centro de los agujeros de la carrocería. Para ello, a la hora de crear un punto en Catia, se elige la opción “centro de un círculo, esfera o elipse” (imagen 3.33).

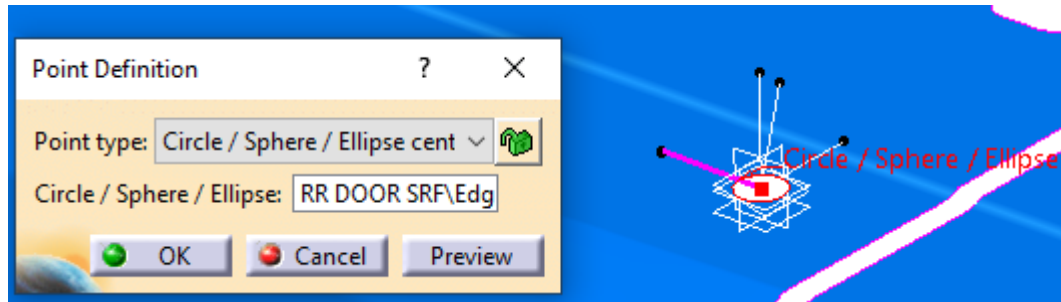


Imagen 3.33. Creación del punto origen en la carrocería.

Por lo tanto, para crear todos los elementos necesarios, se hacen tantas copias del *geometrical set* como puntos de fijación tenga cada pieza y después se modifica el origen de cada uno en su respectivo agujero de la carrocería (imagen 3.34).

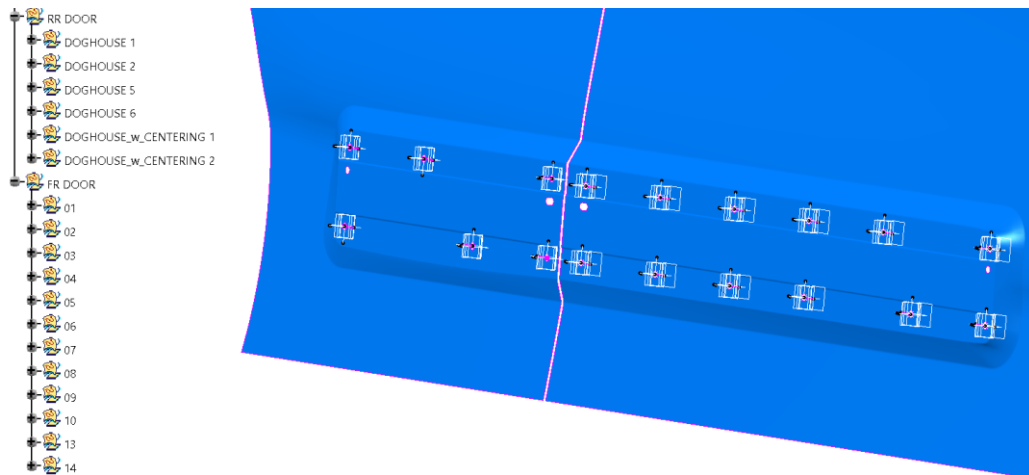


Imagen 3.34. Elementos de las fijaciones creados a partir de los agujeros de carrocería.

Una vez creados los elementos de los *powercopies*, se procede al diseño de los *doghouses*. El *doghouse* es un elemento de la pieza de plástico que va a alojar una grapa o clip. Dado que el embellecedor va a ir fijado a la pieza mediante grapas, en cada punto de fijación tendrá que ir un *doghouse* con su *clip* correspondiente. Para el diseño de estas fijaciones se ha tomado un concepto similar al del actual Citroën C4. Como se puede ver en la imagen (3.35), hay una disposición de *doghouses* (en rojo) y para el control y posicionamiento de la pieza se han utilizado dos *pins* o centradores (en verde).



Imagen 3.36. Ejemplo de fijaciones en el embellecedor del Citroën C4.

Las grapas o clips y los centradores son aquellos elementos que van a limitar los grados de libertad de la pieza. Se tienen seis grados de libertad y se definen como las posibilidades de movimiento de la pieza en un sistema tridimensional (imagen), es decir, la capacidad de moverse hacia delante/atrás, arriba/abajo, izquierda/derecha (traslación en tres ejes perpendiculares), combinados con la rotación sobre tres ejes perpendiculares (Guiñada, Cabeceo, Alabeo). El movimiento a lo largo de cada uno de los ejes es independiente de los otros, y cada uno es independiente de la rotación sobre cualquiera de los ejes, el movimiento de hecho tiene seis grados de libertad (imagen 3.37).

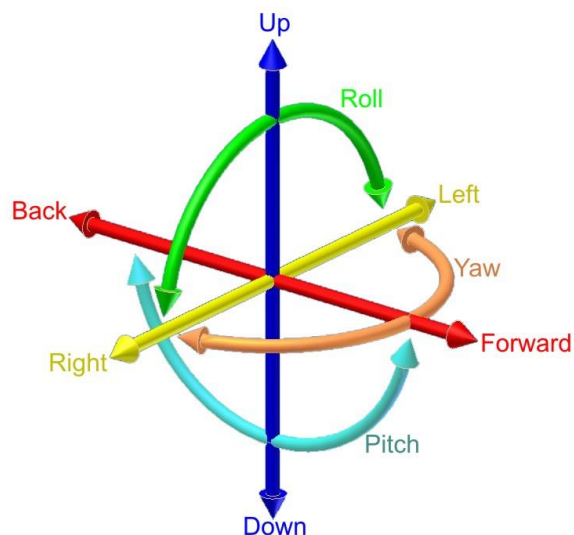


Imagen 3.37. Grados de libertad de un cuerpo.

Para los embellecedores de puerta diseñados se ha propuesto un sistema similar al del Citroën C4. Se va a centrar la pieza en la carrocería

mediante dos centradores. Uno de estos centradores va a limitar el movimiento longitudinal y vertical (ejes X y Z). El otro centrador va a limitar la rotación y el movimiento vertical (eje Z). Las grapas o clips van a restringir el movimiento lateral (eje Y) (imagen 3.38).

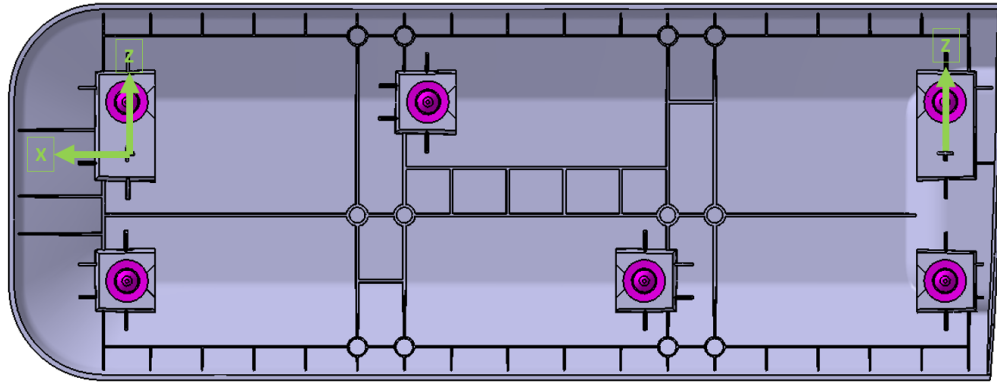


Imagen 3.38. Restricciones del embellecedor.

Por lo tanto, se va a diseñar dos tipos de *doghouse*. Uno que albergará la grapa, otro que alberga grapa y centrador. El centrador forma parte del *doghouse* y de la pieza, por lo que se deberá diseñar teniendo en cuenta el desmoldeo. En el caso de nuestro embellecedor, no va a ser necesario crear un *poka-yoke*, ya que no es posible colocar la pieza incorrectamente. Un *poka-yoke* (término japonés, que significa literalmente, «a prueba de errores») es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema. Por ejemplo, el conector de un USB es un *poka-yoke*, solamente tiene una posición correcta.

Generalmente en automoción se utilizan *clips* o grapas de plástico para la fijación de embellecedores o molduras a la carrocería. Son elementos comerciales pensados para retener la pieza en su posición y romperse en caso de sustitución o retirada de la pieza. Es más barato sustituir un set de grapas que sustituir la pieza por rotura. Cada OEM utiliza un tipo distinto, pero generalmente todas tienen la misma geometría. Para el desarrollo de este TFG se ha utilizado como ejemplo una grapa genérica para molduras (imagen 3.39).

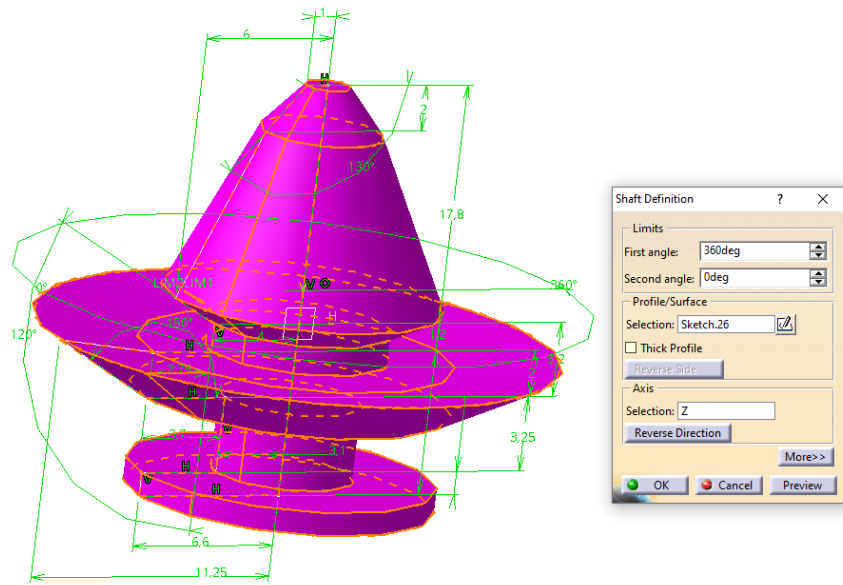


Imagen 3.41. Creación del volumen del clip con el comando shaft.

Se procede entonces, a diseñar el *doghouse*. El *doghouse* forma parte de la estructura interna del embellecedor y va a albergar las grapas o clips para la fijación del embellecedor a la carrocería (imagen 3.42).

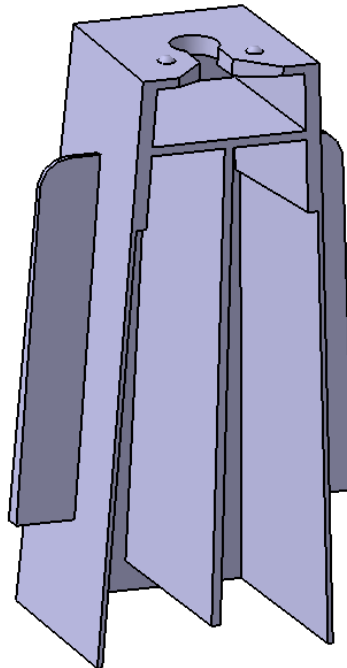


Imagen 3.42. 3D del Doghouse terminado.

El primer paso en el modelado de un *doghouse* es crear un *pad* o extrusión. El perfil de este *pad* es un cuadrado de 30mm de lado. Este *pad* va a ser el cuerpo principal del *doghouse*, su longitud debe de ser mayor que la distancia que hay entre el embellecedor y la carrocería, por lo que se establece su longitud de 100mm (imagen 3.43).

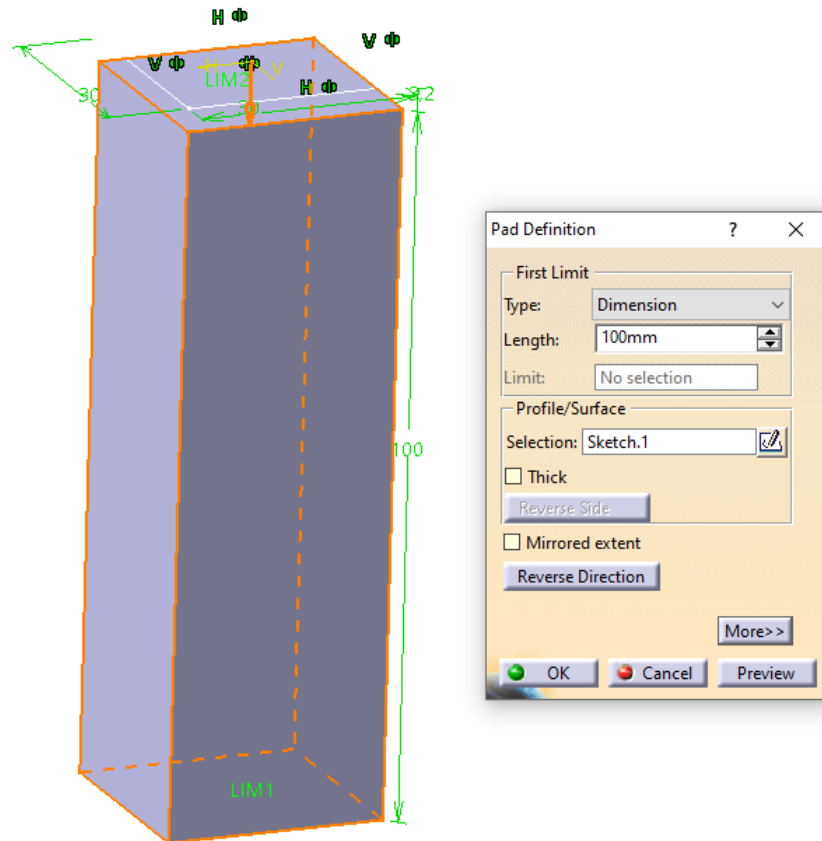


Imagen 3.43. Creación de la extrusión del *doghouse*.

Posteriormente se le da ángulos a sus caras para que sea posible el desmoldeo en la dirección de desmoldeo del molde de inyección. Para *doghouses* de estas dimensiones, con 3 grados de desmoldeo suele ser suficiente. Una regla orientativa es 1° por cada pulgada de longitud, la distancia entre el embellecedor y la carrocería es de 50mm, por lo que 3 grados de desmoldeo garantizan la factibilidad de la pieza (imagen 3.44).

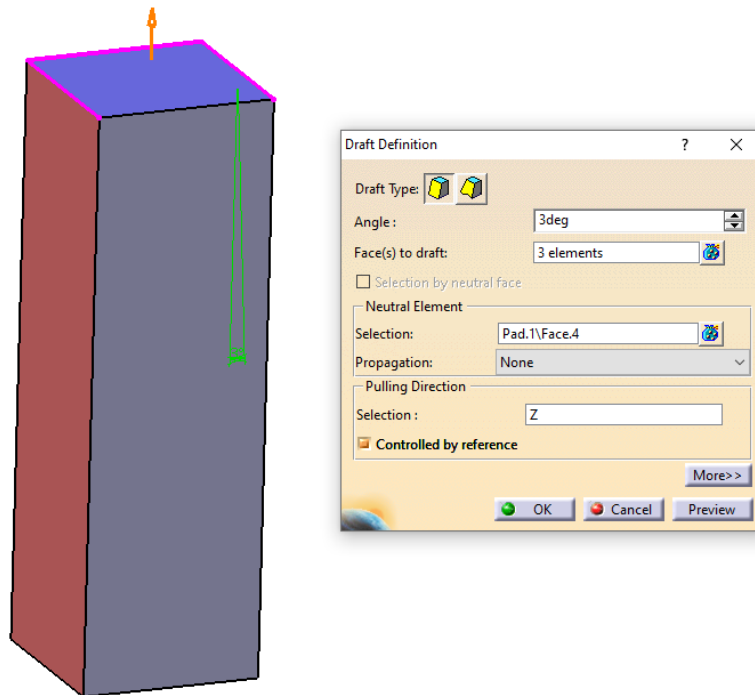


Imagen 3.44. Aplicación del ángulo de desmoldeo al cuerpo del doghouse.

A continuación, se le aplica al volumen la función *Shell*, o cajeado, en la que se retira material del centro para crear algo similar a una caja. Uno de los parámetros a indicar es el espesor deseado. Generalmente para piezas como esta se utiliza un espesor de 2.5mm (imagen 3.45).

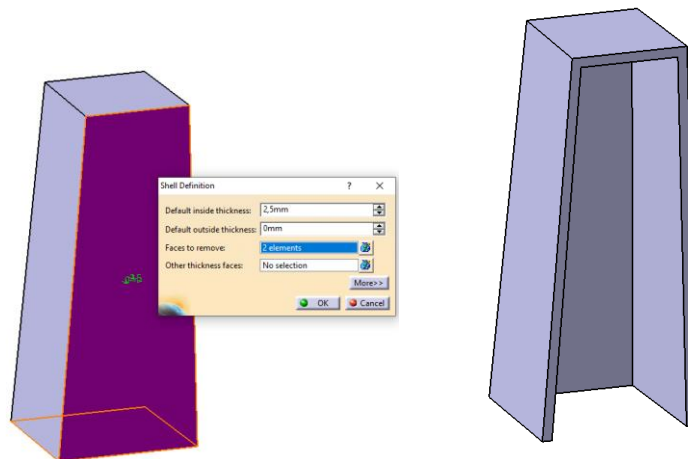


Imagen 3.45. Cajeado del sólido con el comando *Shell*.

Una vez creada esta geometría, hay que darle ángulo de desmoldeo a las caras interiores para que su desmoldeo sea posible mediante el barrido de

la corredera. En este paso, se selecciona como cara neutra la superficie frontal del *doghouse* (en azul en la imagen 3.46) y como *pulling direction*, la dirección de desmoldeo del *doghouse*, denominada en pasos anteriores como “*slider direction*”. Para el interior del *doghouse*, se ha utilizado un ángulo de 1 grado.

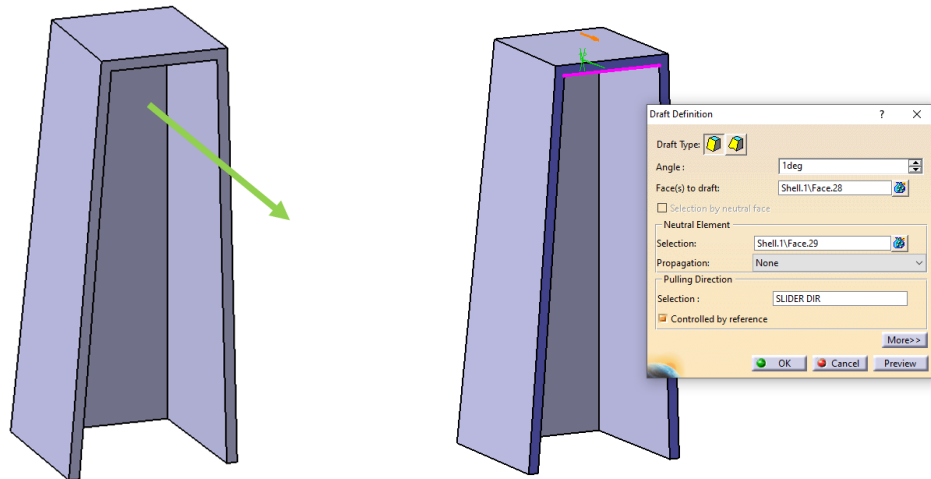


Imagen 3.46. Ángulo de desmoldeo del interior del *doghouse*.

Posteriormente, se crea el alojamiento del clip o grapa. Esta cavidad se desmoldea en la dirección del molde, por lo que se le deberá dar un ángulo de desmoldeo en la dirección de desmoldeo del molde de inyección. Para su creación se utiliza la función *Pocket* o cajera. La creación de una cajera consiste en extruir un perfil o una superficie y retirar el material resultante de la extrusión del sólido general. La aplicación le permite elegir los límites de extrusión, así como la dirección de extrusión. Los límites que puede utilizar son los mismos que los disponibles para crear *pads* (imagen 3.47).

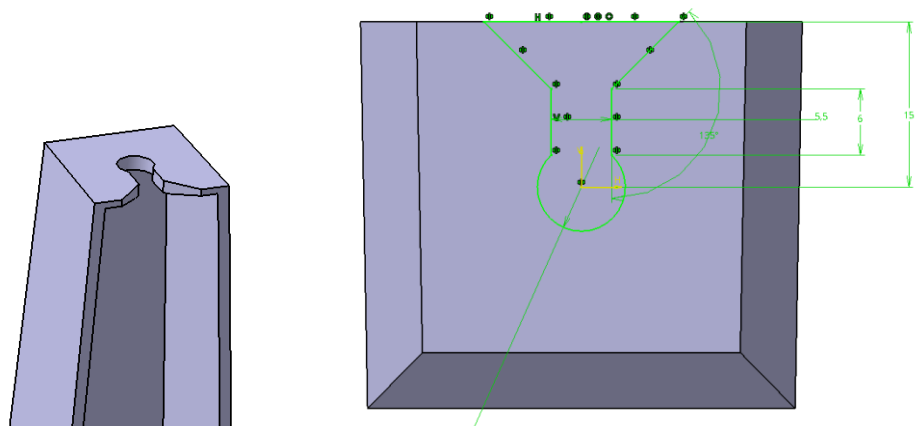


Imagen 3.47. Modelado del alojamiento de la grapa.

A continuación, se han creado dos esferas que van a ser los elementos de retención del clip. Estas esferas se han creado mediante la función *Shaft*, utilizada anteriormente. Se han creado dos perfiles de semicircunferencias de radio 1.5mm en un plano paralelo al XY a 3.7mm de la superficie superior del *doghouse*, este plano se ha denominado como *Spheres* (esferas) y será uno de los elementos que se emplearán para implementar el *powercopy* del *doghouse*. El objetivo de estas esferas es retener el clip en su posición una vez se posiciona el clip en el embellecedor (imagen 3.48).

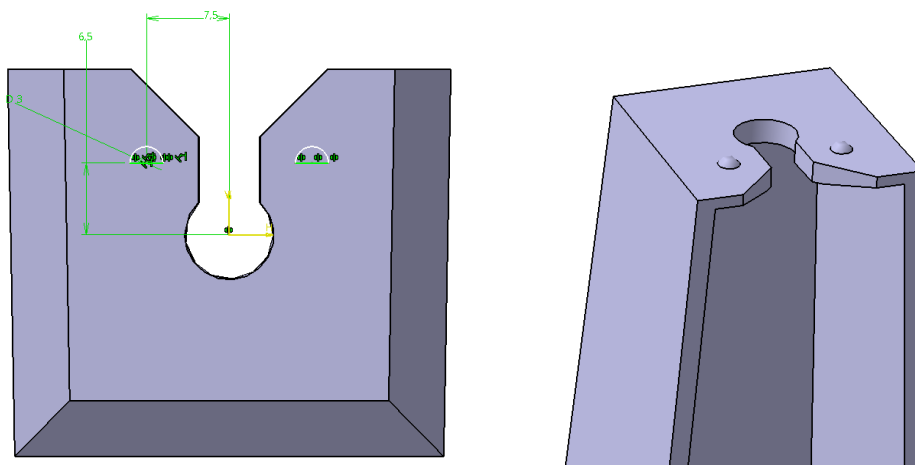


Imagen 3.48. Esferas de retención del clip.

Dado que el *doghouse* va a tener bastantes elementos, se ha diseñado cada uno de estos elementos en un cuerpo diferente. Posteriormente se procederá a ensamblarlos. Por ahora, lo que se ha obtenido con las operaciones anteriores es el cuerpo principal del *doghouse* (imagen 3.49).

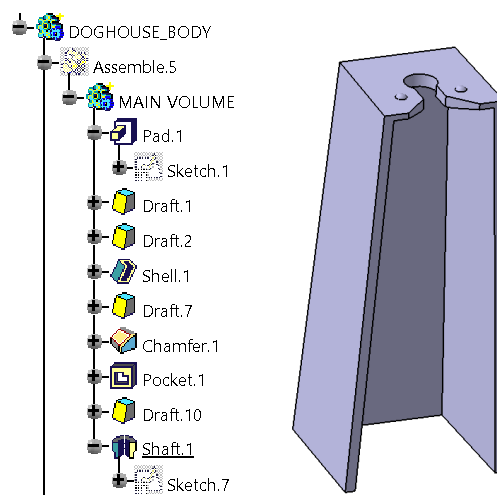


Imagen 3.49. Cuerpo principal del doghouse.

En este tipo de piezas de inyección es necesario realizar reducción de espesor. Si en el molde de inyección hay regiones en las que se acumula mucho material, es posible que se generen rechupes o marcas de agua en la superficie exterior de la pieza. Estas marcas son inaceptables en los controles de calidad (imagen 3.50).

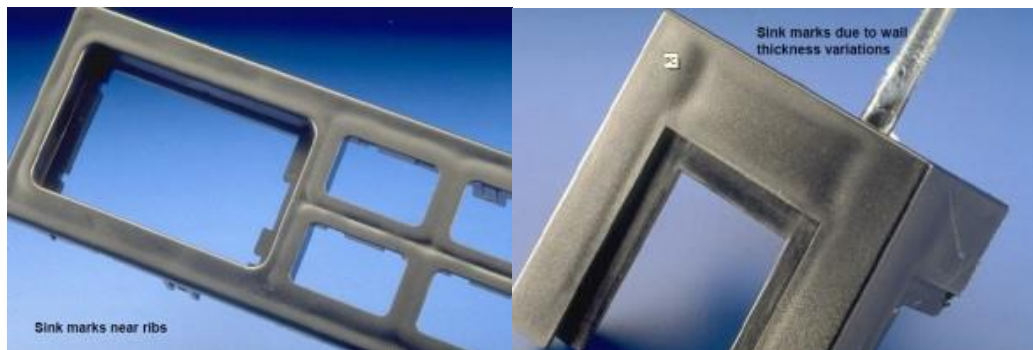


Imagen 3.50. Rechupes o marcas de agua.

Para evitar estas marcas, se reduce el espesor del *doghouse* en la región que está en contacto con la cara interior del embellecedor. En el diseño, se ha creado un volumen igual que el del cuerpo principal del *doghouse*, se ha reducido su espesor en 1mm y se ha cortado por una superficie *input*, denominada *thickness reduction*. Generalmente, esta superficie es un *offset* de la cara B del embellecedor de 2.5mm. Como con todos los elementos del *doghouse*, hay que garantizar el desmoldeo mediante la corredera, por lo que a la cara superior del *thickness reduction* hay que darle también un grado de desmoldeo (imagen 3.51).

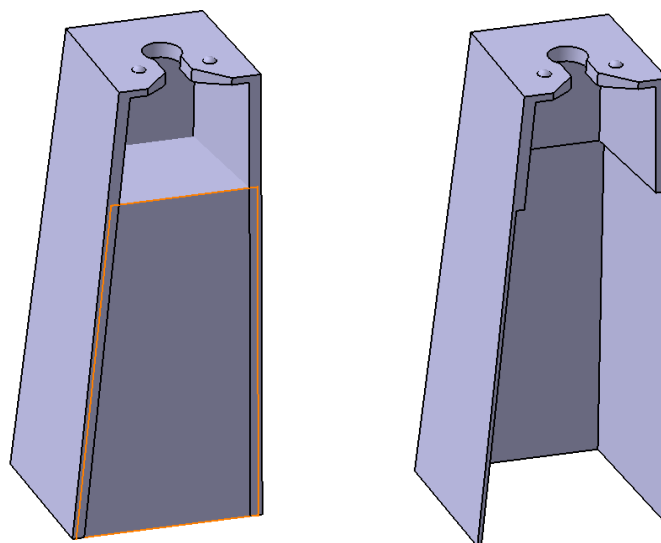


Imagen 3.51. Thickness reduction del doghouse.

Para reforzar la estructura interna del *doghouse*, se han implementado dos refuerzos, uno vertical y uno horizontal. Para ello se han creado cada uno de estos refuerzos en un *body* independiente mediante el comando *pad*. Como se ha hecho anteriormente, se aplica el ángulo de desmoldeo a las superficies de los refuerzos de 1 grado. Los refuerzos (imagen 3.52) tienen un espesor de 1.5mm.

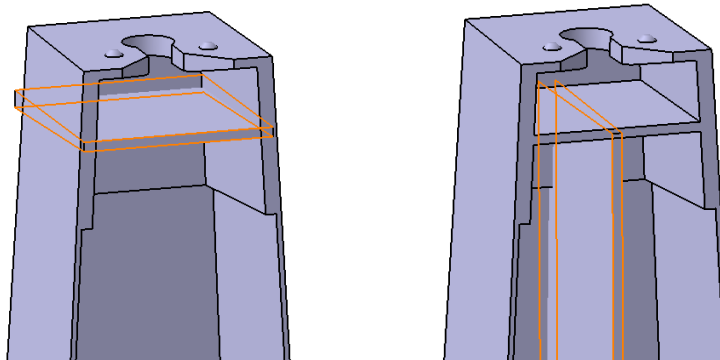


Imagen 3.52. Refuerzos del *doghouse*.

A continuación, para incrementar la rigidez de los *doghouse*, se han planteado unos refuerzos en su exterior. Estos refuerzos son de 1mm de espesor y se desmoldean en la dirección de desmoldeo del molde (imagen 3.53).

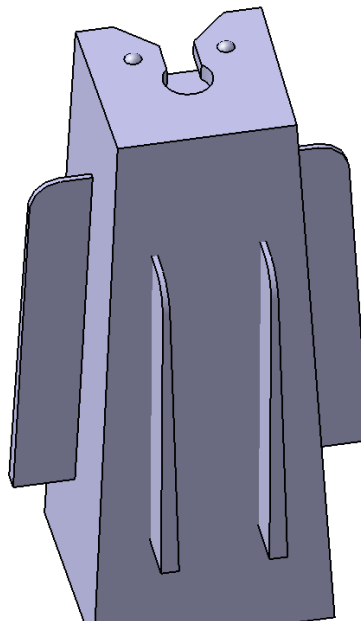


Imagen 3.53. Refuerzos exteriores del *doghouse*.

El resultado es un cuerpo en el que se han añadido mediante la operación booleana ensamblar (*assemble*), el doghouse y el clip (imagen 3.54).

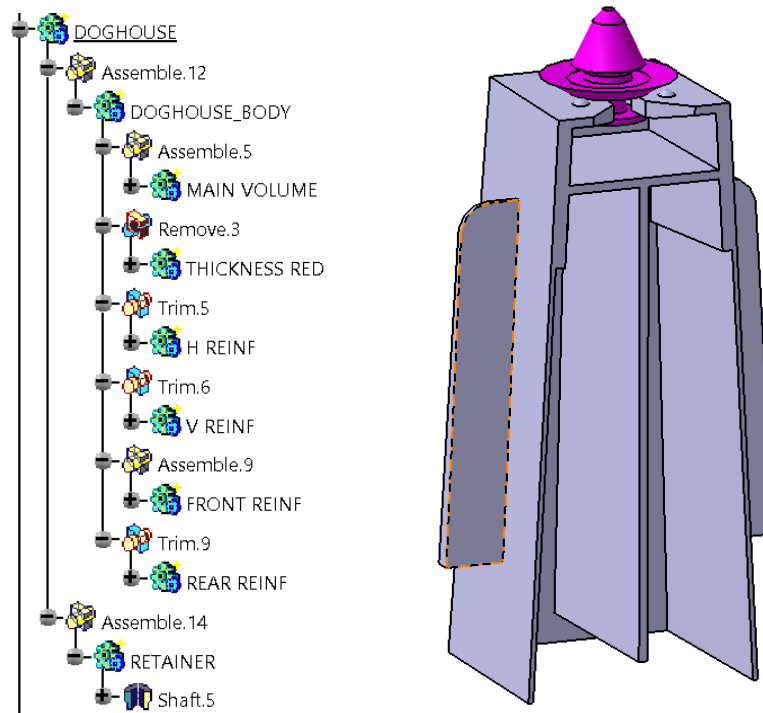


Imagen 3.54. Resultado del ensamblaje del doghouse.

Para el *doghouse* con centrador, se han seguido los mismos pasos. Para poder alojar el centrador, las dimensiones del cuerpo principal serán de 55 por 30 mm (imagen 3.55).

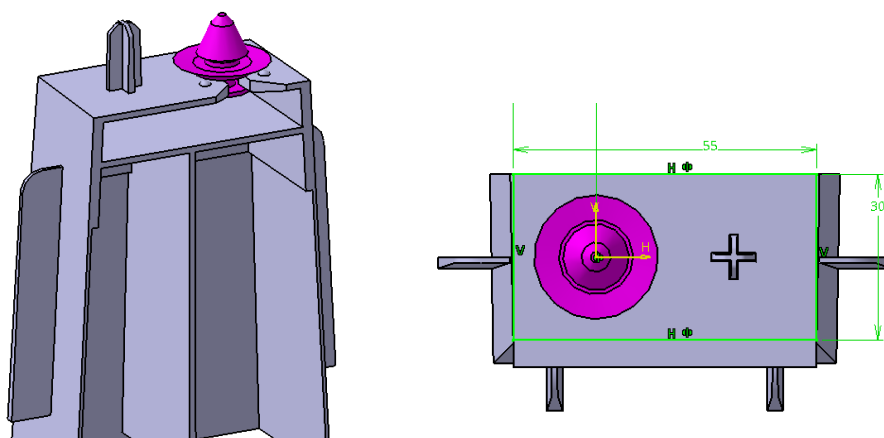


Imagen 3.55. Dimensiones del doghouse con centrador.

Para la geometría del centrador, se ha creado un pad cuyo perfil es una cruz. Este tipo de perfil es utilizado habitualmente en piezas como esta y en general en el sector de la automoción (imagen 3.56).

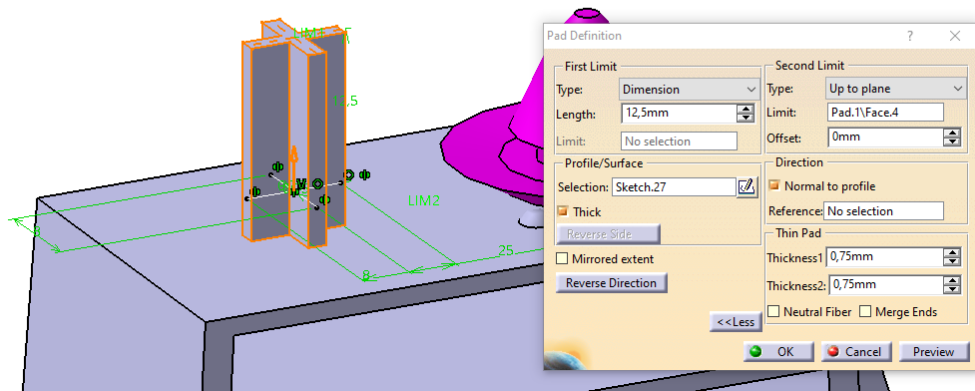


Imagen 3.56. Geometría del centrador.

Posteriormente se les ha dado ángulo de desmoldeo a las superficies para garantizar su desmoldeo. Se ha tomado como referencia un plano paralelo al XY que pasa por el punto origen del *doghouse*. De esta manera se garantizan las dimensiones del centrador a la altura de la carrocería. Los *inputs* del *powercopy* se han creado a partir del punto de origen de la fijación a la carrocería, tal y como se ha comentado anteriormente (imagen 3.57).

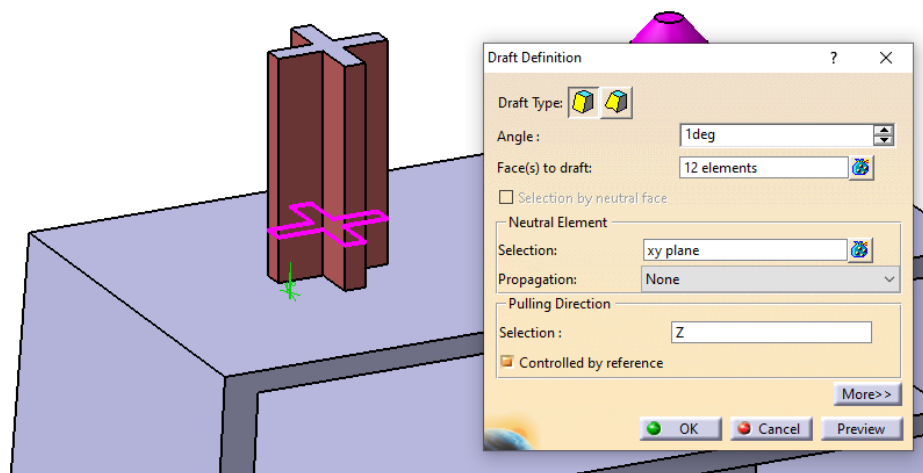


Imagen 3.57. Ángulo de desmoldeo de las superficies del centrador.

Finalmente se ha hecho un chaflán en las aristas superiores del centrador y se les ha aplicado superficies de transición con un radio con la finalidad de facilitar el ensamblado del embellecedor a la carrocería (imagen 3.58).

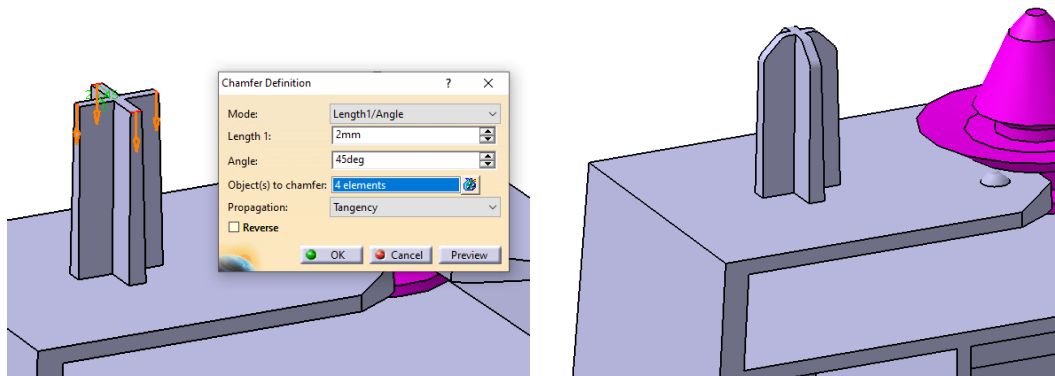


Imagen 3.58. Chaflán y Edge fillet en el centrador.

Para el diseño de las correderas se va a tener en cuenta un desmoldeo de los negativos mediante las barras del *lifter*, o elevador. El *lifter* o punta inclinada es el elemento del molde que, mediante el movimiento de desmoldeo del molde va a accionar las barras de las correderas, las cuales van a realizar un movimiento perpendicular a la dirección de desmoldeo del molde. Como consecuencia, se desmoldean los negativos de la pieza. Este movimiento va directamente relacionado con el ángulo de la barra, en el caso del diseño del embellecedor, se ha tomado como ángulo de la barra (β) 12 grados (imagen 3.59).

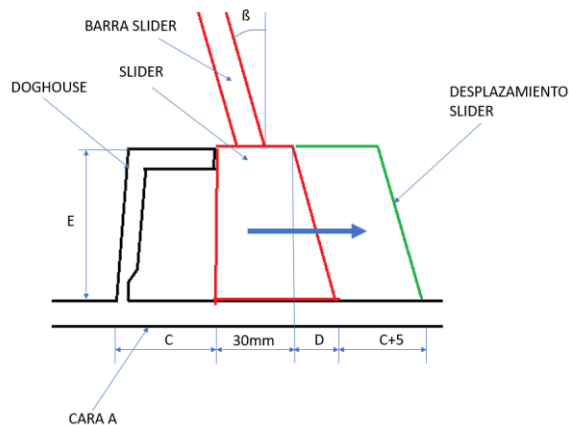


Imagen 3.59. Desplazamiento de una corredera.

Para calcular el recorrido de una corredera, hay que tener en cuenta la profundidad del negativo del *doghouse* (C), la medida D que es igual a la altura del *doghouse* por la tangente del ángulo β más el coeficiente de seguridad (ecuación 3.1).

$$\text{Barrido} = D + C + 5$$

$$D = E \cdot \text{tg}(\beta)$$

Ecuación 3.1. Cálculo del barrido de una corredera.

Generalmente se toma un coeficiente de seguridad de 5mm para que la pieza tenga una fácil extracción. Estos 5 milímetros se dejan entre la slider y el *doghouse*, una vez el recorrido de la corredera ha sido completado. Se procede entonces a medir la altura y profundidad de los *doghouse*, para localizar el más desfavorable y determinar así el recorrido de todas las correderas. Este caso se muestra en la imagen 3.60:

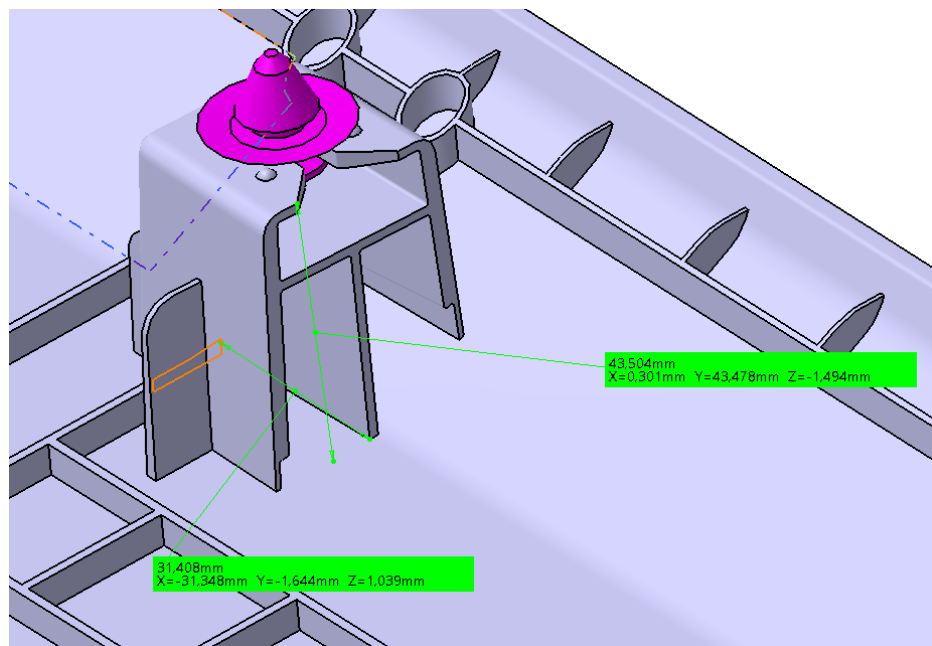


Imagen 3.60. Altura y profundidad del *doghouse* más desfavorable.

Con una profundidad de negativo de 31.4 milímetros y una altura de *doghouse* de 43.5 milímetros, el cálculo del *doghouse* es el siguiente. Se ha redondeado a 32 y 35 milímetros respectivamente, para obtener mayor coeficiente de seguridad. El recorrido de la corredera se puede ajustar si el

fabricante del molde lo solicita, es posible aplicar coeficientes de seguridad de hasta 3mm de recorrido si fuera necesario (imagen 3.61).

ÁNGULO DE BARRA	12	DOGHOUSE	1
		E	45
		C	32
		BARRIDO	46,56504528
E = ALTURA MÁXIMA DEL SLIDER			
C = PROFUNDIDAD DEL SLIDER			

Imagen 3.61. Cálculo del barrido de la corredera.

Queda determinado entonces el barrido de las sliders como 46.6 milímetros. Este dato va a influir en el diseño del patrón de nervios de la pieza y en la disposición de *doghouses*, como se comentó anteriormente.

Para el diseño de las correderas que se desplazan mediante un *lifter* es importante la comprensión de su funcionamiento. El proceso de fabricación de una pieza como el embellecedor se puede dividir en 4 partes: inyección del plástico (imagen 3.62), desplazamiento de la parte móvil (imagen 3.63), desplazamiento de los expulsores o *lifters* (imagen 3.64) y expulsión de la pieza (imagen 3.65).

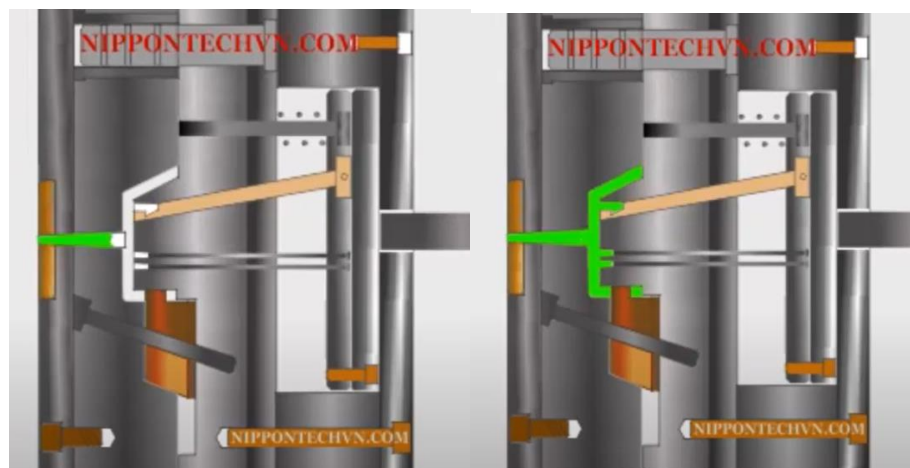


Imagen 3.62. Inyección del plástico en el molde.

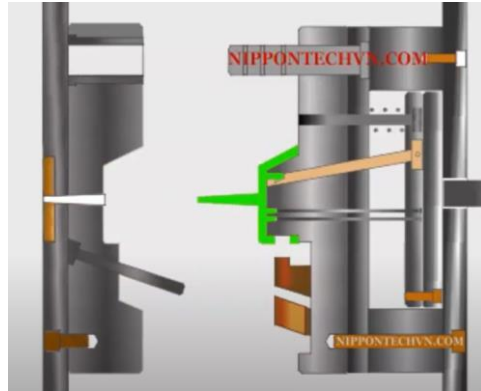


Imagen 3.63. Desplazamiento de la parte móvil del molde.

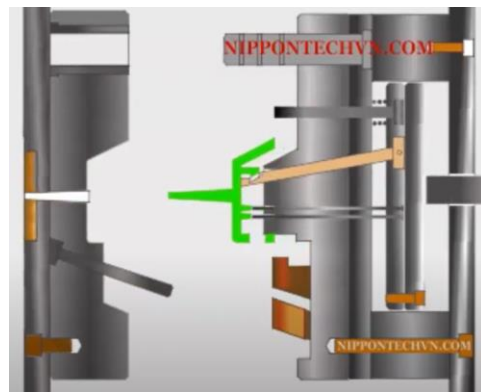


Imagen 3.64. Accionamiento del lifter y desplazamiento de la corredera.

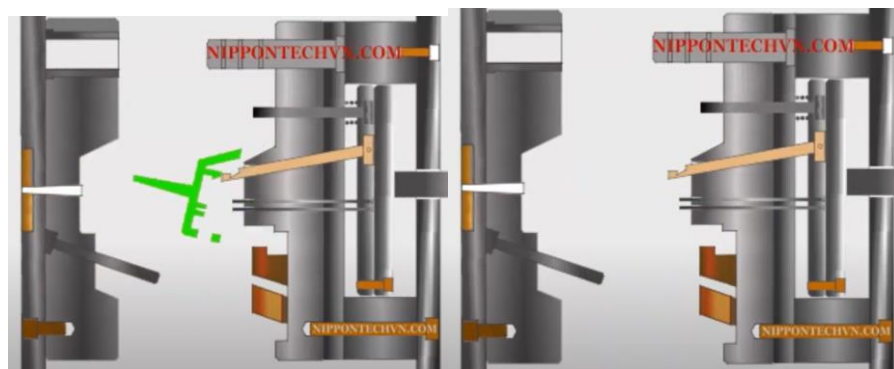


Imagen 3.65. Expulsión de la pieza.

Para el modelado de las correderas, se ha partido de un pad cuyas dimensiones son iguales a las del *doghouse* (imagen 3.66).

Desarrollo de embellecedores de puerta de un vehículo comercial

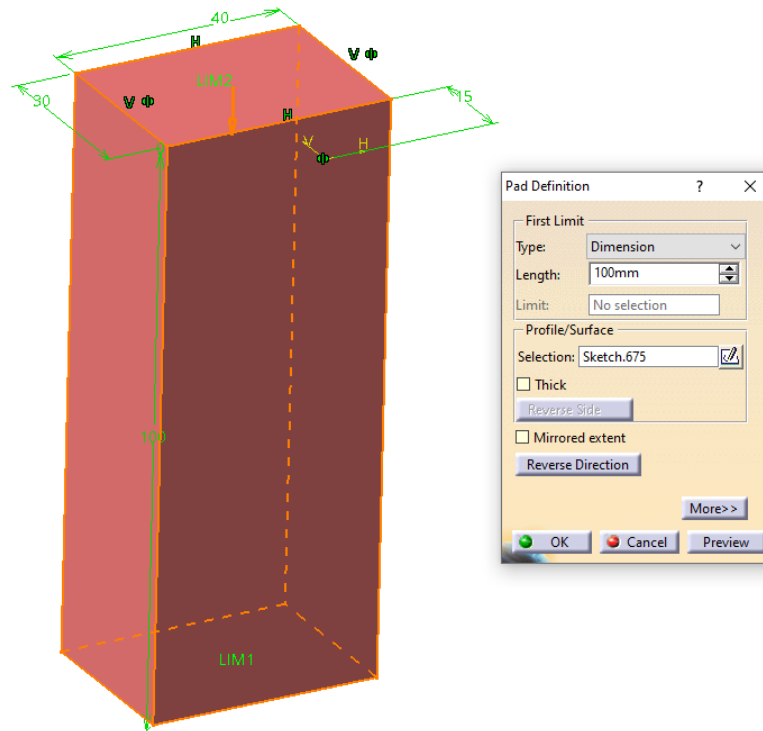


Imagen 3.66. Extrusión del cuerpo de la corredera.

Posteriormente, se le ha dado ángulo a la cara posterior de la corredera. Todas las correderas van a tener el mismo ángulo en su cara posterior, y va a ser β , tal y como se ha mostrado anteriormente, 12 grados (imagen 3.67).

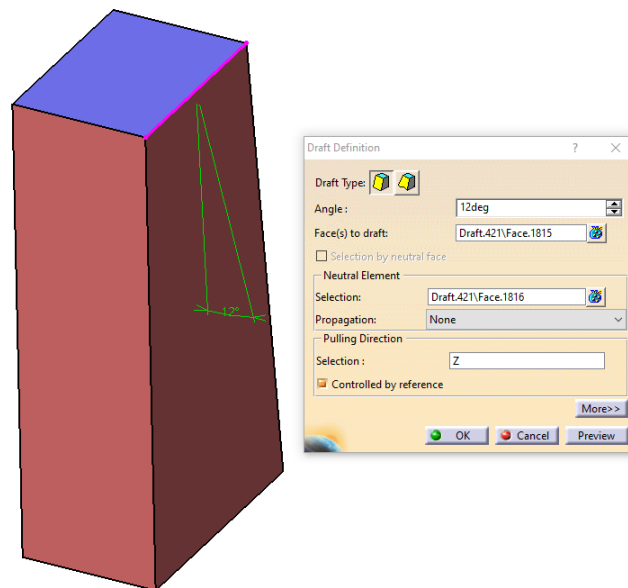


Imagen 3.67. Ángulo β en la cara posterior de la slider.

A continuación, se ha modelado la barra, que suele tener un diámetro entre 15 y 20 milímetros. En este caso, se han tomado 15mm como diámetro de barra. Para modelar la barra se ha creado un pad cuyo perfil de barrido es una circunferencia de diámetro 15mm contenida en un plano que tiene el ángulo β de 12 grados con el plano XY (imagen 3.68).

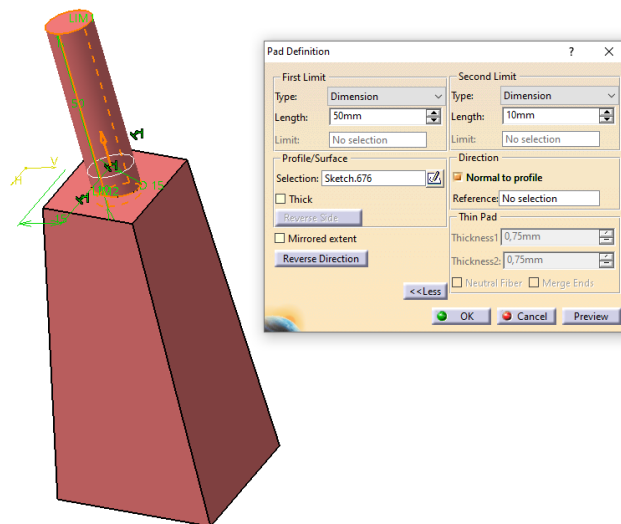


Imagen 3.68. Modelado de la barra de la slider.

Posteriormente, se han implementado superficies de transición con *Edgefillets* en las aristas de la slider o corredera, con un parámetro radio de 5 mm (imagen 3.69).

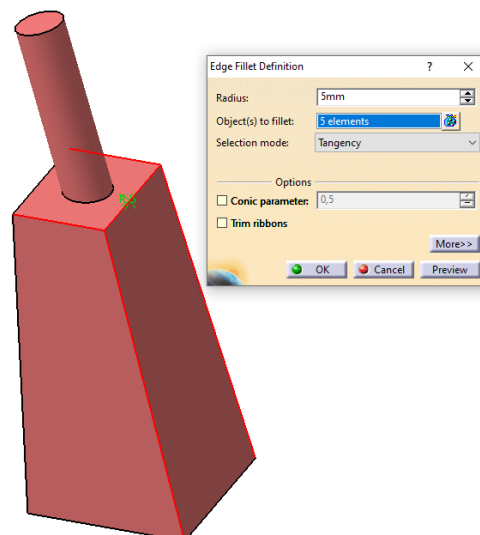


Imagen 3.69. Implementación de Edge fillets en el exterior de la slider.

El paso siguiente es crear una copia de la corredera para desplazarla con el comando *translate* y simular el desplazamiento de la corredera tal y como se realizaría al abrir el molde y ejecutar su movimiento mediante el *lifter* (imagen 3.70).

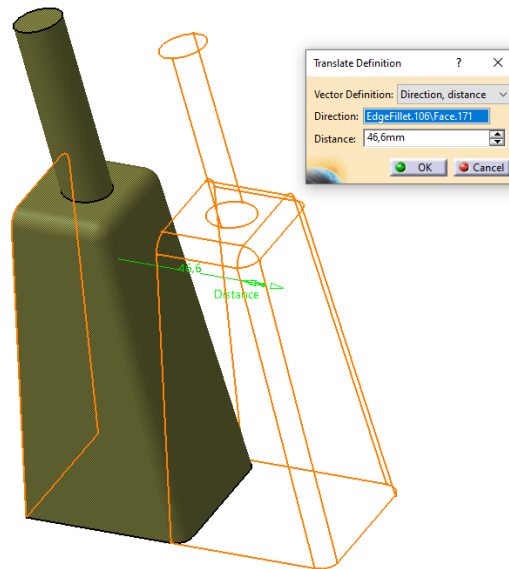


Imagen 3.70. Simulación del barrido de la slider.

Para finalizar la corredera, se procede a cortar la parte inferior de su volumen con la cara B del embellecedor (imagen 3.71).

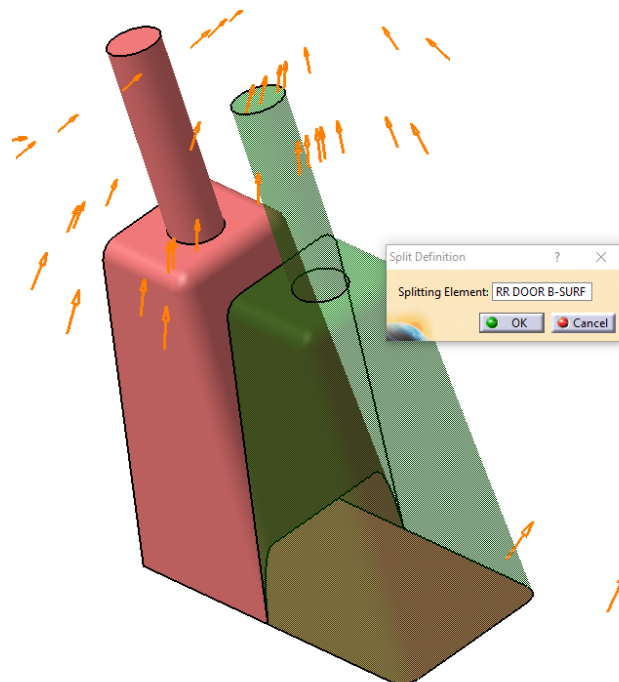


Imagen 3.71. Slider finalizada.

Se procede entonces, al estar todos los volúmenes creados, a crear los *powercopies*. En el menú de Catia, desplegando el menú *Insert => Knowledge Templates => Power Copy* (imagen 3.72).

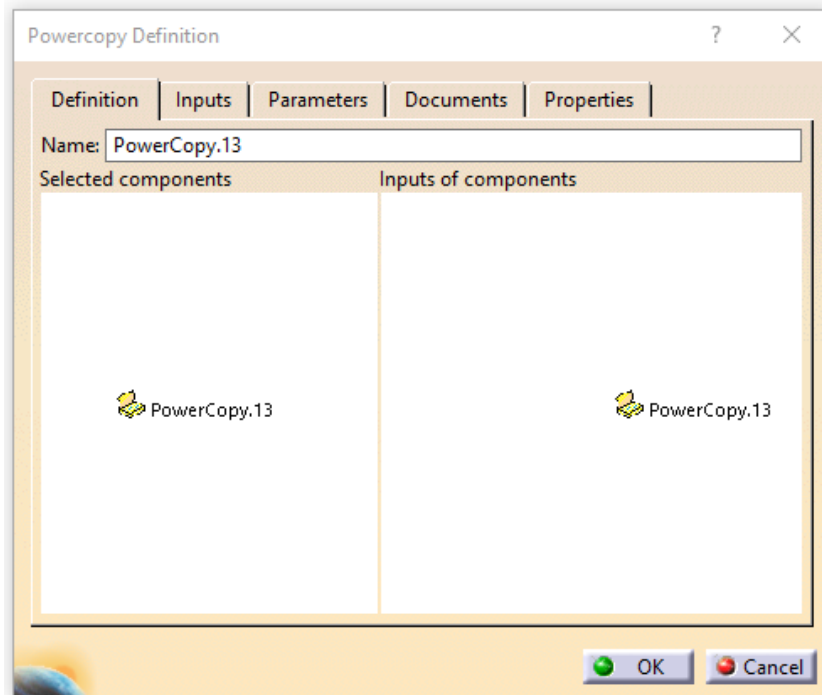


Imagen 3.72. Menú de creación de power copy. 1

Posteriormente, se selecciona el Body del sólido del que queremos crear un *Power Copy*, por ejemplo, el doghouse (imagen 3.73).

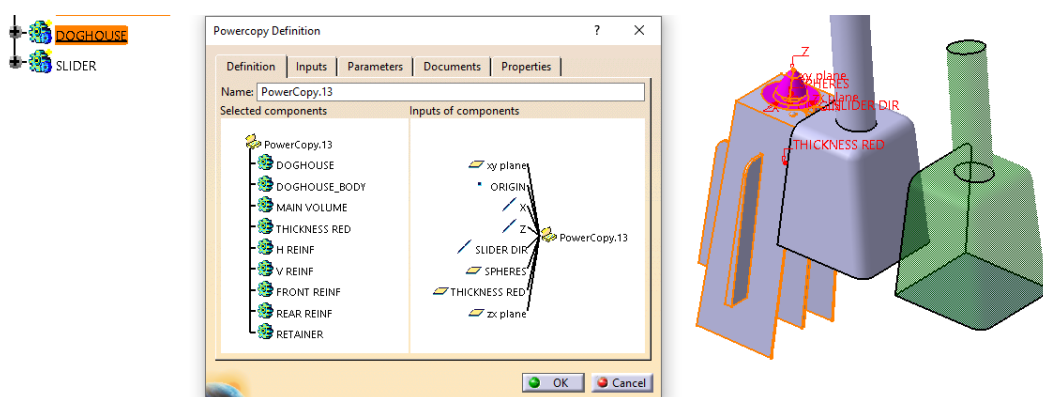


Imagen 3.73. Creación del power copy del doghouse.

En la ventana de la derecha, se seleccionan los elementos con los que hemos definido el doghouse durante su modelado. Estos elementos son, el punto central de origen, los ejes X y Z, la dirección de desmoldeo de la

corredera, el plano para las esferas de retención del clip, la superficie para la reducción de espesor, etc.

Una vez se acepta la operación del Power copy, ya se puede apreciar en el árbol de Catia que los powercopies se han creado correctamente (imagen 3.74).

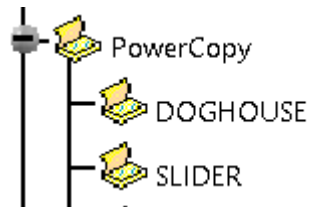


Imagen 3.74. PowerCopy creado en el árbol de Catia.

Para utilizar estos elementos e implementarlos en el embellecedor, hay que acceder, en el menú de Catia, al desplegar la pestaña *Insert => Instantiate from Selection*. Al accionar este comando, se despliega un menú, donde aparece en una ventana superior, los elementos que debemos seleccionar en nuestro árbol de Catia para la creación del *Power Copy* seleccionado, y en una ventana superior, el 3D del *Power Copy* en cuestión, mostrando los elementos solicitados (imagen 3.75).

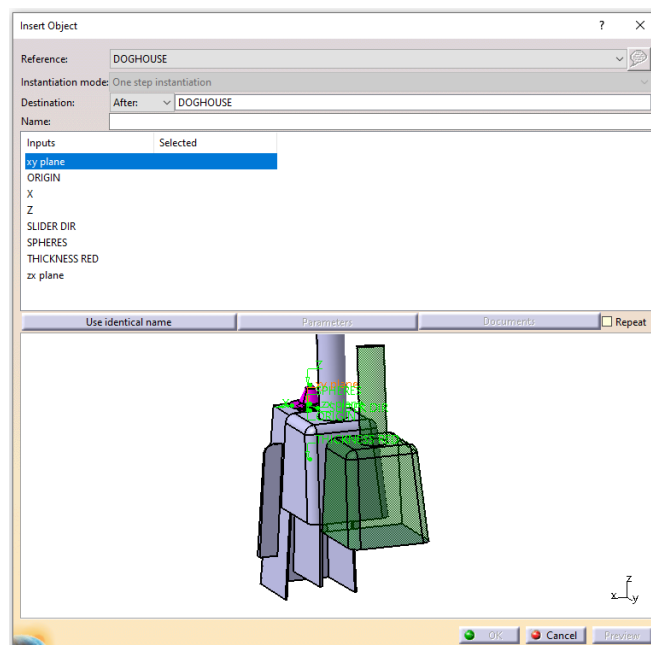


Imagen 3.75. Menú de inserción de un Power Copy.

Esta operación se repite, implementando en cada punto de fijación del embellecedor el tipo de doghouse correspondiente. Se obtiene entonces el

volumen del embellecedor, con las fijaciones mediante doghouses y el espacio ocupado por el barrido de las correderas (imagen 3.76).

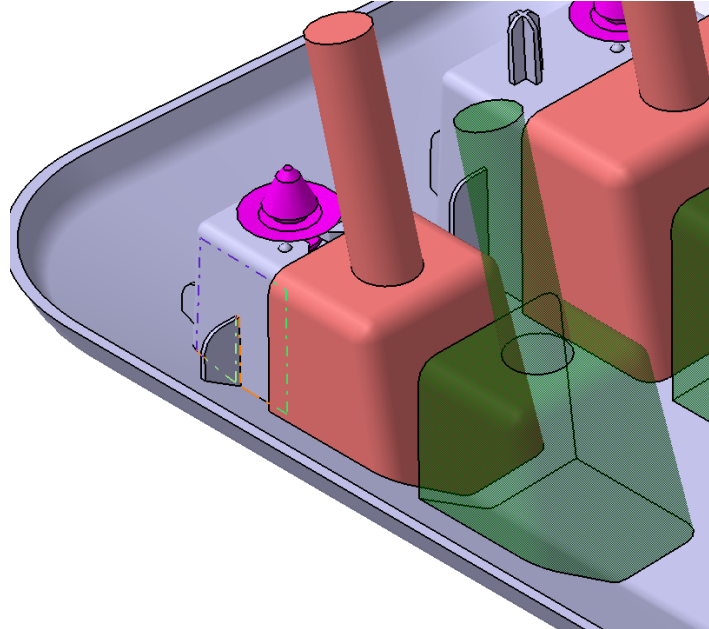


Imagen 3.76. Volumen del embellecedor con doghouses y sliders.

3.5 Planteamiento de los refuerzos de la pieza

En el diseño de piezas de plástico es común el diseño de refuerzos, estructuras de nervios internas, etc. Estos refuerzos hacen que la pieza adquiera mayor rigidez y se eviten entonces deformaciones. También se evitan daños o rupturas, por ejemplo, durante el ensamblado (imagen 3.77).

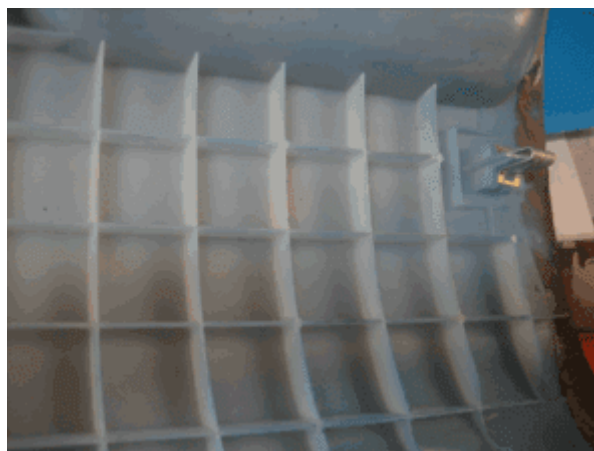


Imagen 3.77. Estructura de nervios de una pieza de inyección de plástico.

Para la estructura de nervios de los embellecedores se ha seguido siempre el mismo patrón. Se ha creado un nervio que recorre verticalmente la pieza a 5mm del centro de cada fijación y se ha planteado un nervio central que recorre la pieza horizontalmente. El cruce de nervios verticales y horizontales se suele eliminar con un cilindro de diámetro de 10 milímetros. De esta manera se evita la acumulación de mucho plástico en un mismo punto y de esta manera evitar marcas de agua, *sink marks*, etc. En la parte central de la pieza se ha aprovechado el espacio libre que dejan las correderas para añadir un nervio horizontal que mantiene una distancia de 25mm con el nervio horizontal principal. Posteriormente, se ha completado el espacio entre estos dos nervios añadiendo nervios verticales cada 25-30 milímetros (imagen 3.78).

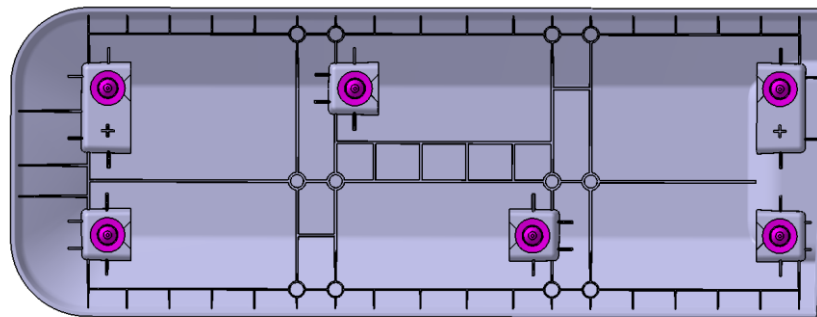


Imagen 3.78. Estructura de refuerzo del embellecedor.

Generalmente, esta estructura de refuerzo suele tener una altura de entre 5 y 10 milímetros. Para crearla, se ha creado un *sketch* en el que se ha dibujado el patrón descrito anteriormente (imagen 3.79).

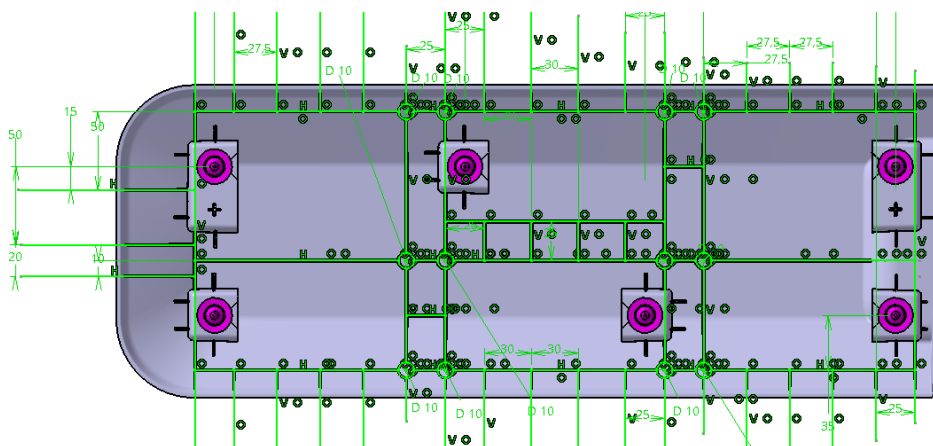


Imagen 3.79. Sketch de la estructura de nervios del embellecedor.

Posteriormente, se ha creado un *pad* cuyo perfil de barrido es el *sketch* anterior y cuyo límite superior es una superficie creada a partir de un *offset* de 5mm de la cara B del embellecedor y un *offset* de 5mm del estilo de la carrocería (imagen 3.80). De esta manera, en la parte central de la pieza, la estructura de nervios tendrá una altura de 5mm y en las partes más cercanas al *mikiri* se mantendrá una distancia de 5mm con la carrocería.

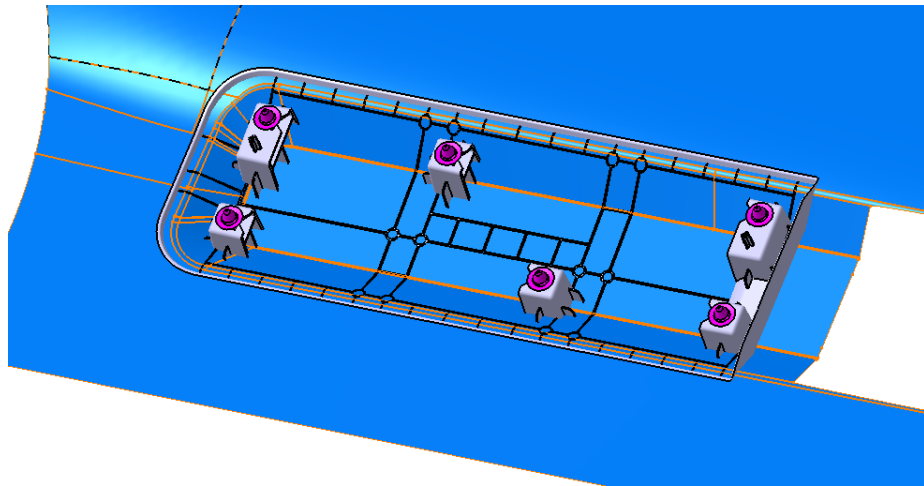


Imagen 3.80. Límites de la estructura de nervios.

En la arista de unión de estas dos superficies, se ha implementado un *edgfillet* de radio 10mm, de manera que la estructura de nervios del embellecedor estará limitada en la parte superior, por una superficie continua en tangencia y no mostrará bordes o aristas (imagen 3.81).

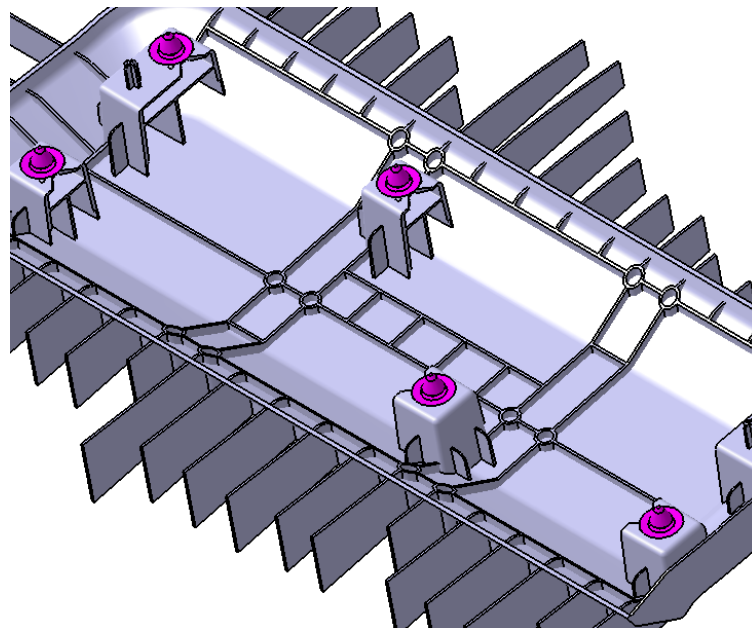


Imagen 3.81. Superficie superior de la estructura de nervios.

Dado que este elemento de la pieza también debe poder desmoldearse, se le ha aplicado un ángulo de desmoldeo de 1 grado. Son elementos pequeños y podría aplicarse hasta un ángulo de desmoldeo de 0.5 grados (imagen 3.82).

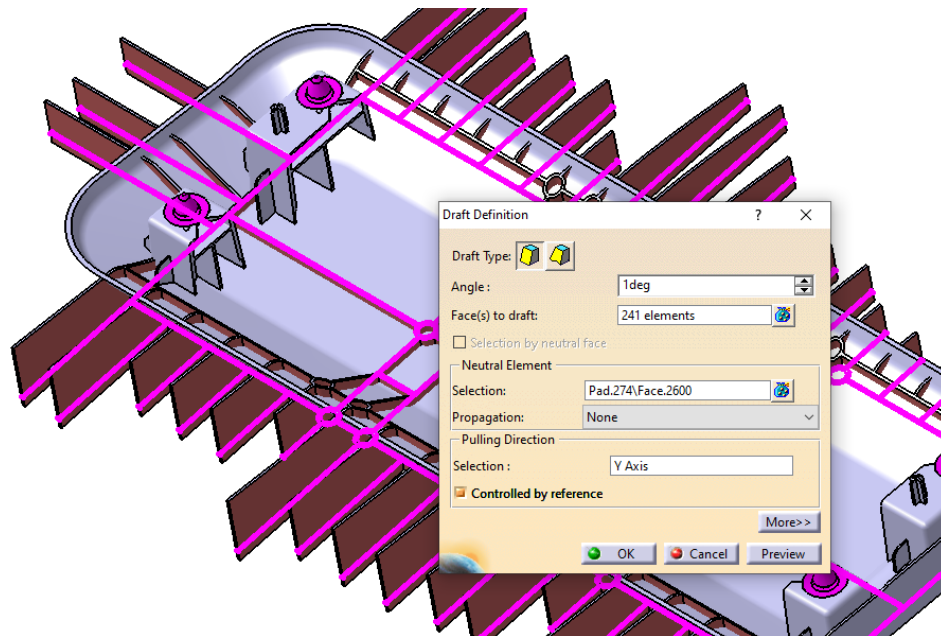


Imagen 3.82. Ángulo de desmoldeo de la estructura de nervios.

Posteriormente, se ha cortado la parte inferior de la estructura de nervios con la cara B del embellecedor y se ha añadido al volumen de la pieza mediante el comando *Union Trim* (imagen 3.83).

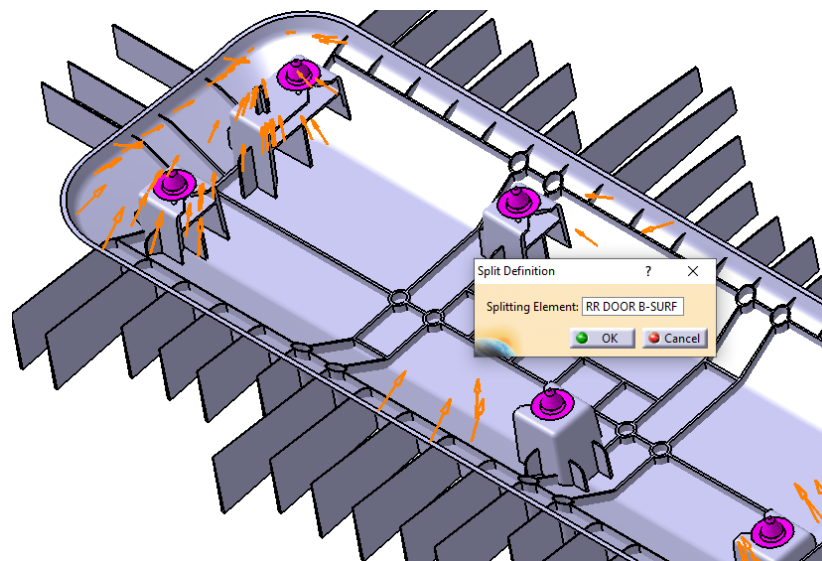


Imagen 3.83. Corte de la estructura de ribs por la superficie B.

El comando *Union Trim* es una operación booleana que permite añadir unos sólidos a otros seleccionando aquellas caras del sólido que no se desean añadir al volumen principal. Dado que algunos de los nervios pasan por el interior de los doghouses, estas caras van a ser seleccionadas para que sean eliminadas en el proceso de unión (imagen 3.84).

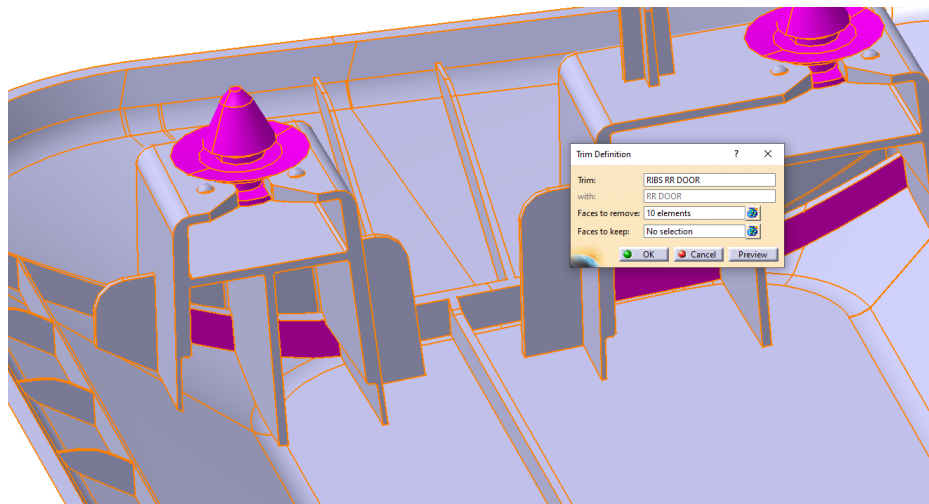


Imagen 3.84. Adhesión de la estructura de nervios mediante Union trim.

El resultado obtenido es el volumen del embellecedor con la estructura de nervios diseñada anteriormente. Dado que durante el proceso se ha ido aplicando ángulo de desmoldeo a todos sus elementos, se obtiene una pieza cuya factibilidad de fabricación está garantizada (imágenes 3.85 y 3.86).

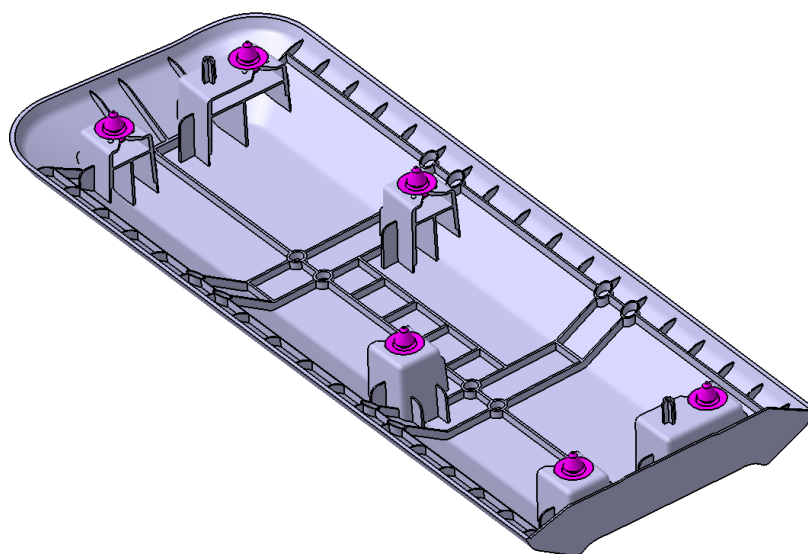


Imagen 3.85. Embellecedor trasero.

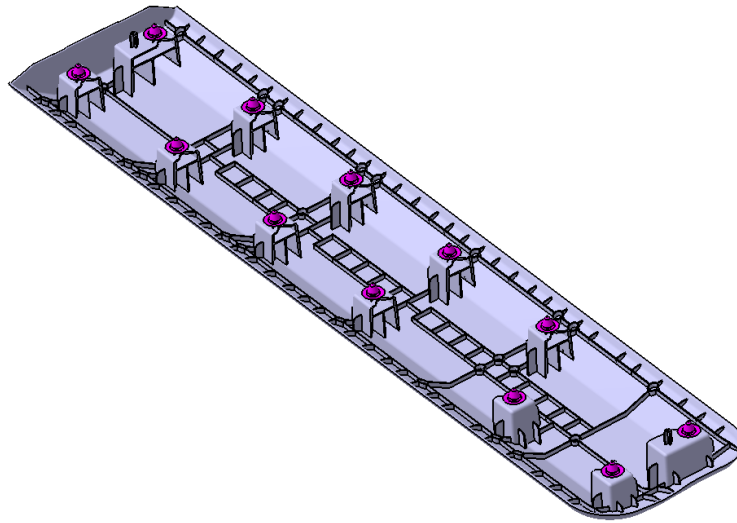


Imagen 3.86. Embellecedor delantero.

3.6 Visibilidad técnica

Un elemento que no se tuvo en cuenta durante el proceso de diseño es la visibilidad técnica. Generalmente, en el sector de la automoción, una pieza no recibe el visto bueno del director del departamento de diseño si no se ha confirmado que no hay visibilidad técnica. Esto significa que los elementos de la estructura de rigidez de la pieza o los elementos de fijación no pueden ser visibles desde el exterior del vehículo.

Una vez terminados los elementos de fijación y la estructura de nervios se percibió que en la sección del *mikiri* de los paneles de puerta se podía divisar la parte técnica (imagen 3.87).

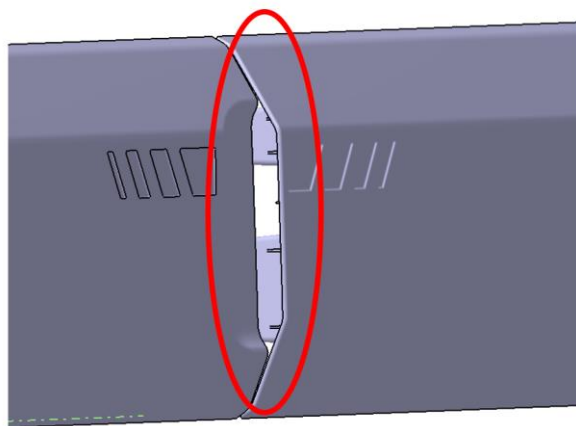


Imagen 3.87. Visibilidad técnica de los embellecedores.

Por ello, se ha procedido a cerrar ambas piezas con una pared, eliminando así la visibilidad técnica. Para crear esta pared se ha partido de la superficie limitada por el *mikiri* de puerta delantera y trasera. Esta superficie ha de tener ángulo de desmoldeo, por lo que se le aplicará un ángulo de 3 grados. Para poder trabajar mejor con esta superficie, se ha extendido con el comando *extrapol* o *extrapolar*, manteniendo su continuidad en curvatura (imagen 3.88). Con este comando es posible estirar y extender superficies.

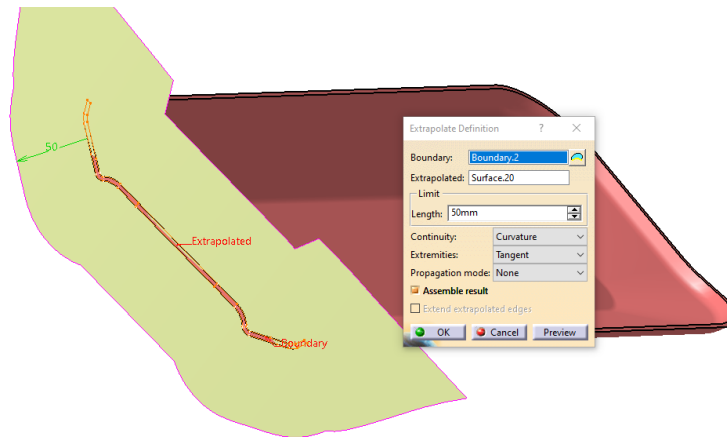


Imagen 3.88. Superficie extrapolada.

Posteriormente se ha intersectado esta superficie con el estilo de la carrocería. Con esta línea de intersección se ha trazado una paralela a 1.5 milímetros. De esta manera, la pared que eliminará la visibilidad técnica mantendrá 1.5mm con la carrocería. Se le aplica a esta línea el comando *curve smooth*, para eliminar puntos donde no se mantenga la tangencia o la curvatura (imagen 3.89).

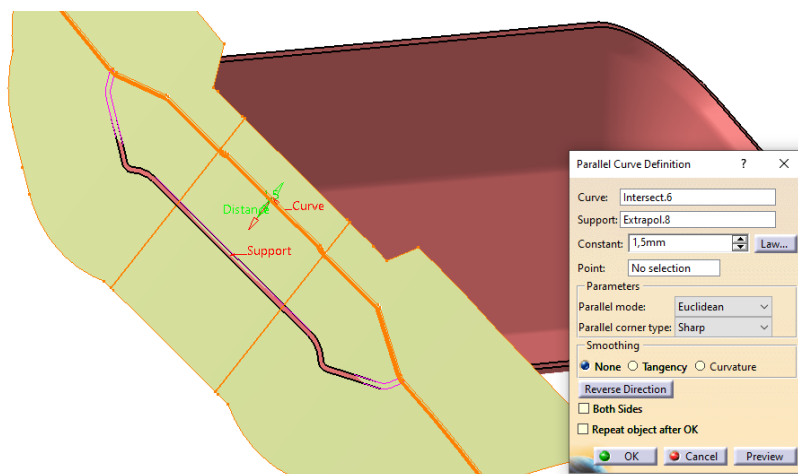


Imagen 3.89. Comando curve smooth.

A continuación, se realiza un barrido de esta línea con el comando *Extrude*, este barrido se hará en la dirección X, dirección longitudinal del embellecedor (imagen 3.90).

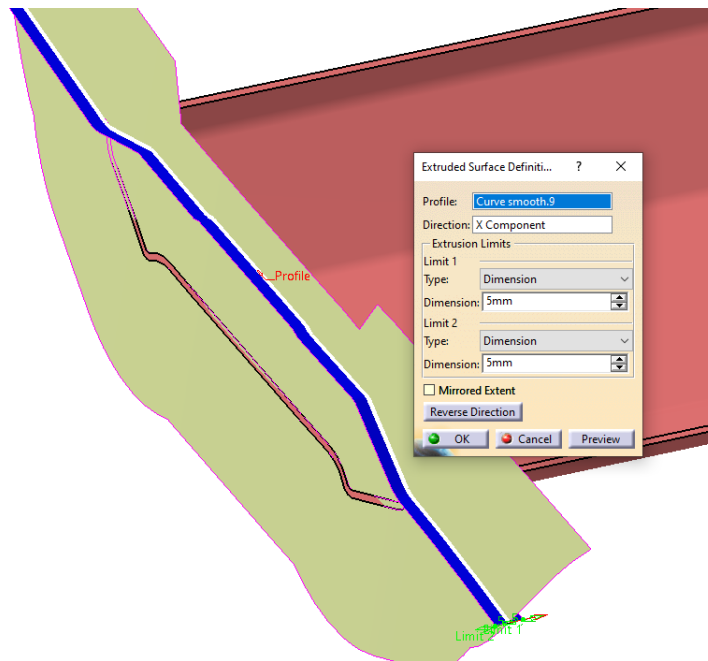


Imagen 3.90. Superficie creada mediante un barrido en dirección X.

No es deseable que esta pared tenga mucho espesor, su cometido es únicamente que no se pueda ver el interior de la pieza desde el exterior. Por ello, se ha planteado que en el borde superior tenga un espesor de 1.5mm. Este parámetro se determina con una línea paralela de la intersección del estilo de la carrocería contenida en el barrido realizado anteriormente. Con esta línea paralela se realiza un barrido utilizando el comando *Sweep*, con el que se puede aplicar un ángulo de desmoldeo de 3 grados (imagen 3.91).

Desarrollo de embellecedores de puerta de un vehículo comercial

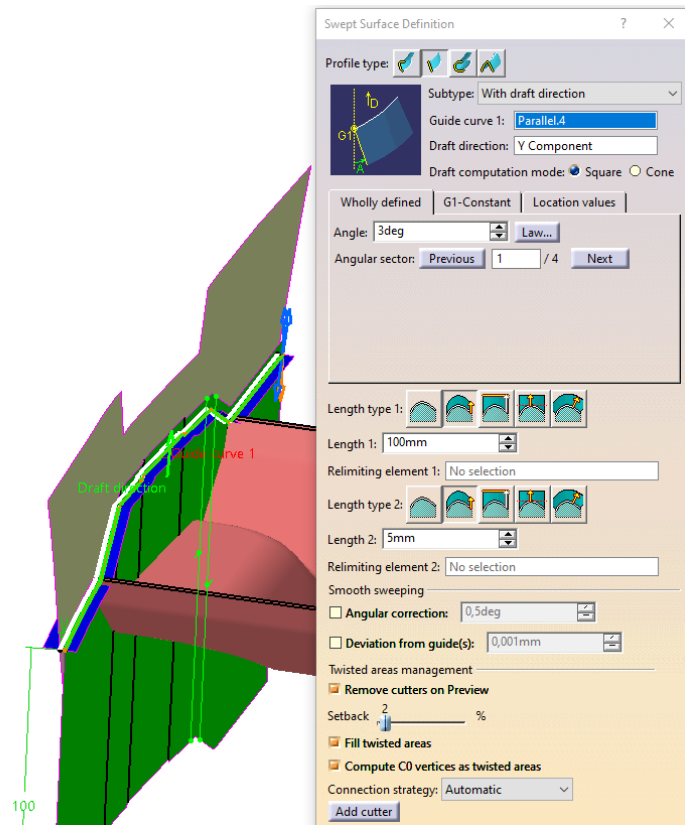


Imagen 3.91. Superficie con ángulo de desmoldeo mediante el comando sweep.

Con la superficie de partida, el barrido longitudinal, el barrido con ángulo de desmoldeo de 3 grados y la superficie B del embellecedor, se procede entonces a cerrar el volumen de la pared de visibilidad técnica. Para cerrar este volumen, se procede a unir las superficies mediante el comando *Trim* (imagen 3.92).

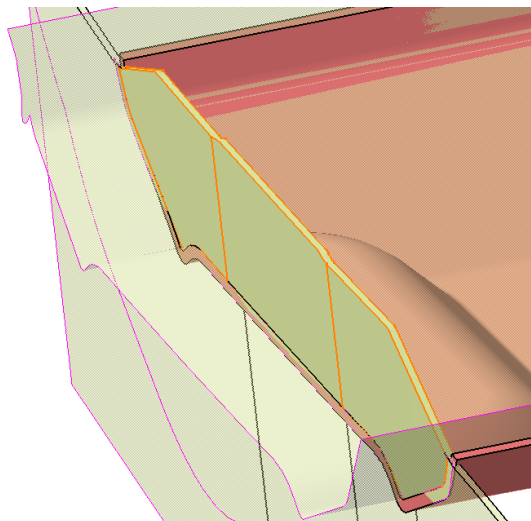


Imagen 3.92. Volumen cerrado de la pared de visibilidad técnica.

Dado que hay que añadirlo al embellecedor, hay que convertir esta superficie cerrada en sólido. Esto se realiza mediante el comando *Close Surface*, el cual crea sólidos a partir de volúmenes contenidos dentro de superficies cerradas (imagen 3.93).

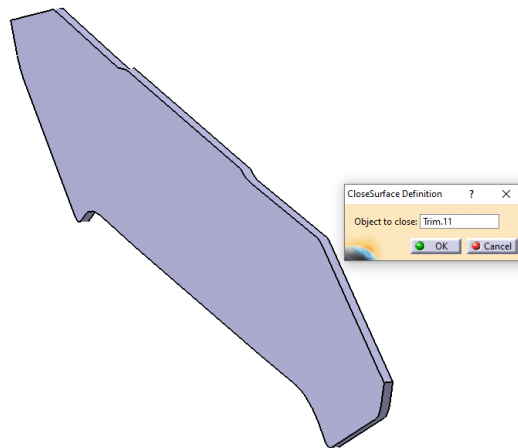


Imagen 3.93. Close Surface de la pared de visibilidad técnica.

Para unir este sólido al embellecedor se emplea la operación booleana *Assemble*, ensamblando así la pared de visibilidad técnica con el volumen principal del embellecedor (imagen 3.94).

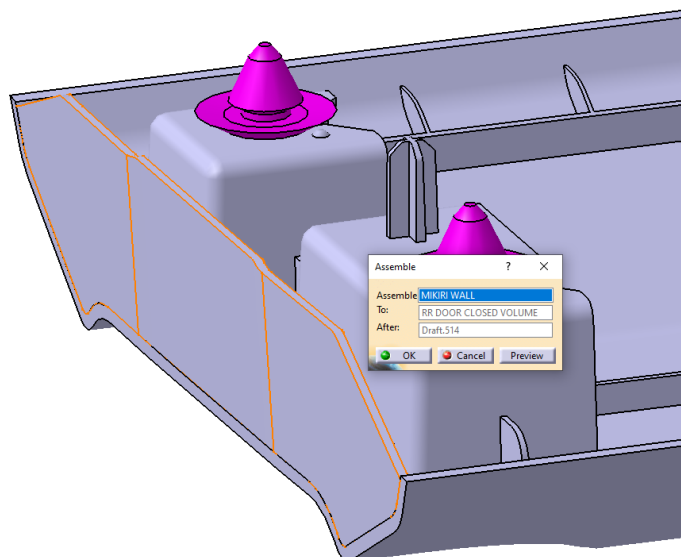


Imagen 3.94. Pared de visibilidad técnica ensamblada con el volumen principal.

3.7 Edgefillets

El paso siguiente en el diseño del embellecedor es eliminar aristas que el diseñador del molde no desee, dejando únicamente las parting lines (las líneas que separan la parte móvil de la parte fija del molde) de la pieza y de los *doghouses*. En el caso de elementos pequeños como los refuerzos de los *doghouses* o de la estructura de nervios, generalmente no se le aplican *Edgefillets*, a no ser que el moldista lo requiera.

A la arista frontal del embellecedor, se le ha aplicado un radio de 1.5 mm y a la arista interior de la pared de visibilidad técnica un radio de 1mm (imagen 3.95).

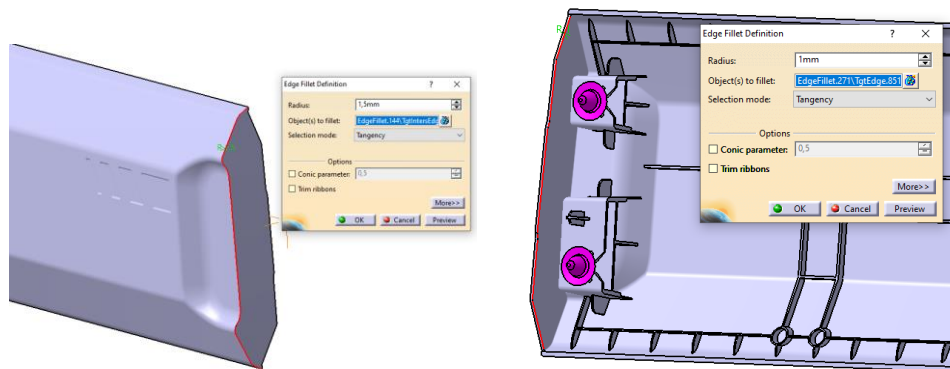


Imagen 3.95. Edge fillet las aristas de la pared de visibilidad técnica.

A la arista que recorre el contorno de la pieza por el interior, se le ha aplicado un radio de 1mm (imagen 3.96).

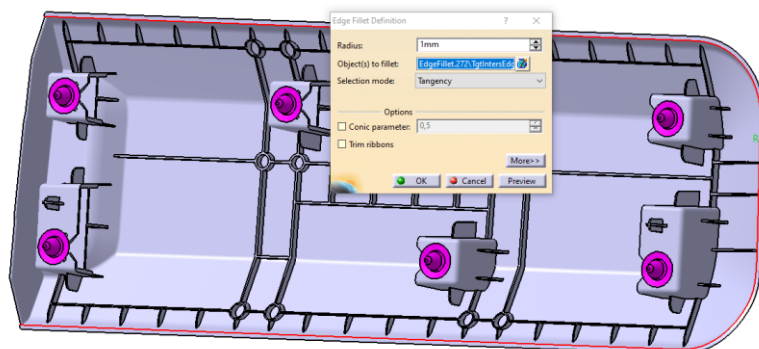


Imagen 3.96. Edge fillet de la arista interior.

En cuanto a los radios aplicados en los *doghouses*, se han realizado manteniendo un espesor constante. En la parte superior, el espesor del *doghouse* es de 2.5mm y que en la parte inferior es de 1-1.5mm, se ha

determinado un radio exterior de 3mm y un radio interior de 0.5mm (imágenes 3.97 y 3.98).

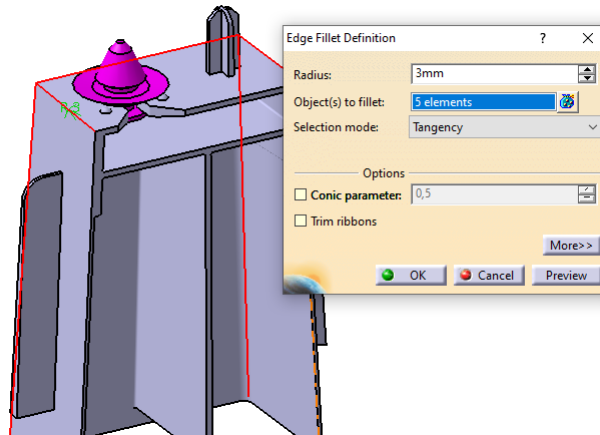


Imagen 3.97. Edge fillet de 3mm en el exterior del doghouse.

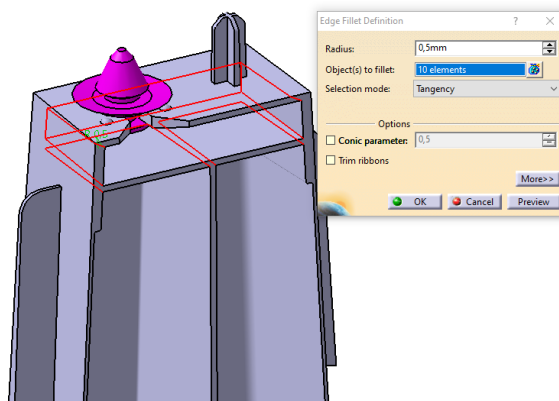


Imagen 3.98. Edge fillet de 0.5mm en el interior del doghouse.

3.8 Planteamiento de la *parting line*

Se procede entonces a definir las *parting lines*, líneas de partición o de separación entre el elemento fijo y el elemento móvil del molde de inyección. Se van a crear a partir de *Extracts* o extracciones de líneas (imagen 3.99). Con este comando, se obtiene una línea al seleccionar una arista de una superficie o volumen.

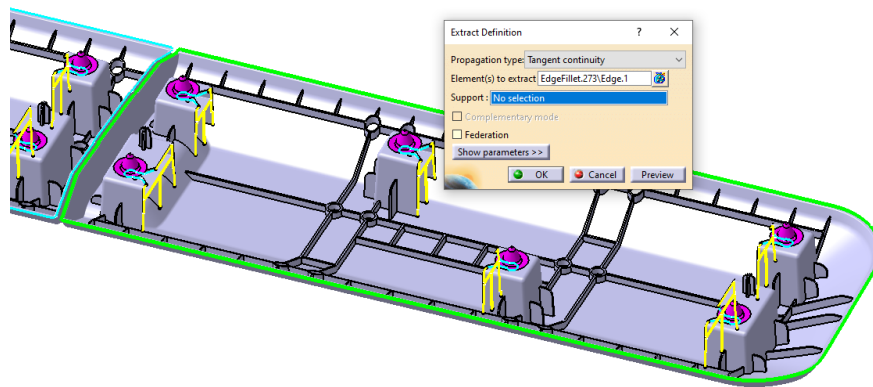


Imagen 3.99. Extracción de la parting line.

También se definirán las *parting lines* de los *doghouses*, es decir, la línea que indica el límite entre la parte del embellecedor que se desmoldea por molde o por corredera (imagen 3.100).

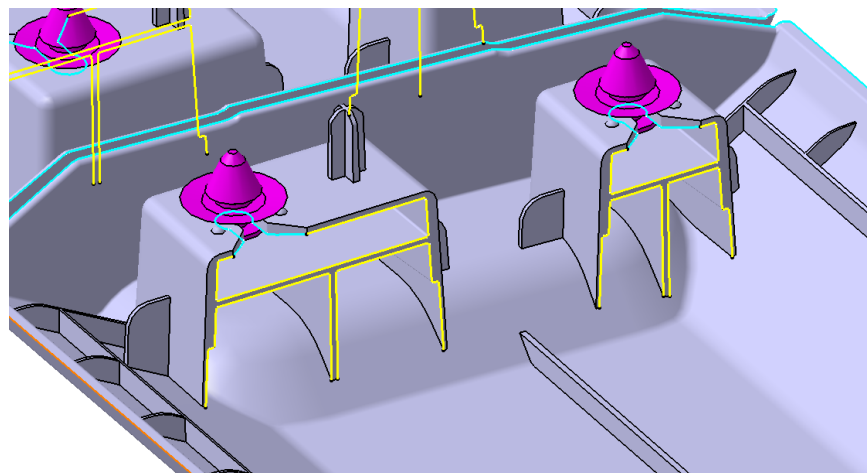


Imagen 3.100. Parting lines de las correderas.

Se han marcado en color azul las parting lines de los elementos que se desmoldean en la dirección de desmoldeo del molde y en amarillo las de los elementos desmoldeados por correderas (imagen 3.101).

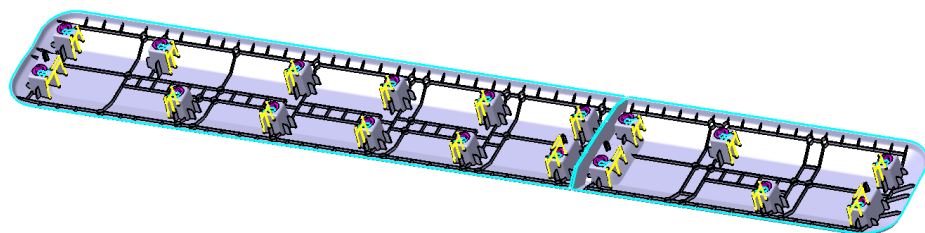


Imagen 3.101. Volumen del embellecedor con parting lines.

CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE LOS RESULTADOS

4.1 Análisis del recorrido de correderas y molde de inyección

El recorrido de las correderas es determinado por la altura del *doghouse* más desfavorable (el que tiene mayor longitud en la dirección de desmoldeo y mayor profundidad) según la ecuación mencionada con anterioridad (ecuación 4.1).

$$\text{Barrido} = D + C + 5$$

$$D = E \cdot \text{tg}(\beta)$$

Ecuación 4.1

Una vez determinado el valor del barrido de corredera más desfavorable (46.6 milímetros), se descubrió que la distribución de los *doghouses* daría lugar a interferencias entre correderas, en un principio se planteó un desmoldeo de correderas como el que se puede apreciar en la imagen 4.1:

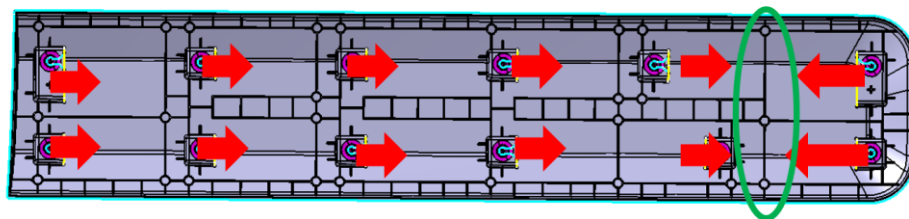


Imagen 4.1. Distribución inicial de fijaciones.

Por ello, para solucionar esta incidencia, se desplazaron dos de los *doghouses* y se cambió el sentido del desmoldeo de uno de ellos (imagen 4.2 y 4.3). De esta manera, todas las correderas se pueden desmoldear correctamente y se garantiza la correcta fijación de la pieza a la carrocería al mantener la distancia entre grapas que se mencionó anteriormente.

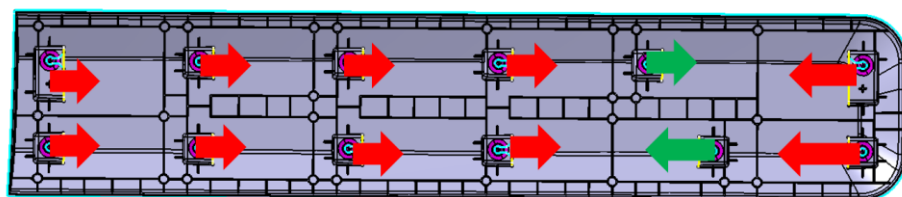


Imagen 4.2. Sentido modificado de las correderas.

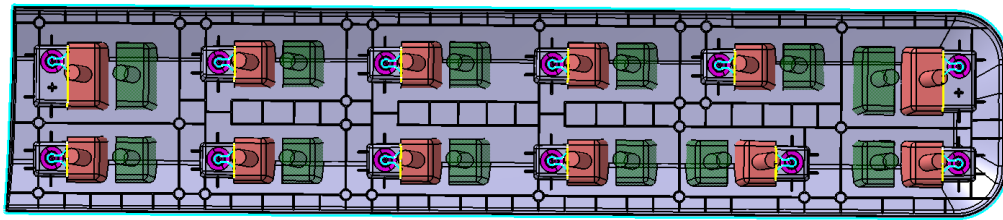


Imagen 4.3. Distribución final de las fijaciones.

Esta distribución de *doghouses* se ha llevado a cabo tanto en el embellecedor delantero como en el trasero (imágenes 4.4 y 4.5). También se ha planteado un desmoldeo de las correderas similar, ya que con el concepto inicial se observaban interferencias entre correderas.

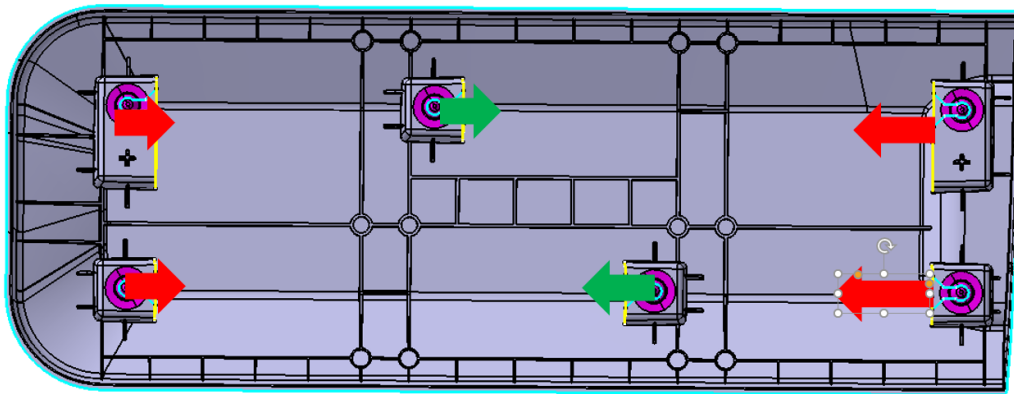


Imagen 4.4. Sentido de las correderas en el embellecedor trasero.

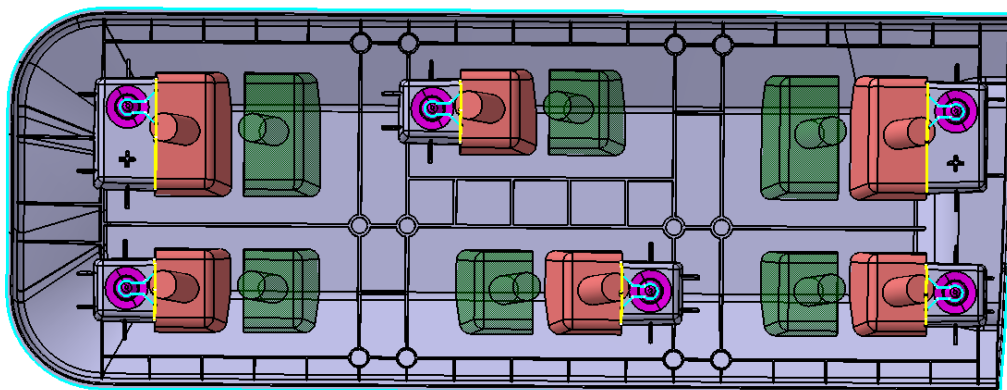


Imagen 4.5. Distribución de las fijaciones en el embellecedor trasero.

Para calcular el desplazamiento del molde hay que calcular la longitud de la pieza en dirección de desmoldeo y se añade una distancia que puede estar entre 30 y 50 milímetros. Esta distancia se añade para facilitar la extracción de la pieza. Cuanto mayor sea la apertura del molde, más fácil será

extraer las piezas terminadas, pero más caro será el molde por aumentar su tamaño. Es, pero ello que se va a establecer esta distancia como 30 milímetros.

Para calcular el tamaño de la pieza en la dirección de desmoldeo (Y), se ha empleado el comando *Extremum*, este comando muestra cómo crear elementos extremos (en puntos, líneas o superficies), es decir, elementos a la distancia mínima o máxima en una línea o una superficie, de acuerdo con una dirección determinada (imagen 4.6).

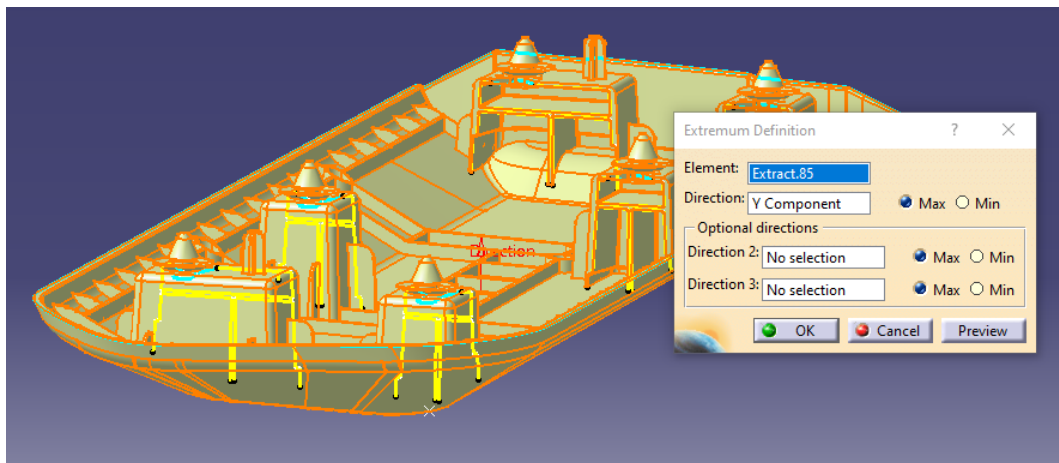


Imagen 4.6. Definición de los extremos de la pieza en sentido Y.

Utilizando este comando, se han creado dos puntos. Un máximo y un mínimo en la dirección de desmoldeo. Midiendo la distancia entre estos dos puntos en esa dirección se conseguirá el tamaño de la pieza en la dirección de desmoldeo (imágenes 4.7 y 4.8).

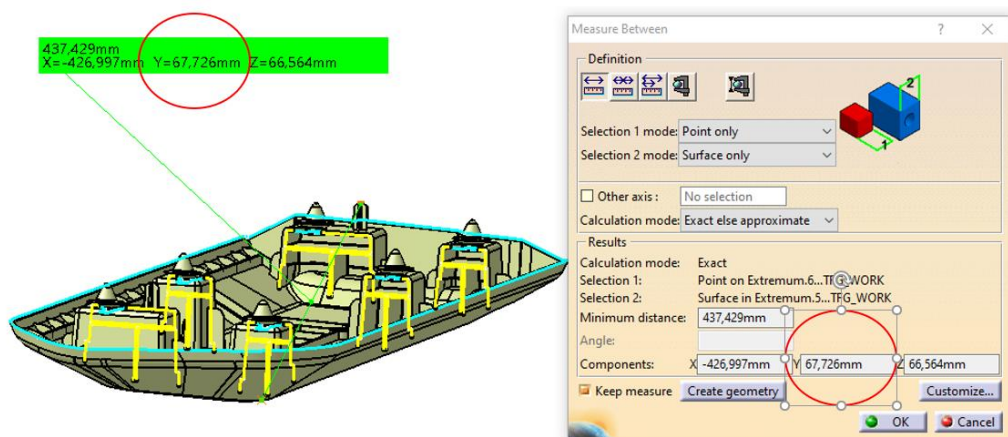


Imagen 4.7. Dimensiones del embellecedor trasero en sentido Y.

Desarrollo de embellecedores de puerta de un vehículo comercial

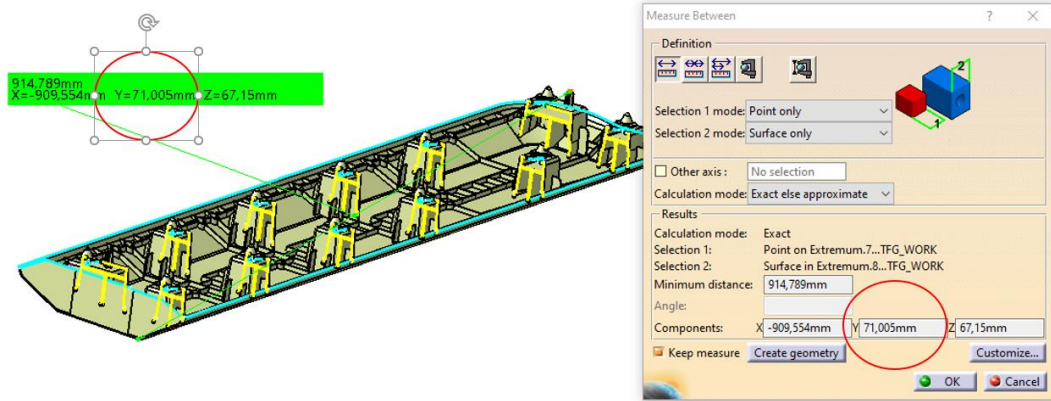


Imagen 4.8. Dimensiones del embellecedor trasero en sentido Y.

Se determina, entonces, que el tamaño del embellecedor delantero y el embellecedor trasero es de 71 milímetros y 67.73 milímetros respectivamente. Por lo tanto, utilizando la ecuación comentada anteriormente (ecuación 4.2), se podrá determinar el barrido del molde de inyección.

$$\text{Barrido del molde} = \text{Longitud Pieza en Draft} + 30\text{mm}$$

$$\text{Barrido molde embellecedor delantero} = 71 + 30 = 101 \text{ milímetros}$$

$$\text{Barrido molde embellecedor trasero} = 67.73 + 30 = 107.73 \text{ milímetros}$$

Ecuación 2.2

4.2 Draft análisis de pieza y correderas

El comando *Draft Analysis* (imagen 4.9) muestra cómo analizar el ángulo de desmoldeo en una superficie, permite detectar si los elementos diseñados se desmoldean fácilmente en una dirección de desmoldeo determinada.

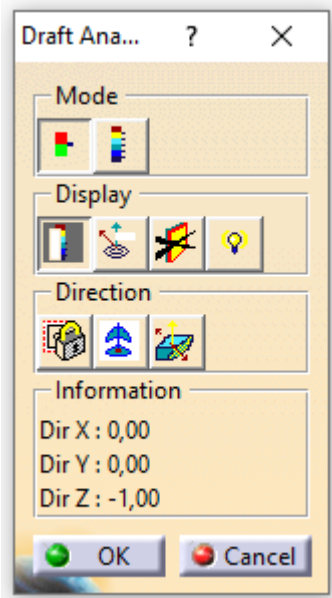


Imagen 4.9. Menú draft análisis.

Este tipo de análisis se realiza en base a rangos de color que identifican zonas en el elemento analizado la desviación de la dirección de desmoldeo en cada punto de su superficie (imagen 4.10). Este rango de valores se puede modificar en el menú del comando una vez desplegado. Los valores determinados por defecto pueden ser modificados haciendo clic en su flecha correspondiente o ingresando un valor directamente en el campo.

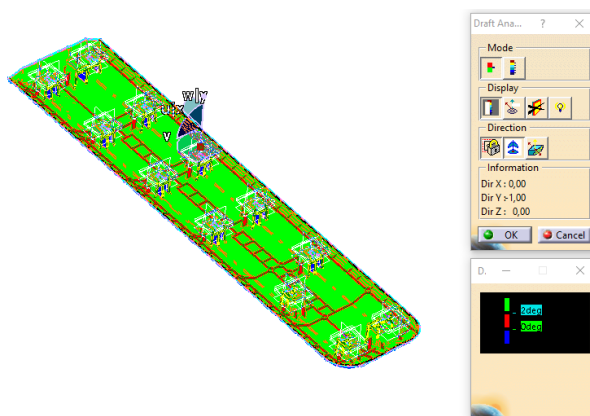


Imagen 4.10. Visualización del draft análisis.

Para ejecutar el *draft análisis*, primero hay que cambiar el modo de visualización al de materiales (imagen 4.11). Posteriormente, se coloca el compás o *compass* en la línea que indica la dirección de desmoldeo. Se ha de colocar el eje vertical (Z) de tal manera que coincida con este eje (imagen 4.12).

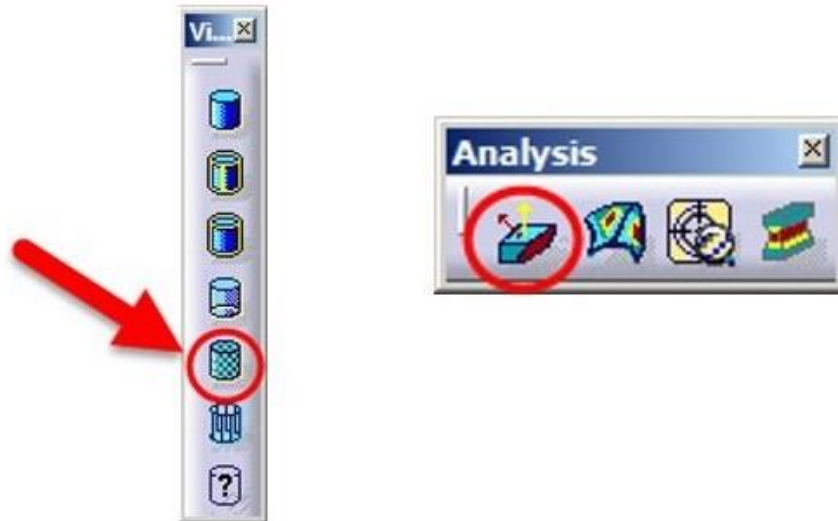


Imagen 4.11. Modo de visualización de materiales e icono del draft análisis.

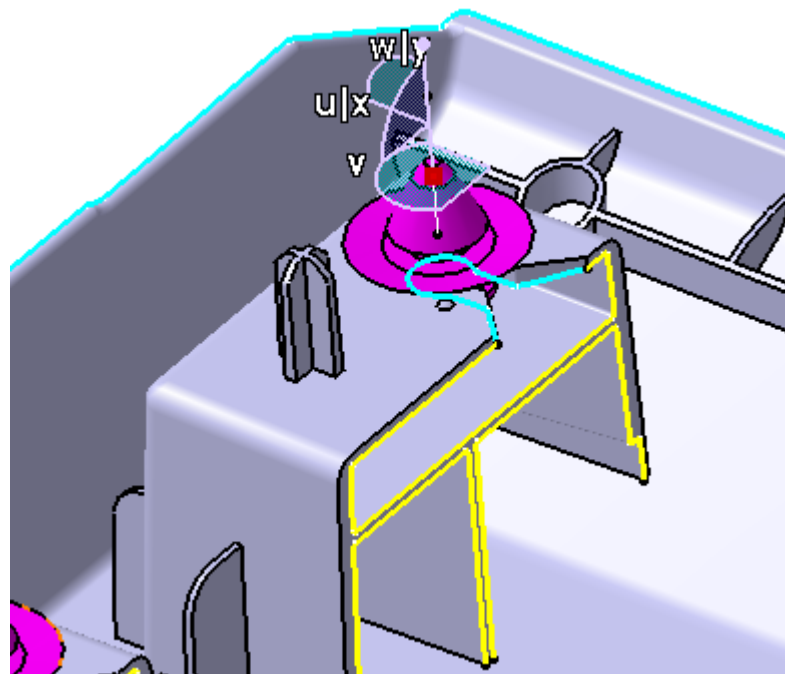


Imagen 4.12. Posicionamiento del compass en el eje de desmoldeo.

Posteriormente, se activa en el menú del *draft direction* la opción para que el compás defina la dirección de desmoldeo o *draft direction* (imagen 4.13).

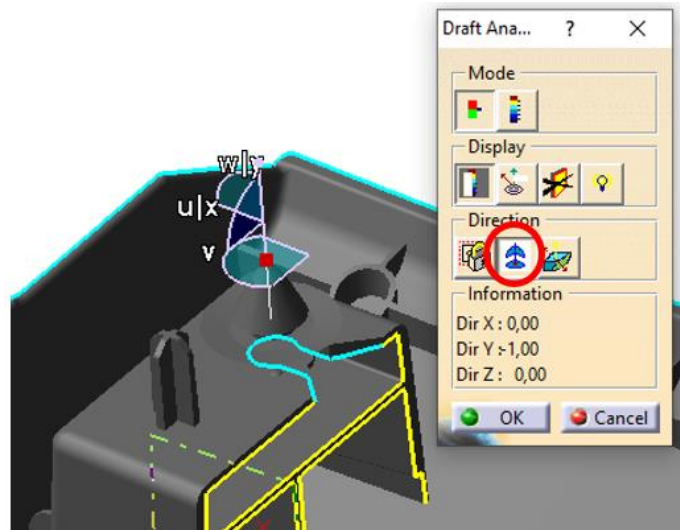


Imagen 4.13. Definición de dirección de desmoldeo mediante el compás.

A continuación, se marca el rango de valores del análisis. Se ha tomado el color amarillo para aquellas superficies que tengan 1 grado de desmoldeo. Se tomó ese ángulo de desmoldeo para elementos pequeños, como la estructura de nervios que, al tener poca profundidad en el molde, pueden desmoldearse a partir de 0.5 grados de desmoldeo (imagen 4.14).

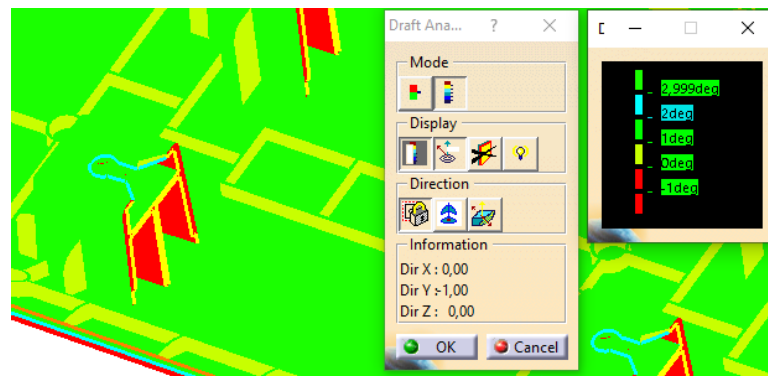


Imagen 4.14. Elementos con 1 grado de desmoldeo.

Para los elementos como los *doghouses* o las paredes de visibilidad técnica se ha empleado un ángulo de desmoldeo de 3 grados. Generalmente, se aplica un grado de desmoldeo por cada pulgada de profundidad, por lo que estos elementos se desmoldean a 3 grados sin incidencias. Se puede apreciar en la imagen 4.15, los 3 grados de desmoldeo de la pared de visibilidad técnica

y en verde las superficies exteriores del *doghouse*, donde el color verde indica todas aquellas superficies que tienen 3 o más grados de desmoldeo.

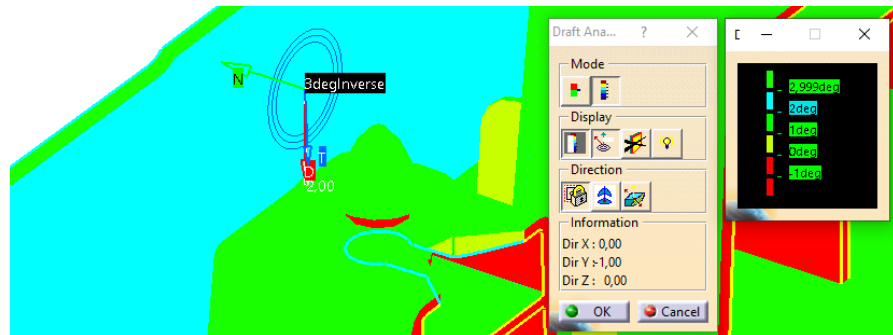


Imagen 4.15. Elementos con 3 grados de desmoldeo.

Se puede apreciar en línea azul, cómo la parting line o línea de partición, separa las zonas de desmoldeo de la pieza, la parte de la cavidad (imagen 4.16) y la parte de la matriz (imagen 4.17). La parte de la cavidad es la que desmoldea la cara A del embellecedor, y la parte de la matriz desmoldea la cara B, los *doghouses*, estructura de nervios, etc.

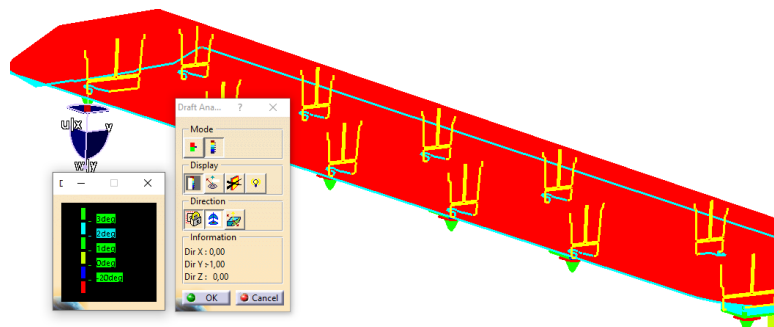


Imagen 4.16. Desmoldeo de la cavidad del molde.

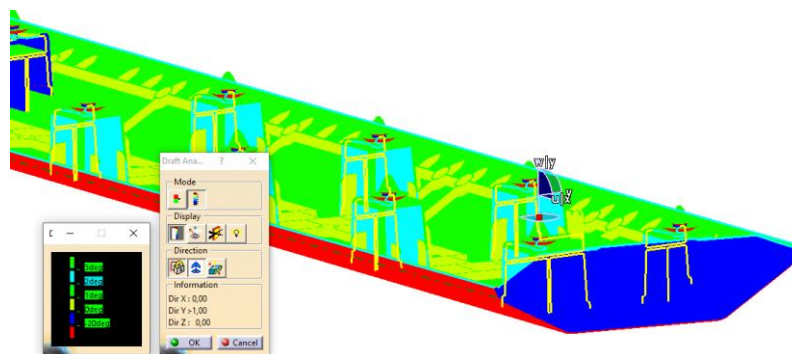


Imagen 4.17. Desmoldeo de la matriz del molde.

Para comprobar el desmoldeo de los *doghouses*, se procede a realizar un draft análisis colocando el *compass* en la dirección de desmoldeo del *doghouse* (imagen 4.18) y se ejecuta el comando tal y como se realizó en el paso anterior.

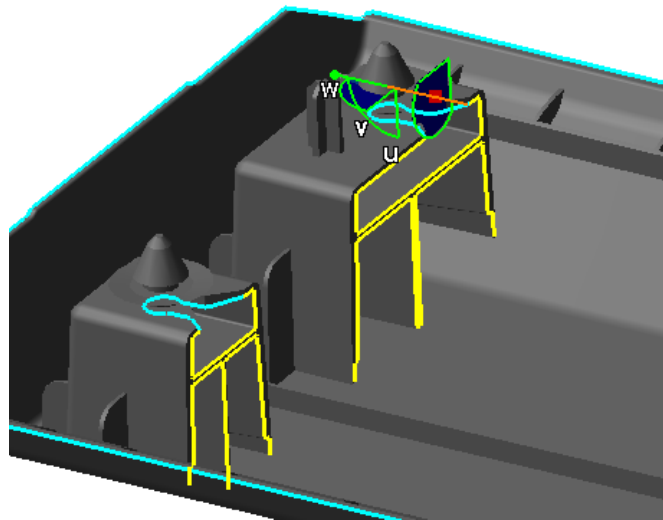


Imagen 4.18. Compass posicionado para el análisis de los *doghouses*.

Las superficies interiores del *doghouse* se modelaron con un ángulo de desmoldeo de al menos 0.5 grados de desmoldeo. Para ejecutar el análisis, se ha utilizado el siguiente código de colores (imagen 4.19):

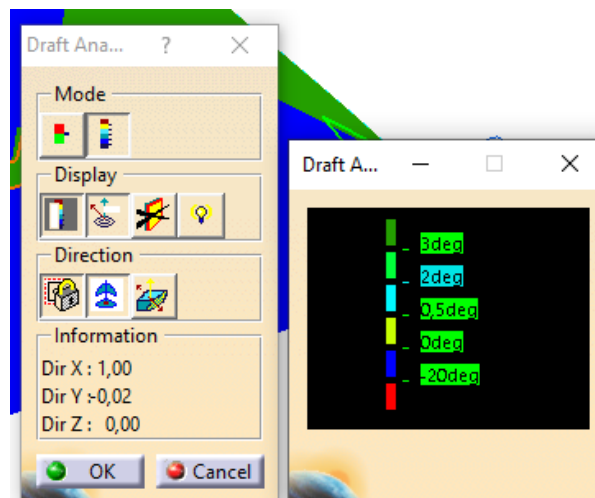


Imagen 4.19. Colores para el análisis de los *doghouses*.

Con estos rangos de colores, se consigue indicar que aquellas superficies marcadas en verde oscuro tienen un ángulo de desmoldeo de 3 grados o más. Aquellas superficies en verde claro tendrán entre 2 y 3 grados de desmoldeo y las superficies en azul claro, 0.5 grados de desmoldeo. Si existieran superficies en 0 grados de desmoldeo, o en negativo, aparecerían en amarillo o azul oscuro (imágenes 4.20 y 4.21).

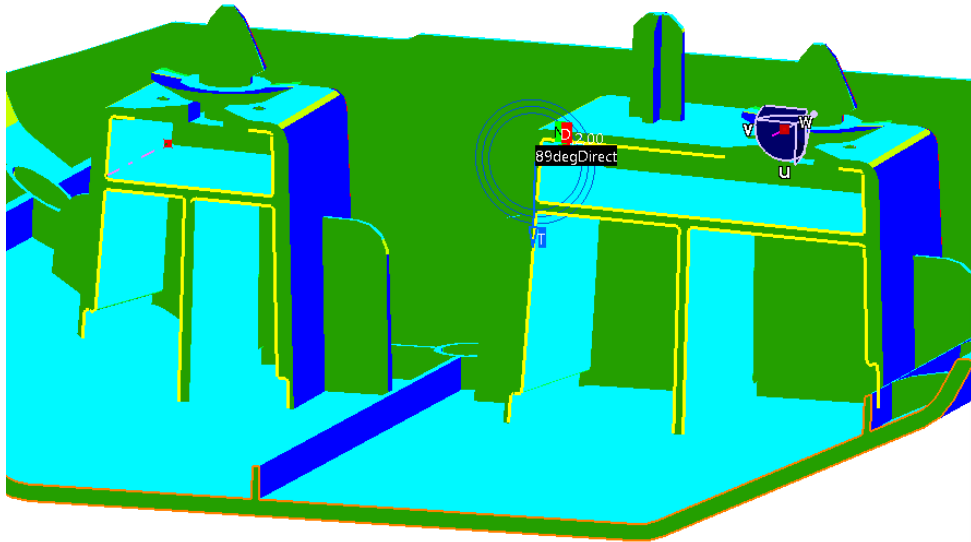


Imagen 4.20. Exterior. Draft análisis de los doghouses.

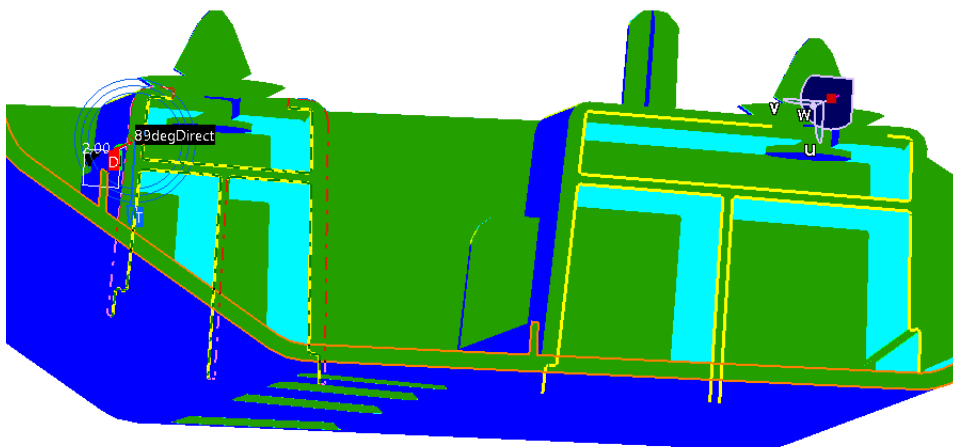


Imagen 4.21. Interior. Draft análisis de los doghouses.

Como se ha mencionado anteriormente, la línea en amarillo es la parting line de la corredera. Esta línea separa aquella parte de la pieza que se desmoldea por slider o corredera de la parte de la pieza que se desmoldea en dirección de desmoldeo. Por ejemplo, el hueco en el que se coloca el clip o grapa se desmoldea en dirección de desmoldeo del molde, por eso se ha indicado el desmoldeo de esta superficie marcándolo con una parting line azul (imagen 4.22).

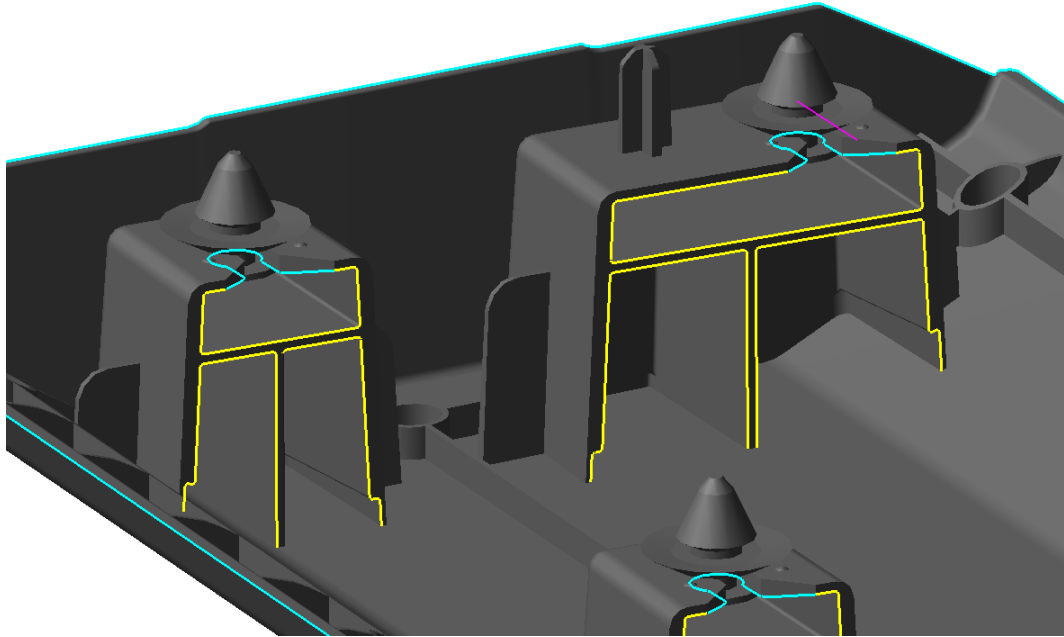


Imagen 4.22. Parting lines.

CAPÍTULO 5. ESTUDIO ECONÓMICO

Se estima un coste económico del proyecto en 13127 euros, desglosado del siguiente modo:

- En referencia al equipo necesario para la realización del proyecto, ordenador e impresora, se han considerado unos gastos de amortización de 250€.
 - La Licencia de CATIA V5 – 6R2020 (1), según la web de Dassault Systèmes, asciende a una suma de 2057€
 - En cuanto al alquiler del lugar de trabajo (2) se han estimado 1050€
 - Conexión a internet (3) : 120€
 - Material fungible de oficina : 50€
 - Mano de obra por el tiempo del empleado (4) : 9600€

 - **Total : 13127€**
-
- (1) Según la web de CATIA V5, el alquiler trimestral es de aproximadamente 1700 € + IVA.
 - $1700€ + IVA = 2057€$
 -
 - (2) Se han consultado varios portales inmobiliarios. Se estima un precio mensual medio de 350 € mensuales por el alquiler de una oficina en la zona de Valladolid.

 - (3) Según la consulta del precio de varias compañías del mercado se estima un precio medio de 40€ mensuales
$$40€/mes \cdot 3 \text{ meses} = 120€$$

 - (4) $3 \text{ meses} \cdot 20 \text{ días laborables/mes} \cdot 8h/día = 480 \text{ horas}$
$$480 \text{ horas} \cdot 20€/hora = 9600€$$

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Para finalizar, este trabajo de fin de grado se ha llevado a cabo tal y como se realizaría a nivel industrial, siguiendo el modelo de trabajo y la experiencia laboral adquirida en OEMs como Toyota Motor Europe, PSA o Renault. Este modelo se emplea en el diseño de piezas de plástico y sigue unos requerimientos del diseño de moldes similares a los adquiridos durante la realización de proyectos en el sector de la automoción con proveedores como Simoldes. Se ha pasado por cada punto necesario para reproducir una pieza fabricada por moldeo de inyección.

Se ha partido de unas superficies 3D de un vehículo genérico, se ha diseñado el contorno y las superficies de estilo del embellecedor objeto de diseño. Se han desarrollado también las superficies de la carrocería y los puntos de fijación del embellecedor a la misma. Se ha establecido el gap o hueco entre piezas y el contorno del embellecedor

Posteriormente, se ha desarrollado el embellecedor a nivel técnico, desarrollando las fijaciones a la carrocería mediante *doghouses* y *grapas*. Se ha creado un patrón de nervios garantizar la rigidez de la pieza. También se han creado elementos para eliminar la visibilidad técnica de la pieza desde el exterior del vehículo una vez ensamblada. Se ha garantizado la factibilidad de la pieza mediante desmoldeo en un molde de inyección, calculando el barrido de las sliders o correderas y el barrido total del molde. Se han trazado las *parting lines*, indicando qué superficies de la pieza están en contacto con la matriz o la cavidad del molde.

En referencia al plano económico del proyecto, se ha estimado un presupuesto y una viabilidad de la realización de esta pieza, estimando que en términos económicos sería una buena propuesta a llevar a cabo. En el sector de la automoción, dado el flujo de dinero que se genera y la alta cantidad de piezas que se fabrican, el resultado sería satisfactorio.

Como conclusión, el desarrollo del embellecedor de puerta de un vehículo comercial es viable y puede servir como ejemplo futuro para la realización de una pieza fabricada en un molde de inyección, mostrando puntos para tener en cuenta en el diseño de la pieza y del molde.

REFERENCIAS

WEBS

- Material ABS:

<https://blog.reparacion-vehiculos.es/plastico-abs-resistente-ligero-moldeable>

- Blog sobre herramientas de Catia:

http://catiadoc.free.fr/online/smdug_C2/smdugbt0401.htm

- Estampado:

<https://www.ecured.cu/Estampado>

- Benchmark:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Benchmarking#:~:text=El%20benchmarking%20consiste%20en%20tomar,buenas%20pr%C3%A1cticas%20y%20su%20aplicaci%C3%B3n.>

- Sección:

[https://es.wikipedia.org/wiki/Secci%C3%B3n_\(geometr%C3%ADa\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Secci%C3%B3n_(geometr%C3%ADa))

- Datum:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Datum>

- Moldeo por inyección:

<https://www.keyence.com.mx/ss/products/measure-sys/machining/injection-molding/about.jsp>

- 6 Ways to Achieve Undercut Success in Molded Parts:

<https://www.protolabs.com/resources/design-tips/6-ways-to-achieve-undercut-success-in-molded-parts/>

- Undercuts in plastic injection molding:

<https://www.injectionmould.org/2019/04/19/undercuts/>

- Efecto Doppler:

https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Doppler

- Grados de Libertad:

https://es.wikipedia.org/wiki/Seis_grados_de_libertad

- Grados de libertad en los marcos de referencia Datum:

<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/category/ingenieria/metrologia/gdt/#:~:text=Todas%20las%20partes%20tienen%20seis,X%2C%20Y%2C%20y%20Z>

- Marcas de agua (sink mark):

<https://www.miconmould.com/mould-problems-solution/plastic-mould-defects-sink-marks-10.html>

VIDEOS

- Slider and lifter mold:

https://www.youtube.com/watch?v=6dhGiW4I_Ho

- Lifter Design:

<https://www.youtube.com/watch?v=bHfoiBjXMio>

- Undercut Release System:

https://www.youtube.com/watch?v=_7IMEA_jJ5s

- Lifter mold action:

<https://www.youtube.com/watch?v=Sm4rfHFAAn0>

- 17 kinds of injection mold:

<https://youtu.be/tQB5F3TOZFE>

- What is an Undercut?:

<https://www.youtube.com/watch?v=w-9CnOYsMIl>