

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
DEL DISEÑO

Grado en Ingeniería Mecánica



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Julio de 2019

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

**AUTOR:**

Luis Meneu Meseguer

**TUTOR:**

Rafael Torres Carot

# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objeto .....	2
1.2 Empresa: Faurecia.....	2
2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES.....	5
2.1 Historia del interior de automóvil.....	5
2.2 Entorno .....	9
2.3 Estudio de mercado actual – Concepto .....	10
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PLIEGO DE CONDICIONES .....	13
3.1. Condiciones generales .....	13
3.1.1 Parámetros básicos en el estudio de la producción .....	15
3.1.2 Plantas de producción de Faurecia Interior Systems incluidas en el estudio.....	17
3.2. Requisitos en el diseño y fabricación del producto .....	18
3.2.1. Materiales .....	19
3.2.2 Hojas de Ruta .....	21
4. MEMORIA.....	25
4.1 Segmento .....	25
4.2 Diseño de concepto del producto.....	26
4.3. Parámetros básicos en el estudio de la producción .....	27
4.3.1 Mercado.....	27
4.3.2 <i>Start of Production (SOP)</i> o Comienzo de la Producción .....	27
4.3.3 Lugar de entrega del producto .....	27
4.3.4 Región de la producción .....	28
4.3.5 Volumen de producción anual.....	28
4.3.6 Duración de la producción .....	28
4.4 Materiales .....	29
4.4.1 Termoplásticos.....	29
4.4.2 Otros materiales .....	29
4.5 Tecnologías .....	30
4.6 Diseño de la línea .....	34

4.7 Estudios logísticos .....	36
4.8 Costes variables .....	38
4.9 Costes fijos .....	41
4.10 Estudio de viabilidad económica .....	42
5. DISEÑO CONCEPTUAL .....	46
5.1 Selección entre los posibles diseños – Concepto de ingeniería en el diseño .....	46
6. CÁLCULOS.....	51
6.1 Metodología de cálculo.....	51
6.2 Cálculos logísticos .....	52
6.2.1 Transporte y empaquetado .....	53
6.2.2 Manipulación .....	57
6.3 Tecnologías y procesos .....	58
6.3.1 Elección de la máquina de soldadura. ....	58
6.3.2 Líneas flexibles .....	62
6.3.3 Lista de máquinas y utillajes para la producción .....	67
6.4 Cálculo de costes.....	73
6.4.1 Costes variables .....	73
6.4.2 Costes Fijos.....	86
6.5 <i>Business Plan</i> . Estudio de viabilidad económica .....	91
7. PLANOS .....	97
8. ANEXOS .....	98
8.1 Análisis de mercado: Segmentos. ....	99
8.2 Materiales .....	103
8.2.1 Termoplásticos.....	103
8.2.2 Fibras.....	107
8.2.3 Otros .....	109
8.3 Posibles procesos.....	112
8.4 Evaluación medioambiental.....	118
8.4.1 Formaldehído y Dióxido de Carbono. ....	118
8.4.2 Reciclaje .....	121
8.4.3 Calidad del aire en el interior del vehículo. <i>Vehicle Interior Air Quality (VIAQ)</i> .....	122
8.5 Aspectos económicos y del comercio internacional.....	123

8.5.1	Estudio de las regiones. Identificación de plantas de alto y bajo coste.....	123
8.5.2	Fluctuaciones en el precio del petróleo. Índice C3 del Polipropileno.....	125
8.5.3	Incoterms .....	126
8.6	Conceptos básicos de <i>Costing</i> .....	127
8.7	<i>Lean Manufacturing</i> . Los 7 desperdicios .....	131
8.8	Diseño de la distribución de las líneas .....	136
8.8.1	Líneas dedicadas .....	136
8.9	Calidad percibida.....	138
8.9.1	Calidad percibida en el producto final – Consideraciones en el proceso .....	139
9.	REFERENCIAS.....	143



# 1.INTRODUCCIÓN

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objeto

En este documento se seleccionará un conjunto determinado de procesos, especificaciones y tecnologías que pruebe la mejor viabilidad económica en cuanto a coste para la fabricación de reposabrazos e insertos, previo a su ensamblaje en un panel de puerta de interior de vehículo.

También se estudiará el mercado y las tecnologías con el fin de crear un diseño optimizado para la minimización de costes. El diseño se ideará de manera que sea lo suficientemente flexible como para satisfacer diversos procesos de fabricación para terminar escogiendo el óptimo entre dos procesos con un resultado final similar en cuanto al producto.

Para ello, compararemos diferentes tecnologías utilizadas por Faurecia Interior Systems (FIS en adelante), la división del Grupo Faurecia responsable de la producción de elementos de interior para su posterior venta a fabricantes de automóviles.

En este documento se realizará un estudio de cuál o cuáles tecnologías y procesos son los óptimos en cuanto a la fabricación de inserto y reposabrazos para un panel de puerta interior de un vehículo turismo estándar. Estamos hablando del reto de ofrecerlo de la forma más eficiente posible, que guarde la mejor relación con su coste de producción asociado.

El estudio quedará documentado de forma que no viole derechos de confidencialidad de Faurecia, ni libere información exacta de sus bases de datos. Los datos numéricos aportados como punto de partida, por tanto, serán orientativos y deliberadamente modificados. Los ratios, coeficientes o correlaciones utilizadas en la metodología para resultados intermedios o finales serán hipotéticos, de modo que no se podrán obtener trazando inversamente los cálculos.

## 1.2 Empresa: Faurecia

Faurecia es una empresa multinacional del sector de la automoción en la cual estará basada la actividad de producción de los elementos de interior que se han presentado como objeto de este estudio.

Además de su división de interiores, Faurecia se centra en otras dos actividades en su grupo de negocio: asientos y escapes.

Faurecia Interior Systems fabrica y desarrolla sistemas de interior al completo, comprendiendo los paneles de instrumentos, paneles de puerta, consolas centrales, superficies inteligentes e interfaces usuario-máquina intuitivas, así como soluciones para una gestión personalizada de confort térmico y calidad del

aire en el habitáculo. Faurecia Interiors se concentra particularmente en la integración optimizada de pantallas y *Smart surfaces* y en la arquitectura polivalente de la cabina del futuro.

Es también líder mundial en sistemas de interior, con una facturación cercana a los 5400 millones de euros anuales, con 81 plantas de producción en 24 países y 19 centros de desarrollo I+D+i.

## **2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES**

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 2. ANTECEDENTES Y MOTIVACIONES

En este apartado, observaremos el progreso del automóvil hasta lo que es ahora con el fin de entender qué elementos o tendencias han sido sobrepasadas, así como qué materiales se están utilizando como alternativa a cuáles.

También se tratará el porqué de la importancia del estudio minucioso de los costes y un pequeño estudio de mercado en el que poder enfocar el producto y segmentar el coste y calidad percibida para ofrecerlo a los diferentes tipos de usuarios.

### 2.1 Historia del interior de automóvil

En este apartado, echaremos una ojeada a la historia de los interiores de vehículos americanos de todo el siglo pasado hasta uno de los modelos más modernos e innovadores de esta década.

#### **Ford Model T. – 1909 -1923**

El Ford Model T fue diseñado en 1909 por Henry Ford como el primer automóvil con éxito en alcanzar un público masificado. Su velocidad máxima era de 35 millas por hora, unos 65 km/h, por lo que el velocímetro era un equipamiento opcional. Todos los modelos llevaban, sin embargo, un amperímetro situado en el centro del panel de instrumentos. La optimización de costes ya era un objetivo real y fue Henry Ford quien potenció la producción en cadena para el aprovechamiento máximo de la mano de obra para ofrecer un vehículo a un precio asequible.

#### **Maybach Zeppelin DS8 — 1932**

Unos años más adelante fue este Maybach el que consiguió una posición privilegiada. Era uno de los automóviles más lujosos, con madera y piel por todas partes, y con mayor número de detalles, lo que supuso unos mayores costes e incluso un peso de casi 3000 kg. Este vehículo ya superaba con creces la barrera de las 100 millas por hora, unos 160 km/h. La producción era reducida y esencialmente artesanal.

Pese al lujo, no existe la figura de reposabrazos en los coches hasta el momento, tal vez debido a que las carreteras por las que estos coches podían circular sin problemas estaban muy poco transitadas y no había excesivos problemas de espacio, por lo que tal vez las puertas quedaran relativamente lejos del ocupante al poder aumentar las dimensiones del habitáculo.

En este caso, unas correas de piel hacían el trabajo de las actuales asas, y el compartimento inferior no era más que un bolsillo de piel, que dejaba un panel plano.



Los listones de madera enteros y a la vista eran un signo distintivo hasta mediados de los 2000, presentes en algunos Lexus, Bentleys y Jaguars especialmente, para en el futuro pasar a ser paneles de diversos materiales cubiertos por telas, pieles artificiales o cuero real.

**Figura 2.** Interior de Maybach Zeppelin DS8. *Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>*

### **Chrysler Imperial – 1955**

En este coche destaca particularmente la cantidad de relojes e indicadores en el cuadro. Durante los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, el hecho de darle una estética que se asemejara a las cabinas de los bombarderos y otros vehículos militares fue una tendencia bastante extendida, y aún a día de hoy no es raro encontrar algunos vehículos europeos que intenten recordar a cazas modernos, con botones por encima de la cabeza, o disposiciones de botones copiadas de misiles de cazas, con una tapa que debe abrirse antes de pulsarlos para evitar accionarlos accidentalmente (en algunos Lamborghini). Otros ejemplos de este estilo y a un nivel más alcanzable por la clase media eran los SAAB, que podían apagar la mayor parte de las luces del cuadro excepto el velocímetro para mantener la vista centrada en la carretera en autopistas de noche, como si de un aterrizaje nocturno sobre un portaaviones en mitad del pacífico se tratase, e incluso lanzaron un prototipo cuya dirección se accionaba directamente mediante un stick que salía del panel de instrumentos.



**Figura 3.** Chrysler Imperial. *Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>*

### **Plymouth Fury — 1965**

Fue en los años 60 y 70 cuando se empezó a implementar la palanca de cambios de la transmisión automática en otro lugar aparte de la columna de la dirección. Como dato curioso, el papel del encendedor de cigarrillos comienza a extenderse a mano izquierda en el panel de instrumentos, época en la cual predominaba el consumo de tabaco en la cultura norteamericana. Podemos observar que estéticamente se había optado por unos indicadores rectangulares, en mayor sintonía con las líneas rectas de los vehículos americanos del momento, como el Ford *Mustang*, el Buick *LeSabre* o el Lincoln *Continental Mark*

IV. Los materiales eran sustancialmente pesados en comparación con los utilizados actualmente, con metales cromados y chapa pintada a juego con el color exterior, en el caso del panel de instrumentos.

También en esta época se adopta el sistema de airbag moderno, que había sido inventado unos años atrás, en 1953. La legislación exigió que todos los nuevos vehículos fueran equipados con cinturones de seguridad para el año 1968.



**Figura 4.** Plymouth Fury de 1965. Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>

### **Chevrolet Corvette — 1980**

Este vehículo es muy representativo de los interiores de la época.

Comienzan a aparecer pieles en colores menos convencionales o moquetas, telas y fieltros teñidos. También se dejan ver los primeros plásticos en interior de automoción, que marcarán una tendencia posteriormente, debido a su bajo desgaste y degradación con el paso de los años, ligereza y bajo coste.



**Figura 5.** Corvette de 1980. Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>

### **Oldsmobile Delta — 1993**

En este período comienza a verse el dominio del confort frente al estilo. Es cuando se extiende el velocímetro como prioridad en vehículos utilitarios, se populariza el aire acondicionado y los posavasos en el mercado norteamericano, al utilizarse el vehículo para ir al trabajo o para viajes largos de carretera más que nunca. Esto provoca una redistribución de los paneles de instrumentos al tener la necesidad de colocar los aireadores



**Figura 6.** Panel de instrumentos de un Oldsmobile Delta. Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>

### Saturn L300 – 2004

Este Saturn encapsula la era clásica de los 2000 con el cambio en la consola y una transición de las cintas de casete hacia los reproductores de CD. También se disponen los botones verticalmente, al contrario que en las generaciones anteriores, lo cual permite al conductor controlar los distintos aspectos y gadgets del vehículo sin recorrer la mirada por gran parte del panel.

Otra observación interesante es el tamaño del volante. A pesar de haber implementado la dirección asistida desde 1951, el volante pequeño comunica la facilidad y el poco esfuerzo requerido para el control de estos vehículos modernos. El interior es también ergonómico con presencia de posavasos y una tapa de guantera curva, para maximizar el espacio y atenuar los golpes de las rodillas de los ocupantes.



Figura 7. Interior del Saturn L300. Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>

### Tesla Model S — 2012

Hemos llegado al punto en el que compañías tecnológicas están tomando la aproximación de aplicar sus tecnologías de *Smartphones* a los coches. En el Tesla observamos un panel de instrumentos casi totalmente digitalizado con una pantalla de 17 pulgadas. Este coche tiene actualizaciones de software y aplicaciones renovadas regularmente, al igual que los *smartphones*. El salpicadero presenta una cantidad mínima de botones físicos, solo para las luces de emergencia y algunos controles básicos en el volante.

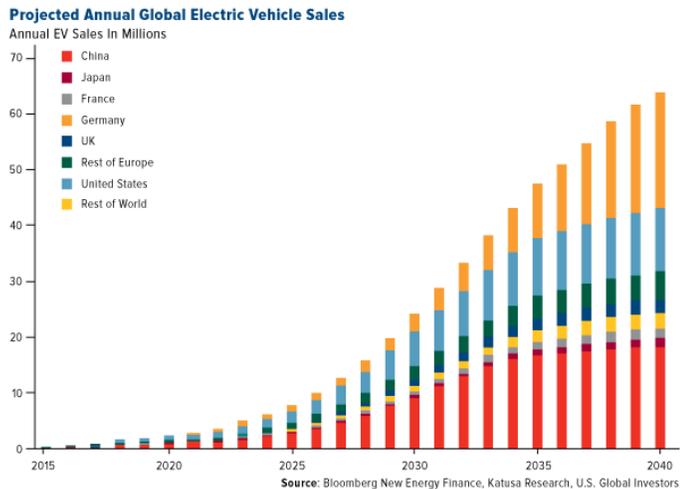
Una ventaja destacable de la interfaz digital es la adaptabilidad y oportunidades de personalización. Además, la flexibilidad del software supone que se realizan constantes iteraciones lideradas por el grupo de desarrollo de Tesla. Por consiguiente, incluso sus modelos más veteranos tendrán su software e interfaz de usuario a la última versión, al contrario de los coches con botones físicos.



Figura 8. Tesla Model S. Fuente: Medium Corporation<sup>4</sup>

## 2.2 Entorno

El sector del automóvil es uno de los sectores de mayor madurez y con un crecimiento insaciable. Solo en vehículos eléctricos, se prevé que la producción anual de vehículos de pasajeros aumente vertiginosamente alcanzando la cifra de 25 millones de unidades para 2030.



**Figura 9.** Gráfica de la evolución del vehículo eléctrico.

*Fuente: Greencarguide.co.uk<sup>5</sup>*

Si hablamos de las medidas anticontaminación llevadas a cabo por los países desarrollados, es evidente que el sector va a verse empujado hacia la producción de medios de transporte eléctricos, que acabarían por sustituir a los de combustión interna.

Esto que observamos, por tanto, es un cambio de motores de combustión a motores impulsados por alguna célula energética que proporcione electricidad y es por ello por lo que no tiene por qué representar un aumento del volumen de mercado.

Hay que tener en consideración, sin embargo, que actualmente estamos en una etapa de explotación a nivel global de las economías de cada nación. Los países emergentes van a jugar un papel muy importante en el sector del automóvil a medida que sus habitantes vayan aumentando su poder adquisitivo e invirtiéndolo en una de las herramientas indispensables en la sociedad moderna, el coche.

Todos los coches con un habitáculo cerrado, sea cual sea su motorización, necesitarán estar provistos de un interior que cumpla con las funciones que se demanden de la mejor manera, misión bajo la que se trabaja en Faurecia Interior Systems y tantos otros competidores.

El sector del automóvil, como es sabido por todos, es uno de los más agresivos de la economía del primer mundo. Parece ser que siempre hay alguna compañía dispuesta a arriesgar cientos o miles de millones de euros en el desarrollo y producción de nuevas y/o mejoradas formas de movilidad, sin realmente alcanzar siquiera a comprender mínimamente lo extremadamente difícil que resulta sobrevivir en este sector. Gigantes como SAAB, Rover o recientemente Lancia, que no han sabido adaptarse a las exigencias de los clientes ni tampoco sobrevivir ante la ferocidad de las campañas de sus competidores, son unas de las marcas que demuestran que tener un nombre y reputación en el sector no garantizan en absoluto la rentabilidad perpetua de sus inversiones.

Algo similar ocurre en el ámbito de los proveedores. Si bien no tienen por qué ceñirse a un único cliente y no dependen totalmente de la suerte que corra el mismo, se trata de efectos muy similares a los fabricantes de coches, independientemente de si estos efectos son o no positivos.

Es esta ferocidad la que hace que sea necesaria la inversión en I+D+i y la creación de centros como el de Faurecia Interior Systems en Paterna, donde se trabaja la innovación, el diseño y desarrollo de uno de los negocios más arriesgados y ajetreados del mercado.

La presión continua de mejora y diferenciación que sufren los fabricantes incide igualmente en los proveedores, que deben buscar maneras de ofrecer el mejor y más económico producto dentro de sus posibilidades. Este límite inferior de precios que separa “beneficio” de “pérdida” es lo que buscamos día tras día todos los compañeros del departamento y que dejaremos entrever a lo largo de este documento. Es un valor esencial para ejercer el trabajo comercial. Ningún buen comercial puede basarse simplemente en su experiencia para estimar un coste sobre el que aplicar unos márgenes variables para su venta, ya que éstos son tan ajustados en este sector que puede significar perder millones si no se hace con prudencia y conociendo todas las incógnitas involucradas.

## 2.3 Estudio de mercado actual – Concepto

En esta sección veremos diferentes paneles de puerta de algunos vehículos modernos característicos por sus diseños y soluciones adoptadas en función de los clientes objetivo a los que se dirigen.

En este aspecto, podemos constituir cuatro segmentos: *Entry*, *Base*, *Value* y *Premium*.

- *Entry*: Es el segmento más económico de los cuatro, donde el objetivo es cumplir las funciones necesarias y nada más. Se busca un diseño estéticamente compatible con acabados superficiales mate o granulados. En este caso, exclusivamente buscaremos que el Top Roll, sustrato, compartimento inferior e inserto y reposabrazos sean piezas únicamente inyectadas.
- *Base*: Este segmento no se diferencia demasiado del *Entry*, ya que, dentro de la variabilidad que decida aportar cada fabricante, suele coincidir con mejorar el tacto del inserto y reposabrazos, así como aportar alguna característica decorativa mínima.
- *Value*: Éste es un interior cuidado, con toques de estética más trabajados y mayor atención al detalle. Resulta habitual que se incluya varias piezas forradas, como el Top Roll y el inserto y reposabrazos, buscando una calidad percibida muy alta. Es obvio que, si estamos a falta de definir el término *Premium*, éste se diferencia del compromiso con el coste.
- *Premium*: Se trata de un nivel superior. Es común que todos los paneles estén forrados, sin excepción. En el caso de los últimos Land Rover Range Rover y Velar, por ejemplo, todos y cada uno de los paneles están acabados en aluminio cepillado, piel o piel artificial. El proceso de forrado

puede realizarse con máquinas de *Thermocovering* y *chuponas* (definidas en el apartado 9.3 Posibles procesos), pero en muchas de las piezas resulta imposible, por lo que debe hacerse con manos entrenadas que inviertan mucho tiempo en lo que casi se trata de un trabajo de artesanía.

### **3.ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PLIEGO DE CONDICIONES**

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

### 3. ÁMBITO DE APLICACIÓN Y PLIEGO DE CONDICIONES

#### 3.1. Condiciones generales

Para ir precisando las condiciones del estudio, es necesario abarcar estos puntos:

- Consumo de material (en masa):

Se trata de un criterio frecuente en la fabricación de todo cuanto nos rodea a día de hoy.

Concretamente, en el sector del transporte, la ligereza y abaratamiento del conjunto se busca especialmente en los últimos años debido a que los vehículos no han dejado de aumentar su peso y tamaño de manera indirecta para cubrir necesidades, regulaciones de seguridad y demandas de los clientes.

No se permitirá un peso superior a 900 gramos del ensamblaje que se producirá en este documento.

- Aislamiento acústico y térmico:

Uno de los problemas de menor coste aunque difíciles de resolver que aportan mayor sensación de calidad en los usuarios y críticos profesionales de coches (rodadura, aerodinámica, grillos por vibraciones en el habitáculo...)

Se asegurará un aislamiento térmico y acústico acorde a los estándares de calidad de Faurecia, que requiere la inclusión de elementos o procesos antivibración (soldadura por ultrasonidos o inclusión de fijaciones roscadas), además de otros materiales de aislamiento para el panel completo de puerta.

- Fiabilidad del proceso de fabricación:

Buscamos procesos que sean consistentes en cuanto a tiempos de ciclo, reduzcan la proporción de piezas de rechazo (*scraps*) y piezas necesitadas de retrabajo manual de los operarios, que sean aplicables en cualquier lugar del mundo por cualquier operario, eliminando variabilidad y unificando los productos acordes a los mismos estándares de calidad.

No se permitirá más de un 10% de piezas rechazadas en un único paso. Se buscará la manera de que el promedio de *scraps* en operación no supere el 6%. Tampoco se permitirá un *scrap* acumulado superior al 12%

- Costes logísticos:

El transporte, embalaje y manipulación en planta de las piezas que entran y salen de la fábrica constituye un coste que con frecuencia supera el 15% del coste final de producción.

Esto insta a producir In-house tanto como sea viable y evitar subcontrataciones a proveedores lejanos, organización de rutas y elección de vehículo de transporte más adecuado, evitar stocks de contingencia, *packaging expendable*...

No se aceptará un ciclo logístico que suponga más del 10% de los costes variables del producto. El *packaging* reutilizable no supondrá más de 300 K€ y su mantenimiento estará fijado al 1% anual del valor. Los detalles de las plantas se precisarán en el punto de 3.5.4.

- Costes en Mano de Obra Directa (MOD) y seguridad del personal:  
Diseños de línea simples, rápidos y estandarizados que descarten errores humanos, optimicen las manipulaciones de los operarios con flexibilidad a variaciones de volumen de producción y eviten lesiones o molestias físicas.

Se considerará una reducción del volumen hipotética para la línea de un 20% y las ineficiencias globales no podrán superar el 60%. Se deberá incluir una inflación anual basada en el país de producción año tras año.

- Condiciones de previsión de viabilidad económica:  
Estudiar el volumen de producción, vida útil, costes variables asociados e inversión inicial que justifique la compra de equipos industriales, considerando la rentabilidad del Activo.

Se deberá seguir la tabla de amortizaciones proporcionada a continuación. Se deberán aplicar inflaciones anuales de materiales y MOD y LTAs (*Long-Term Agreements*, acuerdos de larga duración con los proveedores y clientes) y otros procedimientos técnico-económicos que aporten rigor al análisis en función de los materiales y tecnologías que se vayan definiendo a lo largo del estudio.

Tipo de máquina	Tiempo de amortización
<b>Máquina de soldadura por ultrasonidos</b>	6 años
<b>Robot de soldadura por ultrasonidos</b>	6 años
<b>Máquina de inyección</b>	10 años
<b>Sistema de flameado</b>	6 años
<b>Cabina de aplicación de adhesivo</b>	6 años
<b>Estación de ensamblaje y Mesa de inspección final</b>	6 años
<b>Máquina de pintura</b>	10 años
<b>Máquina de NFPP – Creación de mantas prensables</b>	20 años
<b>Máquina de <i>One Shot</i></b>	10 años
<b>Máquina de <i>Thermocovering</i></b>	10 años
<b>Máquina de forrado por vacío y calor - <i>chupona</i></b>	6 años
<b>Utillajes de todas las máquinas</b>	Vida de la producción
<b><i>Packaging</i> reutilizable</b>	Vida de la producción

**Tabla 1.** Tabla de amortizaciones por máquina. *Fuente: Elaboración propia*

### 3.1.1 Parámetros básicos en el estudio de la producción

En este apartado detallaremos las variables y suposiciones tomadas a la hora de acotar el estudio. Como se trata de un producto no real necesitaremos aportar la mayor realidad posible mediante suposiciones realistas y viables en todos los sentidos, por lo que este proyecto contemplará variables reales utilizadas en el sector.

#### - Segmento:

Que una marca de alta gama invierta en un diseño totalmente novedoso es una posibilidad bastante remota. Éstas acostumbran a destinar su producto a una población de mayor edad en busca de unas características más clásicas, razón por la cual los cambios no son demasiado pronunciados respecto a las generaciones anteriores. También supone un riesgo y una dificultad a la hora de afrontar problemas cuando esta marca puede aportar significativamente mayor riqueza que las de gama media por unidad vendida, pudiendo aumentar la rentabilidad del proyecto y resultando en una clara desventaja frente a otros competidores si no se pueden presentar los productos de manera totalmente óptima u ocurren dificultades en el proceso. Sin embargo, la característica que más aleja este segmento de la decisión que se va a tomar es que sus piezas suelen estar constituidas por fabricación que podría considerarse artesanal. Los forrados con las pieles naturales representan operaciones manuales que, para el estudio del proyecto, no son capaces de ofrecer la variabilidad que se busca y que será la base del estudio. Es por esto que este segmento se desestimarán, al resultar más interesante la variedad de tecnologías disponibles para otros segmentos con otros acabados, con mayor repercusión en cuanto a cuota de mercado y números anuales de producción.

Por otra parte, si cruzamos al otro extremo, una gama excesivamente baja tampoco aporta demasiada variabilidad para el diseño dado. Al tratarse simplemente de un acabado superficial duro, con tal vez un grabado de un patrón similar al de la piel en el inserto para aportarle una mayor calidad percibida, trataremos de disimular pequeñas imprecisiones dimensionales. Este punto, el de la baja variabilidad, no resulta demasiado interesante para este estudio, puesto que buscamos unas cuantas opciones que examinar y este segmento no lo permitiría en exceso.

Es por esto que buscamos una gama intermedia (*Base*) que permita escoger diferentes materiales y procesos, situarlos frente a frente y escoger el mejor, optimizando los recursos y cumpliendo con el diseño que se precisa. Este tipo de gama brinda la posibilidad de valorar tanto procesos automatizados como manuales, líneas flexibles como dedicadas, materiales de inyección como de prensado, procesos de pintura a única o doble capa, etcétera.

#### - Mercado:

Las regiones o continentes para los que se producirá este panel son completamente determinantes a la hora de predecir su aceptación como concepto y como abanico de materiales.

América, Asia y Europa no poseen en absoluto los mismos estándares. Puede que Asia y Europa estén más cerca entre sí que cualquiera de las dos con el mercado americano, pero aunque así fuera el caso, las diferencias entre ellas son significativas. La gama media en Asia no posee el mismo deseo de pagar más por obtener superficies forradas y mullidas como lo tiene Europa o América. Asia se centra mucho más en ofrecer gadgets y accesorios electrónicos, sistemas de audio potenciados y luces de ambiente, mientras que Europa procura exigir interiores más cómodos y estilosos, con detalles en la tapicería y pequeños toques que se consideran de calidad.

América, por su parte, peca de la fama de no producir interiores demasiado cuidados, cubiertos en plástico en su mayoría. Parecen valorar mucho más el espacio y la durabilidad de sus interiores que la calidad de sus materiales, y por ello tienden a ser de bajo coste incluso en vehículos de hasta 40.000 dólares. Unos aireadores grandes, simetría y una construcción sólida es la base de su diseño.

- *Start of Production* (SOP) o Comienzo de la Producción:

Debido a la facilidad que la inflación anual puede cambiar en algunos países de manera completamente inesperada (véase las tasas de cambio de países como Argentina o Turquía en los últimos tiempos, y con la amenaza del Brexit), tomaremos la base de que el comienzo de la producción se realizará en enero de 2020, de manera que acotaremos nuestro margen de error. Para ello asumiremos que el desarrollo y diseño del producto está prácticamente preparado y que, por supuesto, seríamos capaces de iniciar la producción en la ventana temporal de aproximadamente un año.

- Lugar de entrega del producto:

Tomaremos la suposición de que nuestro cliente final será Ford, y la planta de producción del cliente estará ubicada en Almussafes. Contamos, pues, con un vehículo utilitario que se producirá en las instalaciones de Ford España (cosa que en la actualidad no está ocurriendo), como un nuevo proyecto para la fábrica.

- Región de la producción:

Si tenemos en cuenta los grandes proveedores de material (LyondellBasell, Borealis...), las posibilidades de libre comercio que brinda cada región y, sobre todo, la planta de producción del cliente, es evidente que la que permite mayor adaptación y precios más competitivos es la Región Europea. Debido a que España se encuentra en el suroeste europeo, los países del este de Europa mediante los cuales podemos obtener menor coste de mano de obra quedarían muy lejos de la planta final del cliente, por lo que podríamos perder toda ventaja al compensarla con los costes logísticos. Además de eso, estas plantas se encuentran en unas regiones que están sufriendo una inflación importante, por lo que las diferencias frente a producir en Europa occidental se atenuarían a más edad tuviera la producción.

- Volumen de producción anual:

Si tenemos en cuenta el mercado en el que intentamos adaptar este producto, un utilitario, podríamos estimar un volumen anual alto, que en esta industria es entre 120.000 y 200.000 vehículos diarios. En este caso tomaremos 150.000 como base.

- Duración de la vida del producto:

En virtud de la vida del producto final que una marca como Ford suele ofrecer a los usuarios, contaremos con 6 años de vida del producto que, con un total de 900.000 coches, lo convertiría en uno de los coches de gama media más producido de la marca.

### 3.1.2 Plantas de producción de Faurecia Interior Systems incluidas en el estudio.

En el apartado de Introducción, en Localizaciones del Grupo, hemos detallado las sedes, plantas y centros de desarrollo del grupo a nivel mundial.

Debido a que el producto se pretende destinar al mercado europeo, los ciclos logísticos para países fuera de Europa podrían ser excesivamente grandes, entrando en esperas muy largas debido a envíos transoceánicos por buque de carga y obligando a las plantas a tener un stock de contingencia elevado con una rotación de inventario de baja frecuencia. Con Almussafes como planta del cliente, terminaremos por concluir que las plantas de producción que podrán participar deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Se admitirán dos plantas como máximo para la producción del inserto y reposabrazos.
- Solo una de las dos plantas puede ser *Lowcost*. Se entiende como suposición toda planta con un coste de mano de obra medio inferior a 15 € por hora.
- Se admitirán exclusivamente las fábricas de Europa y Marruecos.
- Las plantas mantendrán stock durante 14 días como máximo para las materias primas designadas a excepción de los líquidos (pinturas, adhesivos...), que podrán permanecer un máximo de 21 días.

Por razones logísticas, acotaremos nuestro ámbito de actuación a estas plantas:



Mapa de Europa con las plantas de producción de Faurecia Interior Systems. Fuente: Google y elaboración propia

### 3.2. Requisitos en el diseño y fabricación del producto

Las necesidades técnicas y de diseño que debe poseer el producto para ser considerado un panel de puerta son las siguientes:

Requisitos obligatorios:

- Ser capaz de cubrir los mecanismos para la seguridad de los ocupantes del vehículo.
- Sostener elementos que interactúen con el usuario.
- Estar provisto de un sistema de apertura y cierre seguro.
- Poseer propiedades mecánicas que cumplan con normativas y ensayos en caso de accidentes.
- Cumplir normativas de contaminación por los propios materiales que posee, o las emisiones que se liberan durante su producción.
- Si posee partes móviles, impedir interferencias en su accionamiento.

Requisitos deseables:

- Proporcionar aislamiento acústico y térmico.

- Proveer una superficie de apoyo confortable.
- Ofrecer una estética en sintonía con el resto del interior
- Silenciar sonidos debidos al roce entre las piezas ensambladas o al accionamiento de partes móviles.

Como valor añadido, podríamos incluir una serie de componentes que resulten sencillos de mantener como nuevos frente a sustancias que provoquen manchas, frente al desgaste y con un bajo peso (especialmente importante en el mundo de los vehículos eléctricos cuya autonomía es el factor que más penaliza una vez el usuario ya ha pagado por la compra del vehículo).

Para cumplir con un diseño de inserto y reposabrazos tendremos que valorar diferentes ideas.

- Fabricabilidad del diseño escogido: buscamos un diseño versátil que permita el estudio de las diferentes tecnologías de forma sencilla y que permita la comparación directa entre las mismas, eliminando las variables lo máximo posible. Buscamos que guarden las mismas proporciones geométricas, puntos de anclaje (si fueran necesarios) espuma del inserto, y en general buscar las mínimas diferencias en el producto final, sobre el que aplicaremos una serie de cambios estéticos con el fin de aportar mayor calidad percibida.
- Reducción de costes. Optimizar al máximo los costes de material, mano de obra directa e indirecta, tiempos de ciclo y objetivo o CT y TT, contenidos de trabajo o WC, balanceos de líneas dedicadas...
- Rentabilidad del producto a medio y largo plazo mediante un *Business Plan*.

### 3.2.1. Materiales

En este apartado definimos las propiedades mínimas que deben poseer los materiales estructurales utilizados para la memoria.

#### **Polipropileno:**

Se trata de un termoplástico formado por monómeros de propileno de alta utilidad y aplicación en gran variedad de sectores.

Las propiedades más importantes de los plásticos basados en PP son, un comportamiento térmico y mecánico particularmente eficiente así como una resistencia a fatiga y aislamiento térmico y eléctrico interesante<sup>27</sup>, aunque para este uso (con presencia de talco) destacan igualmente las siguientes debido a la carga de mineral:

1. Posee una dispersión uniforme del talco en la matriz del polipropileno y se alinean en dirección del flujo de la inyección.
2. La adición de talco causa un incremento de la temperatura de cristalización del PP.
3. El talco proporciona un efecto positivo sobre la rigidez pero desfavorable en lo que respecta a la ductilidad y la resistencia a tracción.

4. Elementos de carga como éste intensifican el efecto del concentrador de tensiones. Por este motivo, la resistencia a impacto y a la propagación de grietas disminuye.
5. La resistencia al desgaste y abrasión mejora, aunque depende del tamaño de la partícula y la pureza del talco.<sup>28</sup>

**Gránulos vírgenes de PP + MD 15% PP MD15<sup>29</sup>**

	MÉTODO	UNIDAD	VALOR
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>			
Peso específico	ASTM D 792	g/cm <sup>3</sup>	1.14 (±0.02)
Índice de flujo (230°C / 2.16kg)	ASTM D 1238	g/10min	6 (±2)
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>			
Tensión de rotura	ASTM D 638	Mpa	22 (±5)
Resistencia a flexión	ASTM D 790	Mpa	28 (±2)
Alargamiento a la rotura	ASTM D 638	%	157 (±10)
Módulo de elasticidad	ASTM D 790	Mpa	2058 (±100)
Resistencia al impacto IZOD a 23°C	ASTM D 256/A	J/m	100 (±15)

**Polipropileno copolímero Polietileno:**

	MÉTODO	UNIDAD	VALOR
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>			
Peso específico	ASTM D 792	g/cm <sup>3</sup>	0.94 (±0.03)
Índice de flujo (230°C / 2.16kg)	ASTM D 1238	g/10min	-
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>			
Tensión de rotura	ASTM D 638	Mpa	26 (±5)
Resistencia a flexión	ASTM D 790	Mpa	32 (±3)
Alargamiento a la rotura	ASTM D 638	%	192 (±15)
Módulo de elasticidad	ASTM D 790	Mpa	2100 (±100)
Resistencia al impacto IZOD a 23°C	ASTM D 256/A	J/m	145 (±20)

Debido a este incremento de Resistencia al impacto respecto al PP y la mejorada ductilidad, las piezas expuestas al contacto directo con el ocupante y en zonas de impacto no deberán estar fabricadas con un Polipropileno debido a la rotura del elemento, con el fin de minimizar lesiones y perforación del tejido cutáneo en el ocupante.

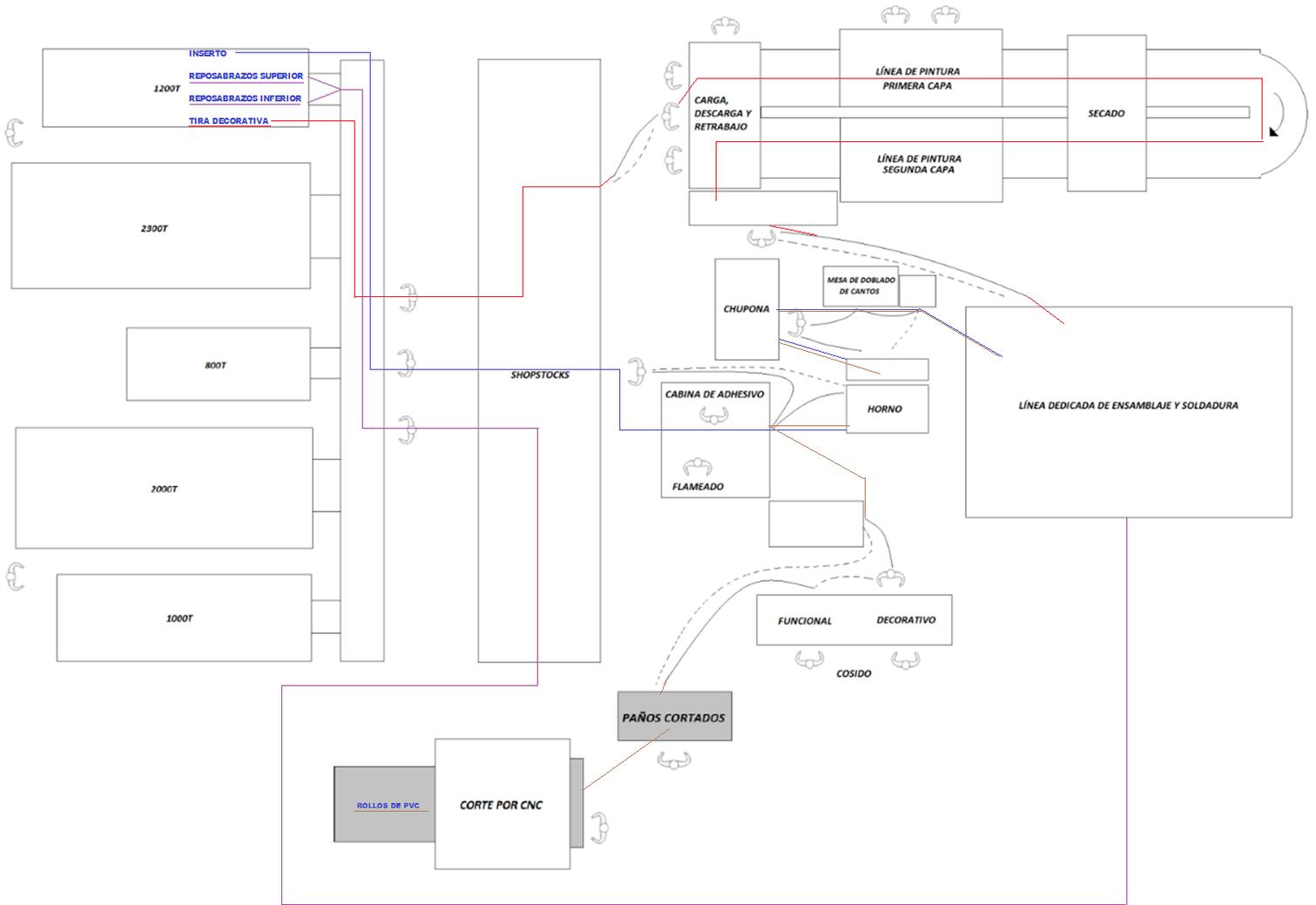
**Acronitrilo-Butadieno-Estireno (ABS):**

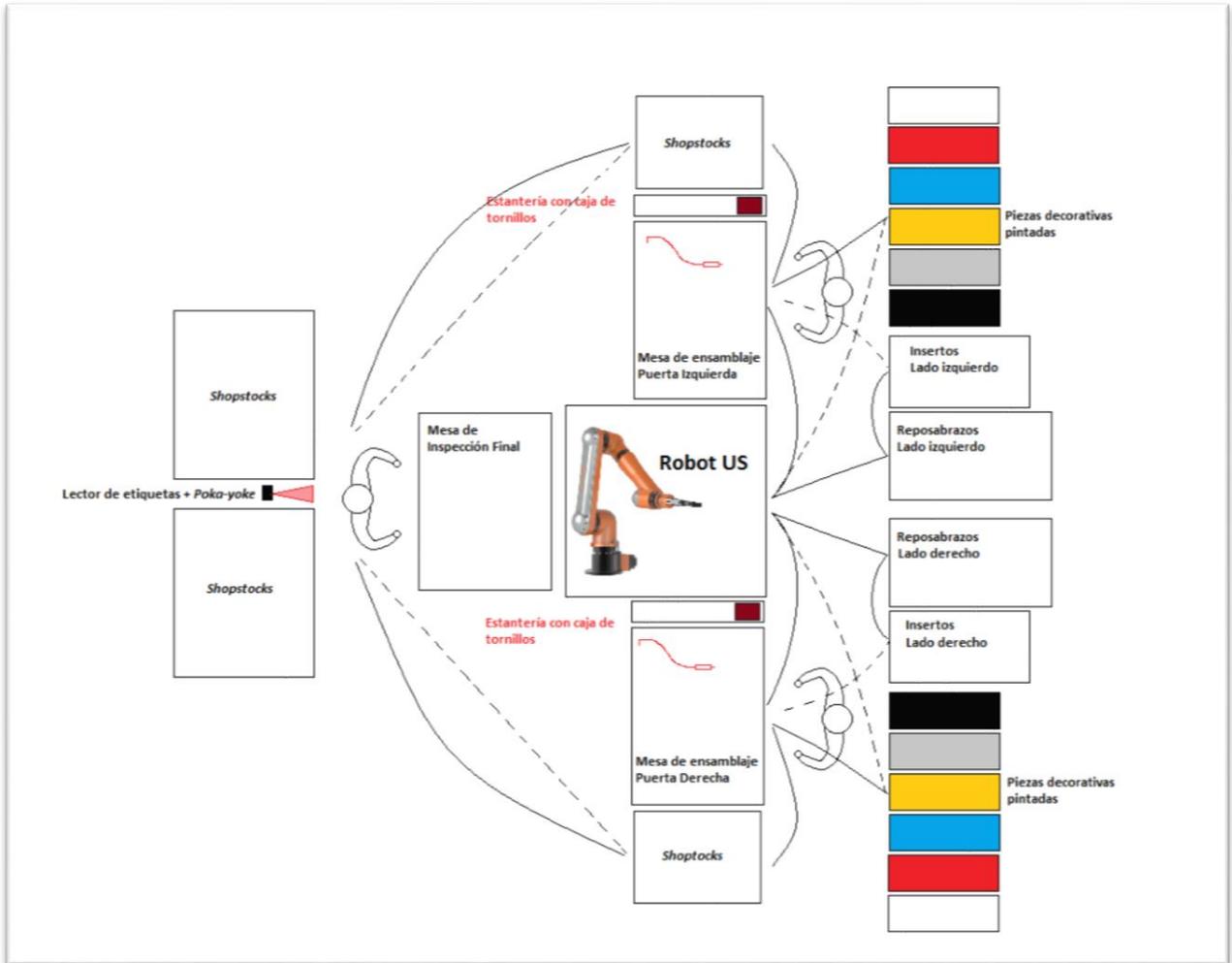
	MÉTODO	UNIDAD	VALOR
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>			

Peso específico	ASTM D 792	g/cm <sup>3</sup>	1.06 (±0.02)
Índice de flujo (230°C / 2.16kg)	ASTM D 1238	g/10min	-
<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>			
Tensión de rotura	ASTM D 638	Mpa	41 (±5)
Resistencia a flexión	ASTM D 790	Mpa	61 (±5)
Alargamiento a la rotura	ASTM D 638	%	14 (±2)
Módulo de elasticidad	ASTM D 790	Mpa	2212 (±100)
Resistencia al impacto IZOD a 23°C	ASTM D 256/A	J/m	174 (±20)

### 3.2.2 Hojas de Ruta

En este apartado se mostrará el flujo de materiales y procesos en planta. En la industria es lo que se conoce como MIFD (Material Information Flow Diagram) o “Diagrama de información del flujo de los materiales”.





## **4. MEMORIA**

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 4. MEMORIA

Como hemos mencionado a lo largo del documento, este proyecto se centrará en la creación de un diseño de concepto especialmente ideado para obtener unos costes de producción bajos en relación a su calidad percibida, lo que será uno de los principales impulsores del precio de venta del producto. Para ello, tras diferentes iteraciones en el diseño (que se muestran a lo largo de los anexos), procederemos al diseño de sus líneas de producción y al cálculo de sus costes para comparar entre las distintas tecnologías y conseguir un negocio rentable a lo largo de la vida de la producción.

Para este proyecto, seleccionaremos una serie de elementos que nos permitirán estudiar el coste de la producción y su viabilidad económica.

Los elementos que entran en juego son los siguientes:

- Segmento
- Diseño de concepto del producto
- Parámetros básicos para el estudio de la producción:
  - o Localización del cliente
  - o Localización de la producción
  - o Comienzo de la producción
  - o Años en producción
- Materiales a utilizar
- Tecnologías
- Diseños de las diferentes líneas
- Estudios logísticos
- Costes variables
- Costes fijos
- Estudio de viabilidad económica

### 4.1 Segmento

En el apartado de antecedentes, si observamos en el estudio del mercado actual, nos encontraremos con los diferentes acabados que determinan el segmento en el que un vehículo encajará en función de su gama. Dentro de lo que se conoce como *trim levels* siempre puede existir cierta variabilidad.

Por consiguiente, este estudio contemplará un producto destinado al acabado *Base*, el cual se caracteriza, recordamos, por poseer una construcción que en su mayoría está constituida por plástico duro, aunque presenta algunos toques decorativos y centra algunos esfuerzos en mejorar la comodidad y tacto del usuario. Se trata de un producto de relativo bajo coste, el cual está destinado a vehículos de gama media y que casa perfectamente con una carrocería de un vehículo utilitario. También son estos vehículos los

que suelen ser más extendidos entre el parque de vehículos, por lo que es más valorable la posibilidad de flexibilizar el diseño tanto como sea viable. Hablaríamos de un vehículo similar al *Volkswagen Polo*, *Ford Fiesta* u *Opel Corsa*.

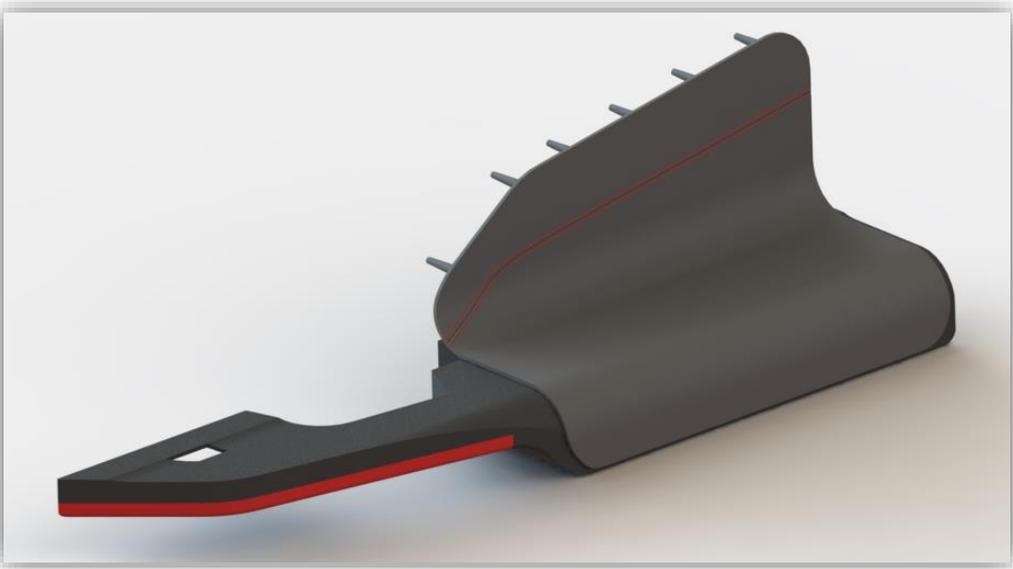
## 4.2 Diseño de concepto del producto

Tras haber realizado tres iteraciones o evoluciones del diseño de concepto del producto en el apartado 5.1, se ha concluido que el diseño que se adoptará para la ejecución de este proyecto es un inserto con cosido decorativo y un reposabrazos con una pieza pintada en forma de tira decorativa.

Este diseño posee un total de 4 piezas plásticas:

- Un inserto, el cual se halla cubierto en dos paños cosidos y rematado mediante costura decorativa del color que el cliente desee.
- Un reposabrazos con asa y botonera, que se considera con un acabado superficial granulado. Esta pieza está formada por la unión de un miembro superior y otro inferior por la línea que lo separa de la tira decorativa.
- Una pieza alargada que abre la posibilidad de que, si el cliente lo desea, puede pintarse en uno de varios colores disponibles: Rojo metalizado (véase el ejemplo), amarillo anaranjado metalizado, blanco sólido, azul eléctrico metalizado o gris-plata satinado. Por su parte, el hilo irá a juego con estos colores en rojo, naranja, blanco, azul cian, gris o negro (si conservamos la pieza en el color de la inyección), respectivamente.

El método de ensamblaje se cubrirá en la sección de los procesos.



**Figura 10.** Renderizado del programa SolidWorks sobre el conjunto en rojo. *Fuente: Elaboración propia*

Las diferentes iteraciones que se han realizado en el producto se podrán encontrar en información complementaria dentro de este documento. En ella se trata el razonamiento tras el que este diseño es una buena opción teniendo en consideración la calidad percibida, simplicidad y flexibilidad en tecnologías.

### 4.3. Parámetros básicos en el estudio de la producción

#### 4.3.1 Mercado

Las regiones o continentes para los que se producirá este panel son completamente determinantes a la hora de predecir su aceptación como concepto y como abanico de materiales.

Este producto estará destinado especialmente el mercado europeo ya que esta es la región por excelencia del vehículo utilitario como lo conocemos.

#### 4.3.2 *Start of Production (SOP)* o Comienzo de la Producción

Debido a la facilidad con que la inflación anual puede cambiar en algunos países de manera completamente inesperada (véase las tasas de cambio de países como Argentina o Turquía en los últimos tiempos y el asunto del Brexit), tomaremos la base de que el comienzo de la producción se realizará en enero de 2020, de manera que procuraremos predecir unas condiciones en el futuro cercano que seguramente tendrá mayor parte de verdad que predecir estas mismas condiciones para un futuro más lejano con la incertidumbre que ello implica.

Para ello asumiremos que el desarrollo y diseño del producto estará prácticamente preparado y que, por supuesto, seríamos capaces de iniciar la producción en la ventana temporal de poco menos de un año.

#### 4.3.3 Lugar de entrega del producto

A pesar de que se trata de un proyecto ficticio, tomaremos la suposición de que nuestro cliente final será Ford, y la planta de producción del cliente estará ubicada en Almussafes, una ubicación e instalaciones reales. Contamos, pues, con un vehículo utilitario que se producirá en las instalaciones de Ford España (cosa que en la actualidad no está ocurriendo), como un nuevo proyecto para la fábrica.

#### 4.3.4 Región de la producción

Si tenemos en cuenta los grandes proveedores de material (LyondellBasell, Borealis...), las posibilidades de libre comercio que brinda cada región y, sobre todo, la planta de producción del cliente, es evidente que la que permite mayor adaptación y precios más competitivos es la Región Europea. Debido a que España se encuentra en el suroeste europeo, los países del este de Europa mediante los cuales podemos obtener menor coste de mano de obra quedarían muy lejos de la planta final del cliente, por lo que no resulta interesante debido a que toda ventaja al compensamos con los costes logísticos. Estos costes supondrían más del doble en costes de combustible, peajes, pernoctas y devaluación del equipo, dependiendo del país del proveedor. Además de eso, estas plantas se encuentran en unas regiones que están sufriendo una inflación importante, por lo que las diferencias frente a producir en Europa occidental se atenuarían a más edad tuviera la producción.

Tras los estudios realizados simultáneamente entre dos versiones del inserto, el escenario que presentamos es el de la producción en Almussafes. Las motivaciones detrás de esta decisión son principalmente la existencia de un *conveyor*, que conecta las plantas de los proveedores del parque alrededor de Ford con su propia planta, trabajando en secuencia con ellos y ahorrándose grandes números al año en logística, por ser España uno de los países de Europa occidental con menor coste de mano de obra y por las instalaciones de pintura que vamos a asumir que existen.

#### 4.3.5 Volumen de producción anual

Si tenemos en cuenta el mercado en el que intentamos adaptar este producto, un utilitario, podríamos estimar un volumen anual alto, que en esta industria es entre 120.000 y 200.000 vehículos diarios. En este caso tomaremos 150.000 como base.

La producción se limitará a dos turnos diarios a 225 días trabajados por año. Esto nos devuelve un Tact time de 86,4 segundos por coche, número que afectará especialmente a las líneas dedicadas de ensamblaje.

#### 4.3.6 Duración de la producción

En virtud de la vida del programa una marca como Ford suele ofrecer a los usuarios, contaremos con 6 años, con un total de 900.000 coches, lo convertiría en uno de los coches de gama media más producido de la marca.

## 4.4 Materiales

En este apartado definiremos pieza por pieza el material utilizado, así como los necesarios para ejecutar el diseño. El estudio y las justificaciones de resistencia entre otras propiedades específicas se detallarán en el apartado de materiales, anexos al documento.

### 4.4.1 Termoplásticos

Los termoplásticos utilizados para este proyecto serán los siguientes:

Pieza	Material	Comentario
Inserto	PP MD-15	Polipropileno cargado con un 15% en masa de polvo mineral (Talco)
Reposabrazos - superior	P/E MD-20	Polipropileno copolimerizado con etileno cargado con un 20% en masa de polvo mineral (Talco)
Reposabrazos - inferior	P/E MD-20	Polipropileno copolimerizado con etileno cargado con un 20% en masa de polvo mineral (Talco)
Tira decorativa	ABS	Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno modificado a impacto

**Tabla 2.** Descripción de materiales utilizados

Estos materiales son de fácil reciclaje en las proporciones que se producirán y debido a su baja proporción de material reciclado se asumirá que no comporta una amenaza en cuanto a las características mecánicas de material. Se asumirá un reciclado de los bebederos que se triturarán y reinsertarán en el depósito del plástico. Estos se han estimado en un 3% del peso total de la pieza, y su reciclaje implica que no repercutirá en el coste de material por pérdida.

### 4.4.2 Otros materiales

Como se ha mencionado en la cabecera de este subapartado, serán necesarios ciertos materiales para procesar las piezas y terminarlas, tanto en su acabado superficial como en su proceso de ensamblado.

Para ello, destacaremos los siguientes:

- Dos paños de PVC, los cuales se utilizarán para proporcionarle un recubrimiento al inserto.
- Hilo negro y tiras textiles para la unión funcional de ambos paños entre sí. Hilos coloreados para las versiones personalizables del producto.

- Pegamento en base agua, que permite la unión entre los paños y el inserto, con la posibilidad de evitar errores de colocación del cordón de costura al precolocarse sobre el sustrato con el pegamento ya seco.
- Pintura base agua de los diferentes colores que se ofrecen.

A esta lista de materiales, habrá que aportar tres tornillos M5 para la sujeción de la pieza decorativa al sustrato del reposabrazos ya que, debido a que deberíamos evitar posibles ruidos indeseables, no podremos hacerlo si se trata de fijación con autoclipado o *snaps*.

## 4.5 Tecnologías

Antes de hablar de las tecnologías, necesitaremos precisar qué plan de proceso deberán seguir las piezas:

- El inserto requerirá un sustrato sobre el cual se forrará con un PVC. Éste se tendrá que haber cortado y cosido previamente.
- El reposabrazos está formado por dos piezas; dos sustratos que deberán ser clipados ente sí y unidos al inserto.
- La pieza decorativa necesitará ser inyectada y más tarde pintada para atornillarla al reposabrazos superior.

Habiendo definido los materiales en el apartado anterior, habremos acotado todavía más en las tecnologías que podremos utilizar. Todas ellas se explican en apartados anexos, donde se informa de los materiales que pueden tratarse, así como de sus ventajas y desventajas respecto a otras tecnologías. Como también hemos mencionado en las últimas páginas, existirá el detalle de dos versiones de inserto fabricadas con diferentes tecnologías, en diferentes plantas y con diferentes materiales, por lo que sería solamente su viabilidad económica la que desequilibraría la balanza hacia el diseño y elección de materiales que se ha mostrado. Una carga de máquina superior al 50% requiere una inversión en una máquina nueva, aunque puede ser ocupada por otros proyectos que se harían cargo del resto de su amortización.

En este caso, utilizaremos dos características para diferenciar las máquinas que constituirán parte de la línea de producción:

- En líneas flexibles:
  - o Máquina de inyección de 1200 toneladas: Una máquina a ocupación mayor al 50%
    - Molde de dos cavidades para el inserto derecho e izquierdo
    - Molde de cuatro cavidades para las dos partes del reposabrazos izquierdo y derecho
    - Molde de ocho cavidades para múltiples tiras decorativas para ambos paneles, sean izquierdos o derechos.

- Máquina de corte por control numérico: Una máquina cargada a más del 50%.
  - Sin utillajes, pero con necesidad de costear un programa de CNC.
- Estaciones de costura funcional y decorativa: Dos máquinas de coser (una funcional y otra decorativa) ocupadas a más del 50%.
- Máquina de flameado: Sirve para cambiar la estructura física y química de la superficie de las piezas basadas en PP o P/E, no necesarias en las piezas con alto contenido en ABS. Esto permite el adhesivado de la superficie de la pieza y asegura una unión firme y duradera. La ocupación es menor al 50%.
- Cabina de Adhesivado: campana extractora, compresor y aerógrafo cargada a menos del 50%
  - Utillajes para la colocación de los insertos y paños
- Horno de secado: necesario para secar tanto el paño cosido como el sustrato del inserto previo a su forrado. Carga menor al 50%
- Máquina de forrado al vacío por membrana y calor: necesaria para asegurar la reactivación del pegamento tras la correcta colocación del cordón de costura en el rebaje del sustrato del inserto. Máquina cargada a más del 50%
  - 4 utillajes individuales para el forrado simultáneo
- Mesa de doblado de cantos manual: utilizada para rematar los cantos del paño, ya que la máquina de membrana no puede hacerlo automáticamente. Mesa cargada a más del 50%.
- Línea de pintura a una capa. En ella pintaremos la pieza decorativa en bastidores de gran capacidad. (*jigs*)
- Pulmones de almacenamiento de variado tamaño.

Estas máquinas arrojan los siguientes datos:

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LA LÍNEA FLEXIBLE DE ALMUSSAFES					
Estación	Tiempo de ciclo (s)	Piezas por ciclo	Número de operarios	Scraps (%)	Work Content por pieza (s)
Máquina de inyección 1200T	De 60 a 65	2, 4 u 8	1	De 1 a 1.6%	De 8 a 30
Corte por CNC	250	40	2	0.8%	12.5
Cosido funcional	80	1	1	0.1%	80
Cosido decorativo	80	1	1	0.1%	80
Flameado	80	6	1	0.5%	13.3
Cabina de adhesivo	50	2	1	0%	25
Horno	150	30	1	0.1%	5
Chupona	65	4	0.5	0.8%	33
Doblado de cantos manual	24	2	0.5	0.1%	12
Línea carrusel de pintura a una capa	100	50	7	6.5%	14

**Tabla 3.**

Las definiciones de los términos vienen aclaradas en el anexo Cálculos. En el anexo que justifica el diseño de las líneas se precisa el origen de estos datos.

- En líneas dedicadas:
  - o Máquina de soldadura por ultrasonidos: Nos permitirá soldar el inserto y el reposabrazos preclipado mediante la fundición de las buterolas (aporte de material para la soldadura). La máquina a escoger es un robot con un brazo articulado y un sonotrodo en su extremo, debido a la menor inversión que requiere y a la evaluación de tiempos y carga que se muestra a continuación:

TIPO DE MÁQUINA	Nº MÁQ POR LÍNEA	Nº UTILLAJES POR MÁQ.	VOL./AÑO DE PIEZAS POR MÁQ.	TIEMPO DE CICLO (s)	TACT TIME (s)	TIEMPO APROVECHABLE	CARGA DE LA MÁQUINA
Robot de ultrasonidos	1	0	150.000 +	22s +	86.4	80%	63.7%
			150.000	22s			

**Tabla 4.**

- o Mesa de ensamblaje: Dos mesas necesarias para el montaje de las piezas pintadas (si procede) para cada uno de los lados.
- o Mesa de inspección final: en ella se inspecciona la calidad del ensamblaje mediante un *poka-yoke* óptico y se clasifica en diferentes almacenamientos en función de las instrucciones del escáner de etiquetas.

A continuación, se muestran las tareas y el estudio de los tiempos en la línea dedicada.

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE				
Estación	Tiempo de Ciclo (s)	Tareas a realizar por el operario	Tact time (s)	Work Content (s)
Robot de soldadura por ultrasonidos	44	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coger las piezas del carro.</li> <li>- Preencajar el inserto y autoclipar las dos mitades del reposabrazos.</li> <li>- Colocar el conjunto sobre la cuna de soldadura.</li> <li>- Accionar botón de inicio</li> <li>- Descargar piezas ensambladas.</li> <li>- Realizar autoinspección visual.</li> <li>- Llevar la pieza hasta la mesa de ensamblaje.</li> </ul>	86.4	24
Mesa de ensamblaje	47	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coger pieza pintada y 3 tornillos.</li> <li>- Precolocarla sobre el reposabrazos.</li> <li>- Precolocar los 3 tornillos de la pieza pintada.</li> <li>- Atornillar los 3 tornillos.</li> <li>- Realizar autoinspección.</li> </ul>	86.4	47

Mesa de inspección final	38	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recoger la pieza de la mesa correspondiente.</li> <li>- Regresar a la mesa de inspección.</li> <li>- Inspección de cada pieza por separado</li> <li>- Pegado de la etiqueta.</li> <li>- Análisis de <i>poka-yokes</i></li> <li>- Lectura de la etiqueta.</li> <li>- Asignación al carro correspondiente.</li> </ul>	86.4	38
--------------------------	----	--	------	----

**Tabla 5.**

Tras las tecnologías escogidas, encontramos un total de inversión que corresponde a los siguientes valores:

<b>Versión inyectada del inserto</b>				
<b>Pieza</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Planta de FIS</b>	<b>Inversión en máquinas nuevas para el proyecto (K€)</b>	<b>Coste de utillajes (K€)</b>
<b>TOTAL</b>	Inyección, corte, costura, flameado, adhesivado, secado, forrado, pintura, soldadura y ensamblaje	Almussafes	<b>1020</b>	<b>340</b>

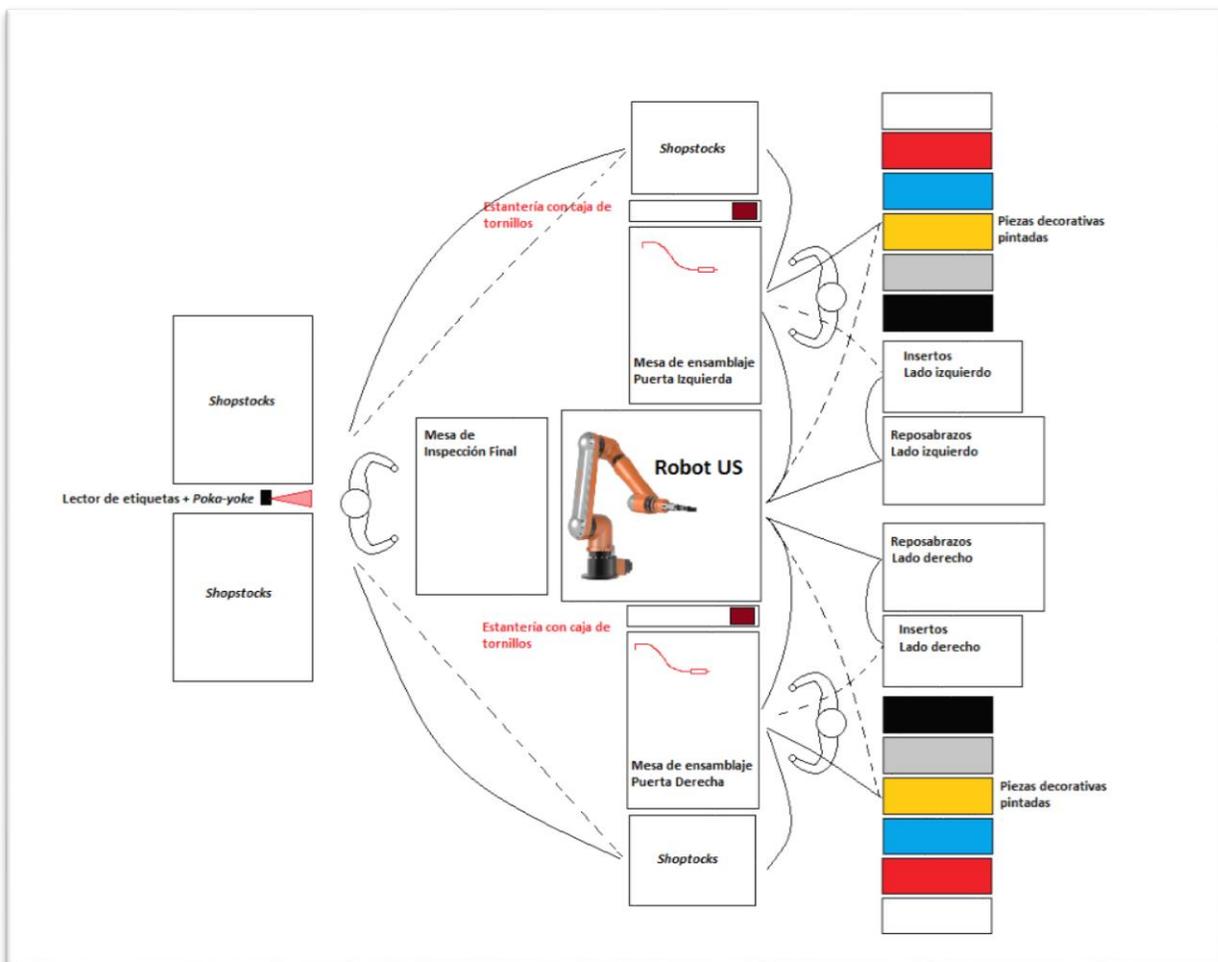
**Tabla 6.**

## 4.6 Diseño de la línea

En cuanto al diseño de las líneas, debemos distinguir entre las flexibles y las dedicadas.

Como hemos concluido a lo largo de la memoria, el producto estará constituido de inyección en la totalidad de sus piezas, su producción se centrará en la planta de producción Almussafes. Por consiguiente, el diseño de las líneas serán los siguientes:

- Línea dedicada:



**Figura 11.** Diseño de la línea de ensamblaje. Las líneas continuas representan desplazamientos del operario con pieza, mientras que las discontinuas representan desplazamientos sin piezas. Fuente: *Elaboración Propia*

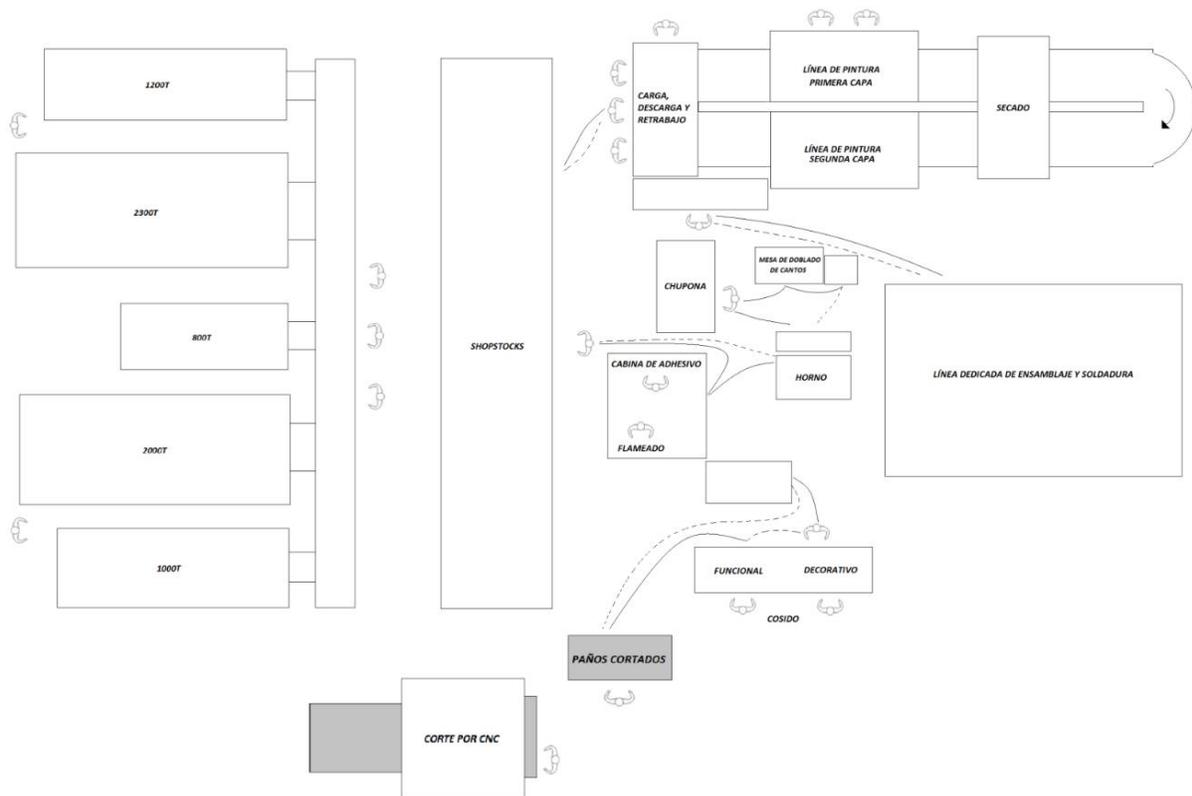
En esta línea se desarrollan las funciones que se han mencionado en el apartado inmediatamente anterior (Tecnologías) y sus criterios de selección se muestran en los anexos de cálculos.

- Líneas flexibles:

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LA LÍNEA FLEXIBLE DE ALMUSSAFES					
Estación	Tiempo de ciclo (s)	Piezas por ciclo	Número de operarios	Scraps (%)	Work Content por pieza (s)
Máquina de inyección 1200T	De 60 a 65	2, 4 u 8	1	De 1 a 1.6%	De 8 a 30
Corte por CNC	250	40	2	0.8%	12.5
Cosido funcional	80	1	1	0.1%	80
Cosido decorativo	80	1	1	0.1%	80
Flameado	80	6	1	0.5%	13.3
Cabina de adhesivo	50	2	1	0%	25
Horno	150	30	1	0.1%	5
Chupona	65	4	0.5	0.8%	33
Doblado de cantos manual	24	2	0.5	0.1%	12
Línea carrusel de pintura a una capa	100	50	7	6.5%	14

**Tabla 7.**

Con esta información, el balanceo pertinente y los líderes de GAP que contribuyen a mover carros con piezas de un Grupo Autónomo de Producción a otro cuando es necesario sin necesidad de volcar estas funciones en empleados de logística interna, podemos obtener un croquis de la distribución de la planta como el siguiente:



**Figura 12.** Diseño de las líneas flexibles de Almussafes para la fabricación del conjunto. *Fuente: Elaboración propia*

En estas representaciones no se muestra el número de operarios dedicados al transporte de la materia prima hasta las máquinas (granulados, pinturas, rollos de PVC...) ni tampoco la trayectoria que siguen ambas piezas del reposabrazos, que irían directamente hacia el recuadro que se muestra en el diseño de las líneas flexibles debido, a que este será trabajo de un número indeterminado, variable a lo largo del día y sustituible por AGVs (vehículos guiados automáticamente, *Automatic Guided Vehicles*) según avance el turno, por lo que consideraremos un tiempo total equivalente de 90 segundos por coche de mano de obra directa sin incluir ineficiencias.

#### 4.7 Estudios logísticos

En este apartado cobra especial importancia el coste relacionado al empaquetado y transporte de las piezas, aunque también se consideran importantes los tiempos de manipulación.

Estamos asumiendo que el proveedor de los termoplásticos es LyondellBasell y se encuentra en Marsella (Francia), así como que es este mismo lugar el punto de encuentro convenido acordado con un proveedor galo de pinturas (*FCA, First Carrier*, que se hace cargo del transporte hasta un punto acordado, normalmente en su mismo país, y que reflejará estos sobrecostes en su oferta).

Distancia (km)	Consumo L/100Km	Coste del gasóleo (€/litro)	Coste en comb.	Costes del vehículo	Tiempo invertido (horas)	Tasa horaria del transportista	Coste del transportista	Coste de las pernoctas	Costes de peajes	Costes totales por camión	Tiempo estimado de entrega (h)	Coste del trayecto
875	35	1,15	352,19	214,38	12,5	28	350	60	265	1241,56	25	1241,56

El coste que debe asumir el producto con las suposiciones que estamos considerando viene asociado a una serie de parámetros que, contrastando con presupuestos similares, siguen una metodología de cálculos que cuantitativamente se aproxima a los siguientes criterios que se han tomado como metodología propia:

- Camión *Europe Mega Trailer* (detalles en anexos) con consumo de gasóleo de 35 litros/100km a un precio de 1,15 €/litro.
- Coste de devaluación y mantenimiento del camión estimados a 0,245 €/km.
- Por la ley que regula las horas de conducción y los descansos registrados en los tacógrafos de los transportistas, éstos no podrán superar las 9 horas diarias conducidas excepto durante dos días a la semana (en los que podrán conducir 10 horas) espaciados con al menos un día de 9 horas de conducción diaria, ni superar las 90 horas de conducción bisemanal, contabilizando dos semanas consecutivas.
- Coste asociado a un transportista pagado a medias entre España y Francia (28€/h)
- Una velocidad media de 70 km/h
- Un coste de pernocta de 60€.
- Una distancia de LyondellBasell Marsella a Almussafes de 875 km con peajes por valor de 265€.

Los criterios de carga del camión (limitados según legislación europea) se han equilibrado para obtener de la manera más consistente posible una entrega semanal (cada siete días) con un margen de seguridad de en torno a un día de producción suministrándose de *stocks*.

**Tabla 8.**

	Toneladas	Palés	Número (TM,unid)	Autonomía producción (días)	Superficie (m <sup>2</sup> )
<b>Carga máxima del camión</b>	20				32.4 (en un plano)
<b>PP MD-15</b>	4,12	4	4	7,9	5,76
<b>P/E MD-20</b>	9,24	9	9	8,32	12,96
<b>ABS</b>	1,03	1	1	8,33	1,44
<b>PINTURAS (5 COLORES)</b>	0,42	0,8	40	8	1,2
<b>Endurecedor</b>	0,09	0,2	8	8	Mismo palé que en las pinturas

**Tabla 9.**

Estas cantidades se deben a que los *Octabins* utilizados son de una tonelada de capacidad y van montados sobre palés de madera de 1200x1200 mm de superficie. Esta distribución nos proporciona una eficiencia

del 72,4%, por lo que sería factible encontrar sinergias con otros programas de la planta que puedan aprovechar esta ocupación. Asumimos que no es el caso y afrontaremos los costes íntegros del transporte.

Los resultados para el transporte y empaquetado serían los siguientes:

COSTES LOGÍSTICOS PARA LA VERSIÓN INYECTADA DEL INSERTO		
	TRANSPORTE (€/Kg)	EMPAQUETADO
PP MD-15	0.071	0.090
P/E MD-20	0.071	0.090
ABS	0.071	0.090
Pinturas	0.179	0.052
Endurecedor	0.179	0.052

**Tabla 10.**

Otros costes que hay que considerar son aquellos asociados al proceso de descarga una vez en las instalaciones de Faurecia en Almussafes. Tomaremos unas 45 horas semanales de trabajo de almacén y descarga de mercancías, dos operarios logísticos dedicados a este proyecto. Serían unos 52 segundos por coche para esta tarea, a los que habrá que añadir las ineficiencias. Esto significa que, si tomamos la parte proporcional de un coche (dos conjuntos) en relación con el total de los que se pueden producir con los bienes suministrados por un camión (igual a la producción semanal) y la relacionamos con el tiempo de descarga, el coste nos repercute a un WC o contenido de trabajo equivalente a 52s antes de ineficiencias.

$$WC \text{ de descarga por vehículo} = \frac{\text{tiempo de descarga del camión} + \text{gestión en almacén}}{\text{producción semanal}}$$

**Fórmula 1**

## 4.8 Costes variables

En este estudio consideraremos que los costes variables son los costes de material, el transporte y empaquetado, y la mano de obra directa.

En este apartado entra en juego de forma global el consumo de material y la duración del proceso productivo por pieza. Estos factores se detallan aparte.

El del material es uno de los cálculos más sencillos de ejecutar, puesto que basta con contabilizar el coste del material en su consumo bruto por pieza (incluyendo la logística), los *scraps* acumulados y factor de pérdida o cambio de material. La fórmula a completar sería la siguiente:

$$\text{Coste material} = \text{consumo bruto} \times \text{precio} \times (1 + \text{scrap acumulado}) \times (1 + \text{factor pérdida})$$

**Fórmula 2**

Con:

- Consumo por coche, medido en unidades de compra (unidad, metro lineal, Kg, metro cuadrado).
- Precios en moneda de compra (EUR)
- Costes logísticos resultado de los cálculos mostrados en la tabla 10.
- Scraps acumulados y factor de pérdida representados en tanto por uno.

En este caso, contamos con:

- Unos consumos de termoplásticos de 0,4054 Kg P/E MD-20 del reposabrazos, 0,1891 Kg PP MD-15 del inserto inyectado y 0,0450 Kg ABS de la decoración.
- Un consumo bruto de PVC laminado con espuma de 89760 mm<sup>2</sup> por inserto a forrar.
- Para el consumo de pintura: con un espesor de capa de entre 25 y 45 micras, que no será consistente pieza a pieza, deberemos basarnos en otras piezas similares en producción actualmente. Podemos interpolar de manera que finalmente obtendremos 45,7\* piezas pintadas correctamente por cada kilogramo de pintura consumida. El consumo de pintura medio será, por tanto, de 21,88 gramos por pieza y una quinta parte en endurecedor, alrededor de cuatro gramos.
- En el caso del adhesivado, con un pegamento base agua con una aplicación media de 225 gramos por metro cuadrado, al poseer una superficie de 89760 mm<sup>2</sup> para los paños y 86295mm<sup>2</sup> para el sustrato, resultan en 0.0496 kg de uso en el proceso para cada puerta contando con una pérdida del 25% por cada aplicación debido al factor de *overspray*, que implica que no todo el material que abandona el aerógrafo cae sobre la pieza, sino que se suspende en el aire o se pulveriza sobre los soportes etc..
- La tira de textil utilizada para el cosido funcional entre ambos paños en la versión inyectada la obtendremos del diseño del inserto. Consideraremos 340 mm de longitud del cordón sobre la pieza y un extra de 20 mm por cada lado para poder alojar el remate inicial y el final de la costura que impide que esta se deshilache con el tiempo. En total contamos con 380 mm de longitud del cordón de costura, lo cual precisará 4.5\* veces esa longitud para el cosido funcional y 3\* veces para el decorativo (al tratarse de una máquina con aguja doble). Esto nos da un total de 1710 mm de hilo funcional negro y 1140 mm para el hilo decorativo personalizable.

Por consiguiente, incluyendo los desechos que se producen en forma de *Scraps*, obtenemos un coste de material total de 8,203 € por coche.

En el caso del coste de Mano de Obra Directa (MOD), nos basaremos en los *Work Contents (WC)* o Contenidos de trabajo que se han expuesto en las tablas del diseño de las líneas, así como en los tiempos de manipulación y transporte interno sobre el suelo de la planta para obtener el total.

Este cálculo es algo más complejo que el del estudio del material. Principalmente se debe a que existen ineficiencias intrínsecas a cada tecnología, tiempo objetivo de ciclo e incluso a cada operario. Es por eso que no podemos conocer con exactitud todos los segundos de trabajo, pausas e ineficiencias de cada operación, sino que tan solo podremos conformarnos con unas ineficiencias medias por cada grupo

autónomo de producción que declare la planta basándose en experiencias anteriores. La combinación de procesos consecutivos es extremadamente vital en la eficiencia debido al balanceo de tareas, de modo que dos tiempos de ciclos consecutivos muy diferentes implican una pausa, una ineficiencia, para el operario a cargo del ciclo más corto.

Debido a que el líder de grupo autónomo de producción puede estar dirigiendo a un número diferente de operarios en función del tamaño del mismo o las demandas que éste requiera, y a que un líder no trabaja directamente sobre las piezas pero se encuentra en el suelo de la producción (por eso es MOD y no MOI), un líder siempre perjudicará a la eficiencia de su grupo. Esto ocurre en mayor medida en procesos que requieran retrabajos o suministros continuos, tareas de las cuales realizará el líder, lo que inevitablemente incrementará la ineficiencia.

Los técnicos a cargo de los cambios de molde o utillaje en líneas flexibles y tareas de calibración también afectan al rendimiento de estos procesos.

Dicho esto, el cálculo relacionado con la mano de obra directa se efectuaría de la siguiente manera.

$$\text{Coste de la MOD por pieza} = \frac{\text{WC por pieza} \times \frac{\text{Tasa horaria}}{3600}}{\text{Eficiencia}} \times \text{scrap acumulado}$$

**Fórmula 3**

Expresando la *Tasa horaria* en €/h

La *Eficiencia* y el *scrap* en tanto por uno

Siendo el *WC por pieza*:

$$\text{WC por pieza} = \frac{\text{Tiempo de ciclo (o Tact Time si procede)} \times \text{número de operarios}}{\text{número de piezas o cavidades por ciclo}}$$

**Fórmula 4**

Con un WC por coche de 1080 segundos y una tasa horaria en FIS Almussafes 23,785€/h y las siguientes eficiencias:

<b>Estación</b>	<b>Eficiencia de la MOD</b>
Flameado	40%
Forado	50%
Inyección	34%
Pintura	45%
Ensamblado	63%
Logística	63%

**Tabla 11**

Los valores que obtenemos son los siguientes:

<b>WC Mínimo (s)</b>	<b>Eficiencias medias</b>	<b>WC mínimo Total</b>	<b>Coste MOD Total (€)</b>
1080	51%	1080	13,973

**Tabla 12**

En este aspecto, no contemplaremos el coste de los recursos como el agua, gas y electricidad asociados a la máquina debido a que estos costes variables se incluirán en el concepto de las tasas de máquina que reflejan el conjunto en coste por hora de estos y más factores que se engloban financieramente en los costes fijos del proyecto, como puede ser el mantenimiento y la amortización por unidad de tiempo.

Por consiguiente, nuestras conclusiones acerca de los costes variables quedan así, reflejados en €:

<b>COSTES DE MATERIAL/COCHE</b>	<b>COSTES DE MOD/COCHE</b>	<b>COSTES VARIABLES</b>
8,203	13,973	<b>22,176</b>

**Tabla 13**

## 4.9 Costes fijos

Los costes fijos suponen una buena parte de los costes de un proyecto ya que en ellos se contempla la mano de obra indirecta (oficinistas, personal de limpieza, ingenieros de producción...), las inversiones en nuevas máquinas, reparaciones y/o reacondicionamiento de otras en desuso, costes de utillajes y moldes, el espacio que se ocupa en el suelo de planta (especialmente alto si se trata de una nave industrial en alquiler), los gastos de energía e impuestos relacionados a las emisiones de CO<sub>2</sub>, la amortización de las máquinas, la validación de las máquinas en planta (que se considerarían costes de lanzamiento), los costes de desarrollo (costes que genera un centro de desarrollo como el de Faurecia en Paterna), el comedor y las instalaciones periféricas y un larguísimo etcétera.

Este aspecto ha sido cubierto hasta un cierto punto en los anexos de cálculos debido a la imposibilidad de mostrar, por motivos de confidencialidad, la metodología de cálculo, costes de desarrollo y cifras de las plantas, por lo que este apartado no será el centro del estudio.

En conclusión, los costes se pueden dividir en las siguientes categorías:

---

### **COSTES FIJOS PARA LA PRODUCCIÓN DE DOS CONJUNTOS**

---

<b>Versión del inserto</b>	<b>Máquinas nuevas (K€)</b>	<b>Utillajes (K€)</b>	<b>Costes Desarrollo (K€)</b>	<b>Costes de lanzamiento (K€)</b>	<b>TOTAL (K€)</b>
Inyección	1020*	340*	315	220*	<b>1895</b>

**Tabla 14**

Debido a la variabilidad que existe en las demandas de producción del cliente (por lo que no se sabe cuántas piezas va a fabricar cada molde ni tampoco si el vehículo va a venderse como se prevé), además de que la inversión se realiza antes del comienzo de la producción, los moldes y utillajes se consideran costes fijos que habrá que amortizar en forma de precio/pieza en la venta a lo largo del proyecto.

A estas categorías faltaría añadirles las tasas de máquina, que incluyen la electricidad consumida (que en principio parece un coste variable pero que se puede expresar con más precisión en función de las horas que está en marcha). Estas tasas son información confidencial y tendrán que ser estimadas, siguiendo esta tabla de amortizaciones de máquina.

Tipo de máquina	Tiempo de amortización
<b>Robot de soldadura por ultrasonidos</b>	6 años
<b>Máquina de inyección</b>	10 años
<b>Sistema de flameado</b>	6 años
<b>Cabina de aplicación de adhesivo</b>	6 años
<b>Estación de ensamblaje y Mesa de inspección final</b>	6 años
<b>Máquina carrusel de pintura</b>	10 años
<b>Máquina de forrado por vacío con calor - <i>chupona</i></b>	6 años
<b>Utillajes de todas las máquinas</b>	Vida de la producción

**Tabla 15**

Además de estos costes dedicados al proyecto en sí, deberemos considerar también el coste que le representa a la planta la contratación, vehículos de logística interna guiados automáticamente, mantenimiento de instalaciones periféricas dedicadas al personal o a maquinaria, inversión en generadores de emergencia, paneles solares y equipos de protección personal entre otros bienes que se comparten con todos los proyectos de la planta que excluyen máquinas pesadas dedicadas a la producción.

Los costes fijos de la producción del conjunto quedan en 14,102 € por coche.

#### 4.10 Estudio de viabilidad económica

Para asegurar la supervivencia del producto durante la producción es necesario tener en consideración el conjunto de factores que pueden cambiar el escenario económico con el paso del tiempo. Es casi evidente que tanto la mano de obra como la energía van a suponer un incremento sustancial que no podemos dejar al margen del estudio, por lo que, junto a los acuerdos de larga duración o LTAs (*Long-Term Agreements*), que consisten en una bajada de precios de venta de los proveedores (en este caso desde Ford hacia Faurecia y desde Faurecia hacia cualquier otro proveedor que tenga que desarrollar un producto) motivado por las mejoras y productividades que se vayan consiguiendo durante la producción.

Para este estudio hemos tenido en cuenta:

- Un decremento del precio de venta de Faurecia a Ford de un 2%\* anual respecto a SOP.
- Ningún beneficio por revertir estos LTAs a proveedores, ya que proveen materia prima y no van a encontrar mejoras en sus procesos de producción (ya que pueden llevar décadas procesando de la misma manera la materia prima).
- Una tasa de inflación del 2,3% anual, basada en un valor conservador de la tasa de índice de precios industriales de los últimos años.

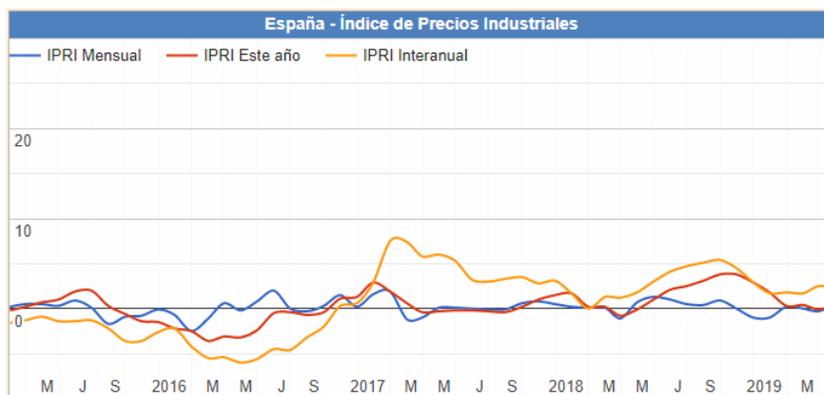


Figura 13. IPRI del año (línea roja) en los últimos años. Fuente: DatosMacro<sup>23</sup>

- Productividades de la planta (bajadas en costes) de un 3% en SOP+1 con una reducción a la mitad cada dos años. Esto se debe a que debe existir un proceso de adaptación durante el primer año y es cuando comienzan a verse evidentes una serie de mejoras como los parámetros de inyección, mejoras de tiempos y mejoras en técnica y experiencia, cuyas productividades van disminuyendo con el paso del tiempo debido a que no se pueden encontrar mejoras de manera tan evidente.
- Un margen en costes variables competitivo
- Unos ingresos por Royalties y pago de utillajes (propiedad del cliente) del 4.1%\* del precio de venta (estimado).

Con estos criterios y escogiendo un precio de venta debidamente justificado en anexos, obtenemos la siguiente previsión por coche:

	SOP	SOP+1	SOP+2	SOP+3	SOP+4	SOP+5
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LTAs sobre la venta		-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
Precio de Venta (€)	39,93	39,13	38,35	37,58	36,83	36,09
Tasa de inflación	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Productividades de la planta		-3%	-3%	-1,5%	-1,5%	-0,75%
Coste Variable (€)	22,18	22,02	21,87	22,04	22,22	22,56
<b>Margen en costes variables (MCV)</b>	80,05%	77,70%	75,37%	70,50%	65,76%	59,97%
Costes fijos (€)	14,10	14,00	13,91	14,02	14,13	14,35
<b>Margen Bruto en producción</b>	10,06%	8,62%	7,20%	4,22%	1,33%	-2,21%

Desarrollo, Patentes, <i>Royalties</i> y utilidades (€)	1,58	1,68	1,65	1,62	1,59	1,56
<b>Margen operativo</b>	14,41%	13,29%	11,81%	8,71%	5,69%	2,00%
Beneficio por coche (€)	5,75	5,20	4,53	3,27	2,10	0,72
<b>Facturación anual (K€)</b>	5989	5870	5752	5637	5524	5414
<b>Beneficio anual antes de impuestos (K€)</b>	863	780	679	491	314	108

**Tabla 16**

Estos cálculos arrojan una facturación de 34,19 millones de euros y un beneficio bruto de 3,24 millones de euros antes de impuestos, con un margen operativo medio de un 9,32% en estos 6 años.

## 5. DISEÑO CONCEPTUAL

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 5. DISEÑO CONCEPTUAL

### 5.1 Selección entre los posibles diseños – Concepto de ingeniería en el diseño

En esta sección contemplaremos diferentes conceptos del producto con ayuda de bocetos con el fin de encontrar un equilibrio entre sencillez, versatilidad para la producción y calidad intrínseca al diseño.

#### CONCEPTO 1

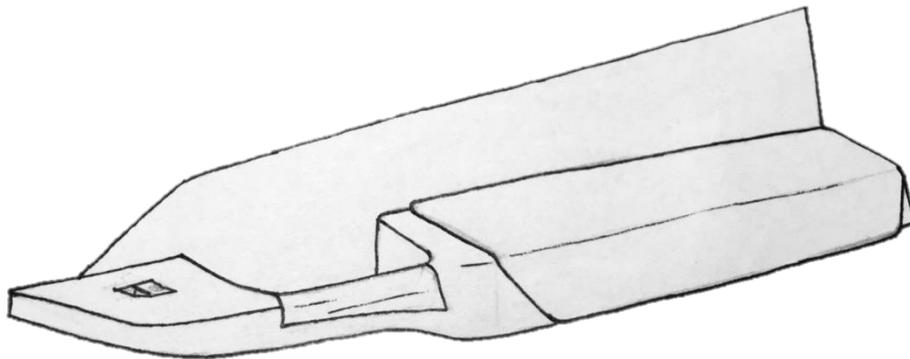


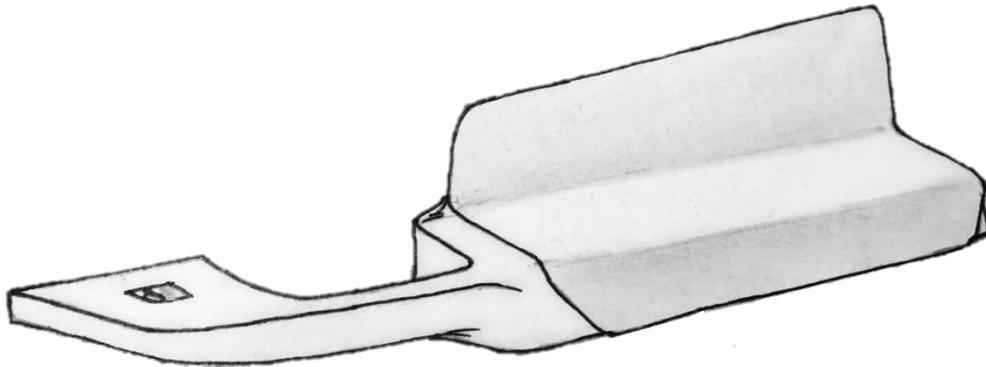
Figura 14

Este diseño presenta un número razonable de piezas y varios pasos de ensamblaje. Si consideramos la pieza correspondiente al marco de la botonera y el asa interior de la puerta, el embellecedor en el asa, el reposabrazos y el inserto, presenta 4 piezas, que actúan como sustrato, más dos paños (si deseáramos que fueran piezas forradas) en el inserto y reposabrazos.

Éste se podría simplificar todavía más en la búsqueda de un diseño más versátil y que requiriera menos operaciones de ensamblaje y en general, una menor complejidad y necesidad de piezas diferentes.

#### CONCEPTO 2

Si eliminamos el inserto y prolongamos el reposabrazos, encontraríamos una oportunidad. Ya que se requeriría un único utillaje en lugar de dos, y no tendríamos problemas de ensamblaje, aunque podría afectar en la calidad percibida del producto final.

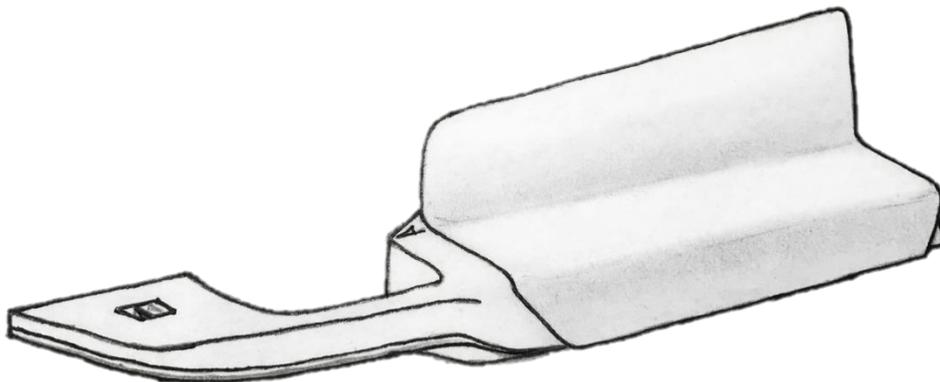


**Figura 15**

Este diseño permite la sencilla implementación de NFPP (*Natural Fiber-PolyPropylene*) o WFPP (*Wood Fiber PolyPropylene*) a través de un termoprensado, además de los materiales convencionales para el sustrato y reposabrazos.

Este diseño, al igual que el anterior, requerirá unas buterolas (unos elementos que sirven como sujeción y aporte de material durante las soldaduras por ultrasonidos) para su ensamblaje con el panel principal de puerta, asumiendo que ese sea el método de fijación seleccionado.

### CONCEPTO 3



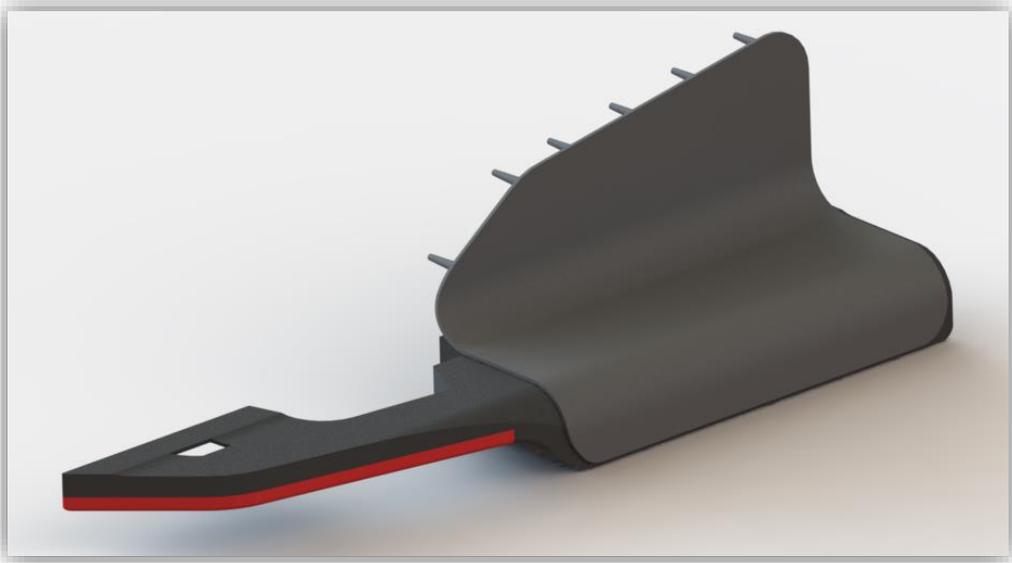
**Figura 16**

En ambos casos vistos hasta ahora podríamos pintar las asas y la botonera de un mismo o diferentes colores con el fin de darle una estética más *premium*, lo cual puede significar un incremento de costes debido a operaciones previas necesarias si se trata de polipropilenos o polietilenos (por la polaridad de su superficie, que no atrae hacia sí las moléculas cohesivas de la pintura), o un incremento de costes igualmente debido a la necesidad de utilizar otros materiales como ABS o PC-ABS que son generalmente más caros, aunque no requieren de pretratamientos para pintura.

Pintar una pieza (bien comprada o bien producida *inhouse*, en casa) es una opción costosa, especialmente por los costes fijos que presenta amortizar una máquina de un puñado de millones de euros y que abarcaría un aula de universidad mediana, y abastecerla con costes variables altos (mucho personal involucrado, alta cantidad de scraps, factor de pérdida alto debido a drenaje del circuito, cambios de color etc...).

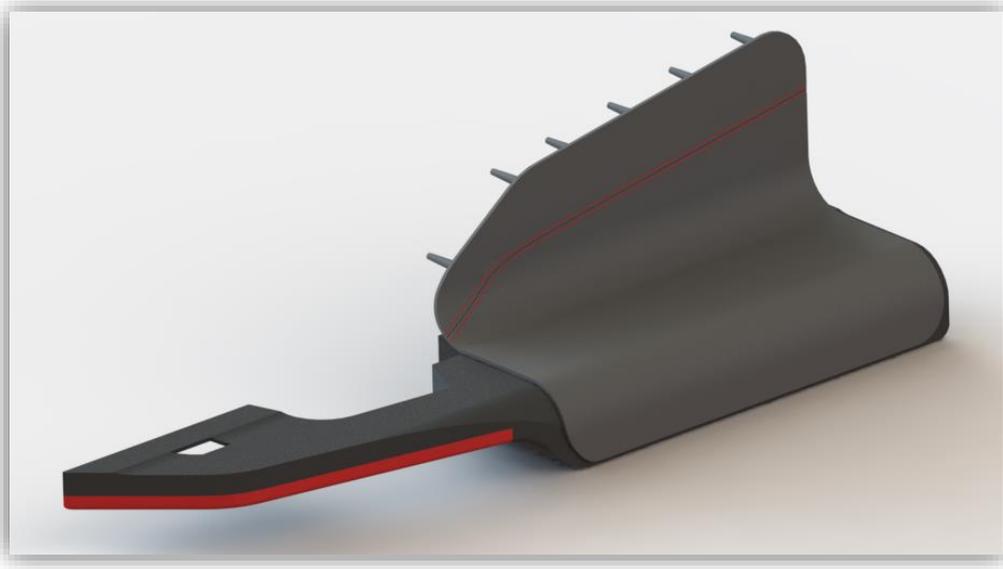
En esta situación, algunos fabricantes han optado por conservar la pieza *MIC* (*Mold-in Colour* o al color de inyección) pero buscamos añadir una pieza en forma de cinta decorativa, que normalmente es una inyección de resina coloreada u otros procesos de pintura a una capa que permita un abaratamiento y reducción de la superficie pintada. Otra solución, sobre la que habría que estudiar su coste, sería la posibilidad de incorporar embellecedores cromados, como en tantos interiores *Premium* en los que se están instalando en los últimos años o piezas de aluminio cepillado o una imitación plástica de los mismos.

Tras unos ligeros cambios al boceto al ser introducidos en el programa de modelado *SolidWorks*, obtenemos el siguiente renderizado:



**Figura 17.** Renderizado del diseño escogido, mediante *SolidWorks*. Fuente: *Elaboración propia*.

A este diseño le podremos añadir, según como se presente el proceso de fabricación incluso una costura de unión entre dos paños, así como una costura decorativa que le aporte mayor calidad percibida al abrir la posibilidad de que se prolongue, hasta cierto punto, la personalización del producto según los deseos del usuario.



**Figura 18.** Renderizado del diseño escogido con costura decorativa, mediante *SolidWorks*.  
*Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo en cuenta el Concepto 1 de ingeniería la calidad percibida resulta subjetivamente mayor que en el concepto 2. Presenta un inserto grande montado sobre el panel de la puerta, una pieza decorativa sobre el asa del reposabrazos y una superficie acolchada en el mismo. Esto permite la inclusión de paños para forrar las piezas del inserto y la sección mullida del reposabrazos, con la posibilidad de hacerlo con piel artificial basada en materiales plásticos de todo tipo (PVC, TPO, TPU...) o bien de telas con patrones elaborados. Ambas opciones presentarían una calidad percibida buena, aunque posiblemente valga la pena considerar PVCs para el forrado frente a telas, dado que al usuario final le suele resultar más confortable y también más atractivo estéticamente, por lo que podría estar dispuesto a pagar más. Sin embargo, representa unos sobrecostes debido a la necesidad de fabricar un total de 4 piezas, de las cuales solamente podría salir económicamente factible fabricar dos o tres. Tal vez el embellecedor del asa sea una pieza que requiera una inversión comparativamente alta respecto al valor añadido que puede aportar, por lo que habría que buscar un proveedor que ya hubiera realizado estas inversiones en su propia línea productiva.

En ese caso, y para beneficiarnos de la flexibilidad que permiten las curvas del inserto tridimensional de los conceptos dos y tres, podríamos potenciar la calidad percibida aportando la pieza pintada. Lo más importante en cuanto a calidad percibida se refiere para este concepto es la posibilidad de personalización. Inclusive una posible versión sin pintura podría aportar calidad percibida si consiguiéramos desarrollar esta pieza en un material con un acabado superficial con un color negro más brillante, tal como ocurre en el asa y botonera del Ford Fiesta de 2018 (mostrado en el apartado 9.1 Análisis de mercado: Segmentos).

## 6. CÁLCULOS

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 6. CÁLCULOS

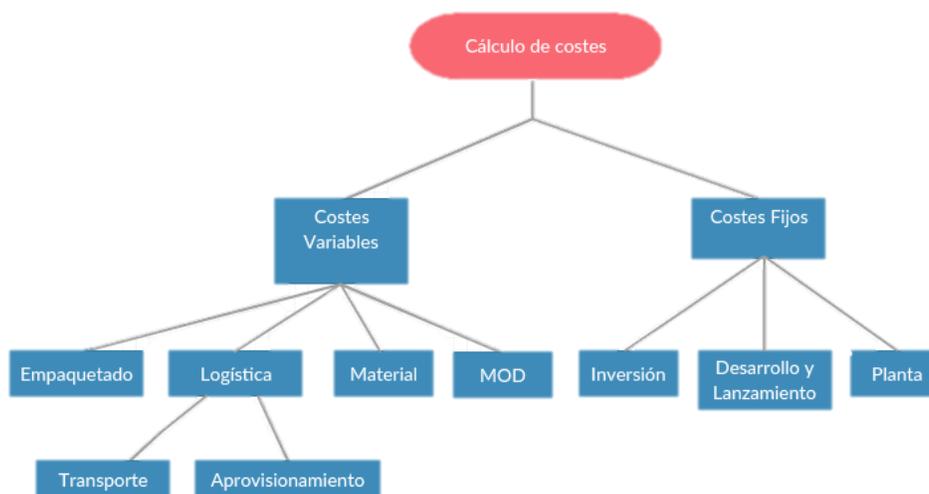
### 6.1 Metodología de cálculo

En esta sección, tal y como se expresó con anterioridad, NO se violarán derechos de confidencialidad de Faurecia ni se detallará la metodología propia de la división de Interiores. Se expondrán consideraciones aproximadas y suposiciones basadas en la experiencia y decisión personal, que estarán fundamentadas en información obtenida públicamente o, en su defecto, en hipótesis justificadas debidamente.

El modo de proceder en los cálculos de este proyecto consistirá en realizar varias simulaciones en función de los materiales y tecnologías que se vayan a utilizar.

Cuando se haya detallado la cantidad de WC, podremos analizar los impactos de producir en una planta u otra, obviamente habiendo considerado también los ciclos logísticos que se precisarán.

Este es un pequeño esquema del alcance del cálculo de costes, dentro de los cuales, nos centraremos especialmente en los costes variables.



En el cálculo de costes asociado a la unidad producida, tenemos dos grandes núcleos de costes, los variables y los fijos:

- Dentro de los costes variables:
  - o Empaquetado: Precio de cajas, bolsas, separadores y otros elementos que forman el empaquetado.
  - o Logística: Coste de todos los flujos entre proveedor, Faurecia y cliente, incluyendo el aprovisionamiento en la propia planta de Almussafes.

- Material: Tanto materia prima como piezas de compra, se considerarán también los costes de scraps que se revertirán sobre el coste de cada pieza producida, a pesar de ésta haber salido OK.
  - MOD: es la mano de obra directa, con la que se producirán las piezas. A estos operarios habrá que sumarles el coste del líder del grupo autónomo de producción, que no produce directamente sino que se dedica a retrabajar piezas, rellenar hojas de rendimiento y calidad, incidencias y a solicitar materiales cuando las estaciones vayan vaciando los *shopstocks*.
- Costes fijos:
- Inversión inicial: se refiere a todas las compras realizadas en bienes o servicios necesarios para una producción eficiente. Esto incluye la maquinaria, los contratos iniciados con empresas de subcontratación, la redistribución del suelo de la planta, los utillajes y moldes, etcétera. Según la máquina (si es dedicada o compartida) necesitará amortizarse completamente o parcialmente en los años de producción del producto/proyecto.
  - Desarrollo y lanzamiento: costes de ingeniería y administrativos realizados durante los 2-3 años anteriores al lanzamiento. Éste último consiste en el testeo de las máquinas en la planta, la producción de las primeras muestras y su estudio metrológico, el momento de realizar correcciones en los moldes y auditoría de proveedores.
  - Planta: estos costes son los que tendrá que hacer frente la planta de producción por el hecho de producir estos productos, siendo la energía y agua, el personal de oficina dedicado a este proyecto, equipos como carretillas, EPIs, etc...

## 6.2 Cálculos logísticos

En este apartado del documento calcularemos los costes por pieza de la manipulación, transporte y empaquetado de los productos necesarios para la producción.

En cuanto a los *incoterms* que se utilizarán para los diferentes productos, nos supondrá un coste únicamente de transporte y empaquetado para los productos que se reciben. Los productos que salen estarán sujetos a cero costes logísticos gracias a que lo recogerá el cliente, por lo que ni siquiera tendremos que pagar un empaquetado, al utilizar los contenedores y el *conveyor* (algo así como un montacargas transportador) que conecta la fábrica de Faurecia con la de Ford en Almussafes, así como con varias otras empresas de todo tipo situadas en el polígono industrial.

Esto supone una pérdida de oportunidades de aportar valor al producto, al encargarse el cliente final de realizar ciertas tareas que, aunque son sencillas, significa que éste controlará la recogida del producto y tendrá más poder en la negociación, eliminando cualquier posibilidad de margen en la logística final.



Figura 19. Conveyer de Ford que conecta con múltiples proveedores. Fuente: Itercon<sup>25</sup>

### 6.2.1 Transporte y empaquetado

La realidad es que las plantas de producción rara vez invierten en silos si no se va a utilizar más de 150 toneladas de un mismo material al año y, teniendo en cuenta que tenemos tres materiales con consumos anuales bastante menores a estos (124 toneladas de P/E MD-20, 58 de PP MD-15, y alrededor de 15 de ABS), es evidente que tendremos que utilizar un método de almacenamiento alternativo.

Existen cajas de cartón especialmente diseñadas para el transporte de material cuando el consumo de éste no llega a justificar la utilización de un camión cisterna para transporte de polvos y sólidos granulados. Es un contenedor que se conoce como *Octabin* y debe su nombre a que es un recipiente (*bin*) basado en un prisma octogonal. Generalmente incluyen una bolsa de alta resistencia y los hay de diferentes tamaños. Sin embargo, para la carga en un tráiler, las dimensiones comerciales que más nos interesan serían las ilustradas en la figura.

Teniendo en cuenta estas dimensiones de Octabin, y también las dimensiones de un *Europe Mega Trailer*, procederemos al cálculo de palés por camión y camiones por año.

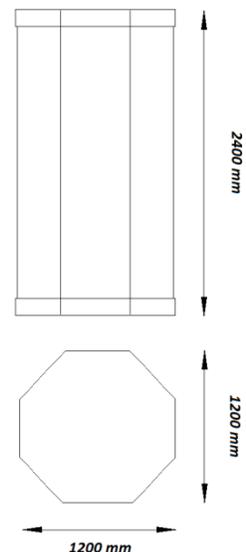


Figura 20. Dimensiones de Octabin de 2000kg. Fuente: Elaboración propia

**Figura 21.** Dimensiones exteriores de un *Europe Mega Trialer*. Fuente: DSV<sup>26</sup>

Necesitamos modificar las dimensiones ligeramente para obtener el tamaño interior real del semirremolque.

Para ello, consideramos:

- Una longitud útil de máximo 13.5 metros, en lugar de 13.95. Esto se debe a que los palés deberán ir espaciados al inicio y al final de las paredes del camión.
- Una altura útil de 2800mm, a diferencia de 2942mm, con el fin de permitir elevar los palés lo suficiente como para no arrastrarlos ni rozarlos con el suelo o techo.
- Una anchura útil de 2400mm. Es equivalente a colocar dos palés tradicionales de 1200 x 1000 x 150 mm con espacio suficiente para evitar dañar el contenido en las tareas de manipulación.

En cuanto a su dimensión transversal, es evidente que podremos equipar 2 palés de 1200x1200 mm. En cuanto a su dirección longitudinal, podremos colocar 11 palés.

Esto nos proporciona un total de 22 palés de 1200x1200 mm que cabrían en el almacenamiento del tráiler.

Se trata de un total bruto de 44 toneladas de carga, lo que nos plantea un problema, al no ser capaces de cumplir la Directiva 96/53/CE, que limita el peso máximo de los vehículos pesados a 40 toneladas (44 en el transporte combinado) y la longitud máxima a 18,75 metros. Teniendo en cuenta que el peso del camión tractor más el semirremolque vacío son 20 toneladas de media, nos quedamos solamente con un peso de 20 toneladas de carga posibles, por lo que podríamos cambiar nuestros *Octabins* a otros más bajos para poder distribuir mejor la carga entre los ejes, o realizar más viajes con el camión más vacío en cuanto a volumen se refiere.

Algo que también se hace en la industria es el hecho de realizar una ruta con múltiples paradas en proveedores con el fin de llenar el camión a máxima capacidad. Esto es lo que se conoce como “lechera” o *milk-run*. En este caso, debido a que el contenido de piezas compradas es extremadamente reducido para este proyecto, podríamos encontrar sinergias con el resto de proyectos de la planta si alguno de estos tuviera problemas para encontrar un hueco en algún camión y si fuéramos nosotros quienes tuviéramos demasiada poca carga.

En este caso y debido a que los proveedores principales de los materiales granulados utilizados en este proyecto se encuentran en los países de Francia y Alemania principalmente, la versión de inyección podría encontrar más sinergias que la de NFPP, ya que al no tener que transportar los insertos de Vigo, se podría rellenar ese espacio si programamos pedidos a una misma frecuencia, al menos en algunos de los transportes que sean necesarios para cubrir los stocks.

La ruta que engloba a Vigo perjudicaría al material granulado debido a que se aumentaría la distancia y las esperas en relación a una ruta directa, pero el coste del camión podría dividirse entre más unidades y resultar en un coste logístico menor, por lo que habrá que estudiarlo.

Vamos a considerar un coste de camión que contemple los siguientes criterios:

- Camión con consumo de gasóleo de 35\* litros/100km a un precio de 1.05\* €/litro.
- Coste de devaluación y mantenimiento del camión estimados a 0.28\* €/km.
- Por la ley que regula las horas de conducción y los descansos registrados en los tacógrafos de los transportistas, éstos no podrán superar las 9 horas diarias conducidas excepto durante dos días a la semana (en los que podrán conducir 10 horas) espaciados con al menos un día de 9 horas de conducción diaria, ni superar las 90 horas de conducción bisemanal, contabilizando dos semanas consecutivas.
- Coste asociado a un transportista pagado a medias entre España y Francia (28\*€/h)
- Una velocidad media de 70\* km/h
- Un coste de pernocta de 60\*€.
- Una distancia de 1497km desde la planta de químicos de LyondellBasell en Marsella hasta Vigo con un peaje de 225\*€.
- Otros 965 km desde Vigo hasta Almussafes, con 35\*€ de peaje.
- Una distancia de LyondellBasell Marsella a Almussafes de 875 km con peajes por valor de 265\*€.

En cuanto al empaquetado, tendremos que pensar sobre la disposición de cada pieza dentro de la caja y sobre el palé, de manera que podamos contabilizar la cantidad de piezas que seremos capaces de transportar y obtengamos un coste por pieza de tanto el transporte como el empaquetado.

Los palés utilizados para los insertos de NFPP deberán ser de 1200 mm (la anchura normalizada, un múltiplo de 1200 mm) y de 1000 mm de longitud para los palés normalizados europeos. Las cajas llevarán cantoneras (refuerzos en las aristas) que nos permita apilar dos palés de 1200 + 150 mm de altura para aprovechar el espacio. En esta disposición, seríamos capaces de encajar 4 filas de insertos a lo largo y un total de 152 piezas encajadas con un separador entre la cara vista de un inserto y la no vista del otro para evitar desgarros o manchas en la vista. Podremos apilar un total de 4 pisos de estas piezas por caja, lo que nos devolverá un valor de 2432 piezas por caja, una autonomía de 0.91 días por caja recibida. Estamos hablando de 338 kg/caja (a un peso de unos 139 gramos por inserto).

Llegar al límite con un camión que solo transporte estas piezas sería emplear 26 cajas por altura, es decir, 52. Con un peso de unos 25 kg/palé y 338 por caja, nos quedaríamos cerca del límite, con 18.88 toneladas, con una autonomía de producción en planta de 47.3 días.

La mejor manera de coordinar los transportes sería igualar la autonomía que proporcione la entrega en cada material para mantener el camión lo más equilibrado posible. Para el PP MD-15 del inserto, cada *Octabin* de 2000 kg podría proveer a la planta durante 3.95 días, uno de ABS de la tira pintada durante 16.67 días y el P/E MD-20 del reposabrazos durante 1.85 días. La pintura se recogerá en un punto acordado cerca del último desvío de la frontera entre Francia y España. El cálculo para *Octabins* de dos toneladas resulta muy desequilibrado en cuanto a autonomía y nos representa un factor limitante en la utilización del espacio del *Europe Mega Trailer*.

Probaremos con *Octabins* de una tonelada:

	Toneladas	Palés	Número (TM,unid)	Autonomía producción (días)	Superficie (m <sup>2</sup> )
<b>Carga máxima del camión</b>	20				32.4 (en un plano)
<b>PP MD-15</b>	4,12	4	4	7,9	5,76
<b>P/E MD-20</b>	9,24	9	9	8,32	12,96
<b>ABS</b>	1,03	1	1	8,33	1,44
<b>PINTURAS (5 COLORES)</b>	0,42	0,8	40	8	1,2
<b>Endurecedor</b>	0,09	0,2	8	8	
<b>Insertos (NFPP)</b>	3,04	9	2188	8,19	10,8 (en dos planos)

**Tabla 17**

Con estas cantidades, tendremos un camión que pasará cada semana en el caso de la versión en NFPP. Además, hemos cambiado las dimensiones de los *Octabins*, de 2400 mm de altura a 1200 mm, esencialmente por la carga que pueden llevar, que nos beneficia enormemente a la hora de coordinar los transportes si utilizamos contenedores de 1 tonelada en lugar de 2. Nos quedará una eficiencia de carga del 90,4% del camión que, por supuesto, se verá limitado por peso.

En el caso de la versión con el inserto inyectado, lamentablemente no nos sale a cuenta hacerlo con menos frecuencia debido a que el factor limitante es el ABS. Una tonelada de ABS nos permite tener una autonomía de 8.33 días, que no podemos duplicar junto con lo demás debido a la limitación de peso. No podríamos reducir a la mitad la frecuencia para poder traer el ABS de dos en dos toneladas con un mismo camión. Lamentablemente no podremos mejorar el 72,4% de la carga con ningún otro material si no queremos acumular stock. Es por esto que existen más posibilidades de encontrar sinergias si, por ejemplo, esta misma planta (Almussafes) necesitara equilibrar alguno de sus pedidos de material o cualquier otra pieza y tuviera que hacerlo utilizando este flete. En este caso interpretaremos que no existirá esta posibilidad y que el sobrecoste de no llevar el camión lleno lo tendrá que hacer frente el resto de contenido del tráiler.

El coste por camión dependerá del tramo:

- Marsella-Vigo supondrá 1853.11€ y una espera de unas 45 horas.
- Vigo-Almussafes supondrá 1105.84 € con una espera de 26 horas.
  - o Esto supone un total de 2958.95€ por el envío de Marsella a Almussafes con la versión de NFPP y una espera de unas 71 horas.
- Marsella-Almussafes supondrá 1241.56€ con una espera aproximada de 25h.

El desglose del cálculo se detallará en los anexos. Esta es una hipótesis ya que ni siquiera el autor del proyecto posee acceso a la información confidencial del Grupo.

El coste unitario del transporte será el siguiente:

COSTES DE TRANSPORTE Y EMPAQUETADO POR KG O UNIDAD (en €)				
	NFPP		INYECCIÓN	
	TRANSPORTE	EMPAQUETADO	TRANSPORTE	EMPAQUETADO
PP MD-15	0.169	0.090	0.071	0.090
P/E MD-20	0.169	0.090	0.071	0.090
ABS	0.169	0.090	0.071	0.090
Pinturas	0.352	0.052	0.179	0.052
Endurecedor	0.352	0.052	0.179	0.052
Insertos NFPP	0.016	0.068	0	0

**Tabla 18**

## 6.2.2 Manipulación

En cada programa existe un personal dedicado a la recepción y entrega de mercancías. Estas manipulaciones deben considerarse en el cálculo de los costes variables ya que puede suponer una parte para nada despreciable del coste variable asociado a una pieza.

En cuanto a sus costes fijos asociados, se presenta una mayor dificultad debido a la información de necesaria obtención: si el almacén está en alquiler, cuántas estanterías poseen, cuántas personas se encuentran en oficina realizando inventarios, cuántas carretillas están en uso, cuántos AGVs (*Automated Guided Vehicle*, vehículo guiado automáticamente), cuánto cuesta el mantenimiento de ambos...

El empaquetado y manipulación de un palé (tanto si es a la zona de recepción como si es a la zona de entrega) requiere más personal del que puede imaginarse sin tener demasiados conocimientos de ello. Desde el momento en el que entra un camión cargado con materia prima o piezas de compra, se necesita un tiempo por pieza para su manipulación que depende del número de piezas que contenga el palé, el tamaño tanto de la pieza como del palé y su lugar de almacenaje (es decir, la distancia hasta su estante dedicado de almacenaje).

Si tenemos en cuenta la eficiencia de los trabajadores en toda la planta, que rara vez supera el 60%, obtenemos una serie de penalizaciones por cada manipulación de una pieza. Estamos estableciendo que por cada uno de los factores mencionados en estos últimos párrafos, muy probablemente debamos duplicar su impacto para obtener un coste asociado a esta tarea.

Este paso se estimará debido a que no poseemos planos de situación de la sección de recepción de mercancías de la planta ni tampoco conocemos la manera en la que el camión descargará. Alquilando un *Europe Mega Trailer* con cortinas para facilitar su descarga en caso de que no se posea un almacén a nivel en el que las carretillas puedan entrar dentro del tráiler para realizar sus tareas facilitaríamos la manipulación, pero como medición conservadora, diremos que cada conjunto necesitará 26 segundos de

descarga de camión y manipulación hasta zona de almacenaje (por puerta) y para preparar el producto en el *conveyor* de Ford por pieza será responsabilidad del resto del panel de puerta. Esto significa que no estamos contemplando cómo se dirige el conjunto al *Conveyor* ya que serán necesarios varios pasos de ensamblaje más tarde y será el panel entero el que reciba esta manipulación. Este será el WC que tomaremos en cuenta para Almussafes, independientemente de la versión a tratar.

En cuanto a los costes de manipulación a los que tendrá que hacer frente la planta de Vigo, necesitaremos unos 10 segundos por pieza para recibir la materia prima que hará posible la fabricación del inserto en NFPP (no contemplado en la lista de materiales, al reflejar un precio de la mezcla por metro cuadrado a un gramaje acordado). Para su preparación para envío se invertirán unos 15 segundos por pieza empaquetada.

Más tarde, en la sección de cálculo de costes variables, tendremos en cuenta estos impactos y los detallaremos en el anexo situado hacia el final de este documento en la sección dedicada al proceso productivo.

## 6.3 Tecnologías y procesos

### 6.3.1 Elección de la máquina de soldadura.

El problema que se plantea para la línea de ensamblaje es si comprar una o dos máquinas de soldadura. Según los cálculos necesitaríamos 0.695 máquinas teóricas por puerta o 1.39 máquinas teóricas totales. Si realizásemos un cambio de utillaje para acoger ambas puertas estaríamos consumiendo un tiempo crucial que nos forzaría a utilizar 1.48 máquinas, en definitiva, dos. Nos enfrentamos a un problema, puesto que si compramos dos, las máquinas funcionarían de nuevo al 69.5% de la carga, con el riesgo de no poder aprovechar esa media máquina restante en ningún proyecto, y tener que asumir los costes fijos asociados a una producción que, además, es únicamente durante dos turnos.

Sin embargo, aún se puede mejorar, y es que cuando existen pocos puntos de soldadura (en este caso tenemos 8, 4 por pieza), podemos utilizar un robot que posee un sonotrodo en su brazo articulado y que no precisa de algunas acciones automáticas que llevan cierto tiempo (como la carga de múltiples generadores o un posible segundo paso de soldadura en la misma máquina). También suelen dar menos problemas de fiabilidad, al únicamente contar con un sonotrodo. Simplemente requeriría unos pocos segundos por cada punto y otros pocos para carga, descarga y pisado de la pieza contra la cuna.

También se podría valorar la posibilidad de soldar en una máquina tradicional con utillaje 1+1 si estos ensamblajes no son muy voluminosos, que realizase estos procesos en conjunto para los dos reposabrazos, con unos costes de utillaje bastante mayores pero una carga de igualmente 69.5%. Esto reduciría a la mitad los costes variables y prácticamente también los costes fijos.

Aquí se muestran los cálculos de las máquinas de soldadura.

TIPO DE MÁQUINA	Nº MÁQ POR LÍNEA	Nº UTILLAJES POR MÁQ.	VOL./AÑO DE PIEZAS POR MÁQ.	TIEMPO DE CICLO (s)	TACT TIME (s)	TIEMPO APROVECHABLE	CARGA DE LA MÁQUINA
Soldadura por ultrasonidos	1	1	150.000	48 s	86.4	80%*	69.5%
Soldadura por ultrasonidos	2	1	150.000	48 s	86.4	80%*	69.5%
Soldadura por ultrasonidos	1	1	150.000 + 150.000	48 s	86.4	80%*	69.5%
Soldadura por ultrasonidos	1	2	150.000 + 150.000	48 s	43.2	75%*	148.1%
Robot de ultrasonidos	1	0	150.000 + 150.000	22s + 22s	86.4	80%*	63.7%

**Tabla 19**

De esta tabla se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Una máquina de soldadura por ultrasonidos por sí sola sin precisar ningún cambio de utillaje podría trabajar a un 69,5% de ocupación. Si queremos cumplir la demanda tendremos que comprar dos máquinas dedicadas a soldar sendos insertos, uno para cada lado del habitáculo. Dos máquinas funcionarían a exactamente la misma carga, al encontrarse bajo las mismas condiciones que una sola. Como es lógico, de este modo duplicamos las máquinas (en torno a 100.000\* euros cada una, y los utillajes, en torno a 200.000\* euros cada uno) para un total de unos 600K€\* solo en la inversión necesaria para la compra, a falta de instalación y validación en planta.
- Por otra parte y únicamente a causa del reducido tamaño que representa el reposabrazos, podemos emplear una única máquina con un utillaje de dos huellas, ya que están diseñadas para paneles enteros de gran tamaño, para ahorrar en torno a 200K€\*, 100K€\* por la máquina y otros 100K€\* por reducir de dos a un utillaje doble (con un incremento del 50% de su precio si fuera de una huella). La carga se conservaría de la misma manera, puesto que el tiempo transcurrido sería el mismo, solo que las piezas por ciclo se duplicarían. Por consiguiente, no tiene ningún sentido emplear dos utillajes sencillos y cambiarlos sobre la misma máquina, debido a que la carga sin cambios de utillaje ya supera con creces el 50% y no se puede duplicar sin emplear dos máquinas, además del sobre coste que supondría lanzar y validar dos utillajes en lugar de uno doble. Esta ya es una muy buena oportunidad de reducir los costes.
- Por último, un robot de ultrasonidos representa un coste de máquina de en torno a 200.000€\* y no precisa utillajes, debido a que se trata de un brazo móvil que localiza los puntos y los suelda de manera muy versátil. Esto representaría un coste de maquinaria superior a una máquina de soldadura tradicional, pero se ve muy beneficiada por la ausencia de utillajes. Esta salida es la que

parece más favorable de estas otras que se han propuesto, pese a precisar de mayor superficie de planta para su colocación. Estudiaremos el impacto que este aumento de superficie tiene en el apartado referente al cálculo de costes fijos.

### 6.3.1.2 Tiempos y recuento de operarios

Con el volumen anual de 150.000 vehículos por año, 225\* días trabajados y 2 turnos por día obtendríamos un tiempo objetivo (o *tact time*) de 86.4 segundos.

$$Tact\ Time\ (TT) = \frac{Días\ trabajados \times horas\ por\ turno \times núm.\ de\ turnos \times 3600}{Volumen\ anual}$$

$$Tact\ Time\ (TT) = \frac{225 \times 8 \times 2 \times 3600}{150000} = 86.4\ segundos/vehículo$$

#### Fórmula 5

Esto es, cada 86.4 segundos necesitamos que **un vehículo** se termine. Esto significa que el último paso de ensamblaje tiene que terminar en, a lo sumo, el *tact time*, que por puerta, con dos líneas de ensamblaje y trabajando a dos turnos serían estos mismos 86.4 segundos.

Según los cálculos estimados obtenemos los siguientes tiempos clave:

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE				
Estación	Tiempo de Ciclo (s)	Tareas a realizar por el operario	Tact time (s)	Work Content (s)
Robot de soldadura por ultrasonidos	44	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coger las piezas del carro.</li> <li>- Preencajar el inserto y autoclipar las dos mitades del reposabrazos.</li> <li>- Colocar el conjunto sobre la cuna de soldadura.</li> <li>- Accionar botón de inicio</li> <li>- Descargar piezas ensambladas.</li> <li>- Realizar autoinspección visual.</li> <li>- Llevar la pieza hasta la mesa de ensamblaje.</li> </ul>	86.4	24
Mesa de ensamblaje	47	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coger pieza pintada y 3 tornillos.</li> <li>- Precolocarla sobre el reposabrazos.</li> <li>- Precolocar los 3 tornillos de la pieza pintada.</li> <li>- Atornillar los 3 tornillos.</li> <li>- Realizar autoinspección.</li> </ul>	86.4	47
Mesa de inspección final	38	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recoger la pieza de la mesa correspondiente.</li> </ul>	86.4	38

- 
- Regresar a la mesa de inspección.
  - Inspección de cada pieza por separado
  - Pegado de la etiqueta.
  - Análisis de *poka-yokes*
  - Lectura de la etiqueta.
  - Asignación al carro correspondiente.
- 

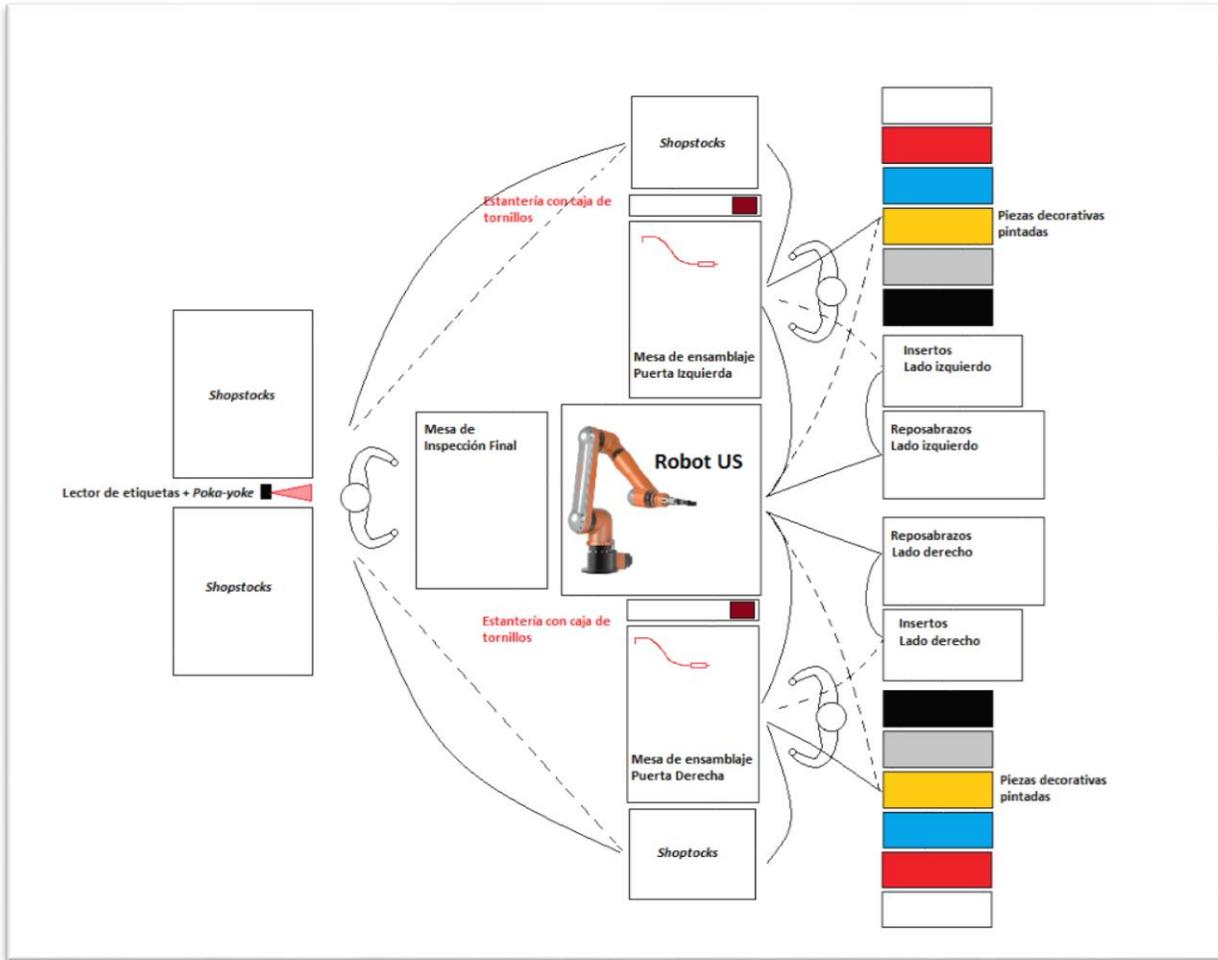
**Tabla 20**

Con un contenido de trabajo de 109 segundos, necesitaremos 1.26 operarios teóricos en la línea de ensamblaje para poder realizar todas las tareas dentro de *Tact time*. En este caso, a priori tendríamos que asignar dos operarios a esta misma tarea por cada puerta, lo que perjudicaría gravemente la eficiencia de la mano de obra directa, al perder tres cuartas partes de operario teórico por cada línea.

Para asegurar un mejor balanceo de la línea de producción, necesitaremos fusionar las líneas de cada puerta en una sola en la medida de lo posible. De manera que emplearemos un solo operario para realizar las inspecciones finales de las puertas, tanto derecha como izquierda, y otro operario para las tareas de ensamblaje y soldadura

Esta decisión de diseño de la línea va a estar fuertemente condicionada por este recuento de personal.

Debido a que un inserto y reposabrazos no son objetos especialmente voluminosos y tampoco pesados, no representaría mucha dificultad para un operario de una línea en U levantarlo y girar sobre sí mismo con el objeto para alimentar el resto de estaciones. Sin embargo, al contar con solamente una estación de trabajo por cada puerta, más dos comunes (robot de soldadura y mesa de inspección final), la longitud de la línea y comunicación entre los operarios va a resultar muy sencilla. De esta manera podría surgir como válida esta distribución de la línea de ensamblaje:



**Figura 22.** Diseño de la línea de ensamble. Las líneas continuas representan desplazamientos del operario con pieza, mientras que las discontinuas representan desplazamientos sin piezas. *Fuente: Elaboración Propia*

Esta decisión conlleva un reajuste de WC, de manera que en lugar de realizar el WC técnico, se realizara el balanceado, aumentando los segundos de cada estación u operario hasta que el recuento termine en 3 operarios, un número entero.

### 6.3.2. Líneas flexibles

Como líneas flexibles, valoraremos las máquinas de inyección o de Termoconformado *One Shot* (en función de sus costes asociados), así como las máquinas de corte, costura, adhesivado y termoforrado (*Thermocovering*) si procede. Para ello, deberemos valorar las siguientes máquinas en función de las piezas que queramos obtener:

## Inserto

Para esta pieza hemos contemplado dos opciones factibles en cuanto a la creación del sustrato:

- Máquina de NFPP para la obtención de mantas prensables: Se trata de una máquina que, como hemos explicado con anterioridad en este documento, es una de las más grandes y probablemente de las más costosas que se conocen en el sector del interior de automóvil. Un precio de referencia son unos 15 millones de euros, lo que, si es una inversión que está sujeta a unos pocos proyectos, jamás resulta rentable. El objetivo de un concepto así es el abaratamiento en los procesos posteriores a la producción de las mantas, que equilibran e incluso benefician en la mayoría de ocasiones a esta tecnología. Por contrapartida, no es necesario un utillaje caro para este proceso, ya que es una laminación regulable en espesor y por tanto en gramaje (o densidad superficial, g/m<sup>2</sup>) y unas sierras que recortan la gran manta en otras rectangulares más pequeñas en función de la geometría del producto.
- Máquina de inyección (*Industrial Mold Machine*, IMM): A causa del abaratamiento de los termoplásticos, la inyección es casi siempre la tecnología favorita del mundo de la automoción en interiores. Es extremadamente versátil y es una de las mejores formas de obtener un volumen muy grande de piezas idénticas con comparativamente bajo coste. La máquina en cuestión necesaria para el inserto podría variar en función de las cavidades que se decidan en el molde. En este caso, y puramente por la versatilidad que obtendremos a la hora de ocupar la máquina en la que vamos a invertir, escogeremos una máquina IMM de 1200T con un utillaje de dos cavidades, otro de cuatro y uno más con ocho. El utillaje doble contendrá el negativo del inserto derecho e izquierdo, mientras que el cuádruple se encargará de dar lugar a las dos piezas constitutivas del reposabrazos. Además de los costes de máquinas y utillaje, habrá que contar con sus elementos periféricos como enganches para puentes-grúa y otros elementos como vallado de seguridad y dispositivos de control en el exterior de la zona de acción de la máquina.

En relación al forrado de la pieza:

- Versión en NFPP:  
Como hemos comentado, la producción en NFPP es extremadamente costosa y actualmente se encuentra perdiendo fuerza ante nuevas tecnologías y materiales alternativos. A pesar de ello, el concepto de un sustrato termoconformado (mediante tecnología *One shot*) resulta extremadamente atractivo si es necesaria la compra de máquinas para el forrado automático o si se busca evitar la utilización de mano de obra directa al encontrarse en países con altas tasas horarias. Esta tecnología puede evitar la utilización de máquinas para el adhesivado como cabinas de aplicación de adhesivos base agua o rodillos de *Hotmelt*, así como la posibilidad de, en un solo paso y con un solo operario directo, producir múltiples piezas con la forma deseada, con los agujeros para las buterolas ya mecanizados y con un forrado fiable y automático, sin necesidad de retrabajos manuales de doblado de cantos. Esta última ventaja se debe a que las ensamblar el inserto desde la parte posterior del panel de puerta.  
Una máquina de *One Shot* requiere una alta inversión y ocupa mucho espacio físico. Sus utillajes de 6 cavidades son una suma prácticamente despreciable en relación a los costes fijos del proceso.

En este caso, no necesitaríamos nada más que un único paño laminado con espumas de polipropileno de 3 mm de espesor sin aplicar cargas y una película impermeable que evite que las fibras y las hebras de plástico se introduzcan en los poros de la espuma y terminen por rigidizarla. Sería imposible la costura de ningún tipo en esta tecnología debido a la imposibilidad de conocer cuál será la posición final del cordón de costura en la pieza terminada. Tecnológicamente no tiene demasiada complicación, pero daría muchos problemas de calidad percibida al no ser consistente en la posición de la costura, por lo que en esta versión eliminaremos esta característica de personalización.

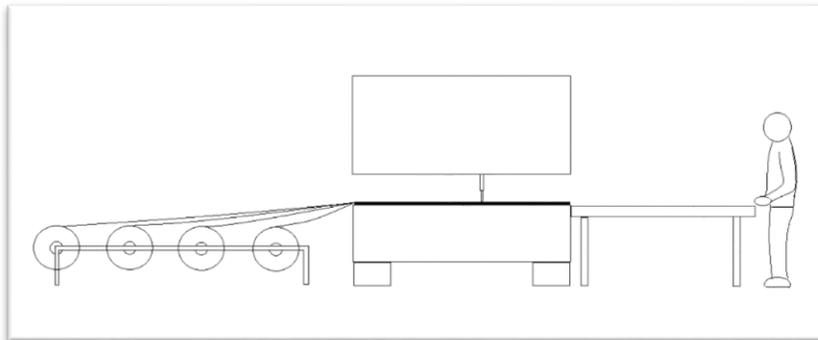
Para ello es necesario estudiar las máquinas de corte de los paños, que serán comunes a la tecnología de inyección. No es necesario un adhesivo, ya que es el propio polipropileno de la mezcla el que “sueda” el conjunto a la película, y ésta a la base de la espuma del paño.

- Versión de inyección:

En esta versión, como hemos dicho, nos ahorramos una cantidad importante de inversión, al invertir en máquinas más pequeñas y menos caras que en la producción de la manta y su conformado. Simplemente para el sustrato, esta tecnología sale ganando, ya que la inyección es un proceso muy fiable, relativamente rápido y muy versátil, por lo que es posible que otras piezas de otros proyectos sean capaces de ocupar la máquina y rentabilizarla con un coste fijo menor asociado a cada pieza. Además de esto, relativo a la versatilidad, estas máquinas pueden producir piezas que no requieran forrado, a diferencia de la tecnología de fibras, por lo que se adapta a un gran abanico de *Trim Levels*.

Como contrapartida, además de las máquinas de corte que ambas tecnologías requieren para el paño, se necesitaría un proceso de costura funcional y decorativa (que podrá añadirle valor en forma de calidad percibida a esta versión), otro de adhesivado y otro de forrado:

- Para el proceso de corte, utilizaremos una máquina de control numérico (CNC) con una hoja en su extremo para cortar un total de 8 rollos en un solo ciclo. Esto es posible debido a que colocamos una sucesión de 8 rollos de folio idénticos en posición horizontal y la máquina se va alimentando de todos ellos a la vez, como se muestra en la ilustración.



**Figura 23.** Ejemplo de distribución de los rollos de material para paños en una máquina de corte por CNC.

*Fuente: Elaboración Propia*

En este caso, contamos con múltiples cavidades en la superficie del folio, multiplicadas por 8 rollos que tenemos, algo así como un corte pasante por todas las láminas. Esta máquina no requiere utillajes y tampoco es la máquina más cara que utilizaremos.

- Para el cosido, utilizaremos máquinas de coser de dos tipos. Para cosido funcional, con una única aguja que realiza puntos muy próximos y cruzados entre sí para reforzar la unión con la ayuda de una tira textil para unir ambos paños, y por otro lado máquinas de cosido decorativo. Éstas últimas cuentan con dos agujas y sirven para crear un cordón doble sin ningún afán de cohesión entre paños, sino únicamente dedicadas al acabado estético y la personalización que ofrecen las marcas para el usuario final. Estas máquinas revertirán sus costes fijos, que estarán asociados al precio de las máquinas que resultan bastante más costosas de lo que podemos imaginar tanto si son funcionales como decorativas.
- El proceso de adhesivado y forrado se puede realizar en base a dos adhesivos:
  - Basado en agua: Requerirá un pulverizado manual en una cabina de adhesivos comparativamente barata, o mediante un brazo robótico sobre el sustrato y el paño. Además por tratarse de un material basado en polipropileno, será necesario un proceso de flameado de la superficie previo a la pulverización de adhesivo para permitir la correcta interacción física de los materiales del sustrato y el pulverizado que, de no realizarse, el pegamento se desprendería transcurrido poco uso. Esta operación se realiza generalmente con un robot articulado además de un sistema de combustión de butano, por lo que necesitaremos una máquina libre de utillajes, aunque con un coste de elevado. Más tarde, para evaporar el agua, se introducirán ambos elementos en un horno. Por último, habrá que forrar la pieza utilizando calor para reactivarla, de forma manual para asegurar la colocación del cordón de costura sobre el rebaje del sustrato (que es un surco que acomoda el cordón para asegurar que por la cara vista no sobresale del plano). Si es una operación manual, necesitaremos una pistola de calor para uso industrial. Para esta automatizar esta operación utilizaríamos una máquina de forrado por membrana con aplicación de calor.
  - *Hotmelt*: Requerirá una máquina de aplicación de adhesivo por rodillos bañados en *Hotmelt*, que solo lo aplica al paño y a continuación, aprovechando que se encuentra en un estado de líquido extremadamente viscoso, se aplica sobre el sustrato, generalmente mediante un proceso automatizado. En este caso, si queremos conservar las costuras, no podremos utilizar este adhesivo, debido a que una vez el paño entra en contacto con el sustrato, es extremadamente difícil moverlo para ajustar la posición del cordón dentro del rebaje.
- El forrado de estas piezas los realizaremos mediante máquina de Termoforrado (*Thermocovering*) en el caso de utilizar PVC y tela si no quisiéramos un paño con cosido decorativo, lo cual nos ahorraría el proceso de corte. Se puede utilizar también una

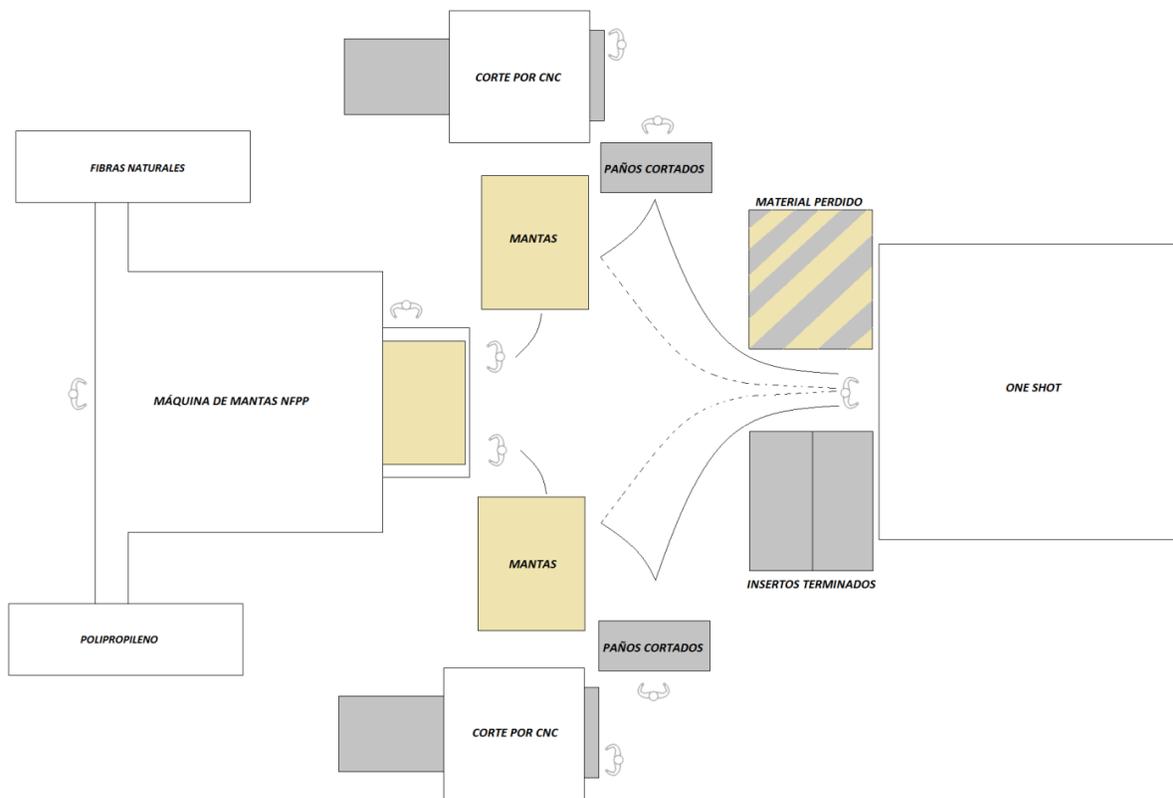
“chupona” (máquina de vacío por membrana) para forrar con PVC o realizar un forrado manual tanto en PVC como en tela.

En este caso, debido a que contamos con piezas pequeñas de tamaño y un volumen elevado, podríamos justificar la utilización de una máquina de vacío por membrana para el caso del PVC, por lo que apartaríamos la versión del forrado 100% manual de la tela.

### Reposabrazos y tira decorativa.

Para estas piezas, debido a la geometría, no tenemos otra manera fiable, factible y rentable de producirlas si no es mediante un moldeo por inyección.

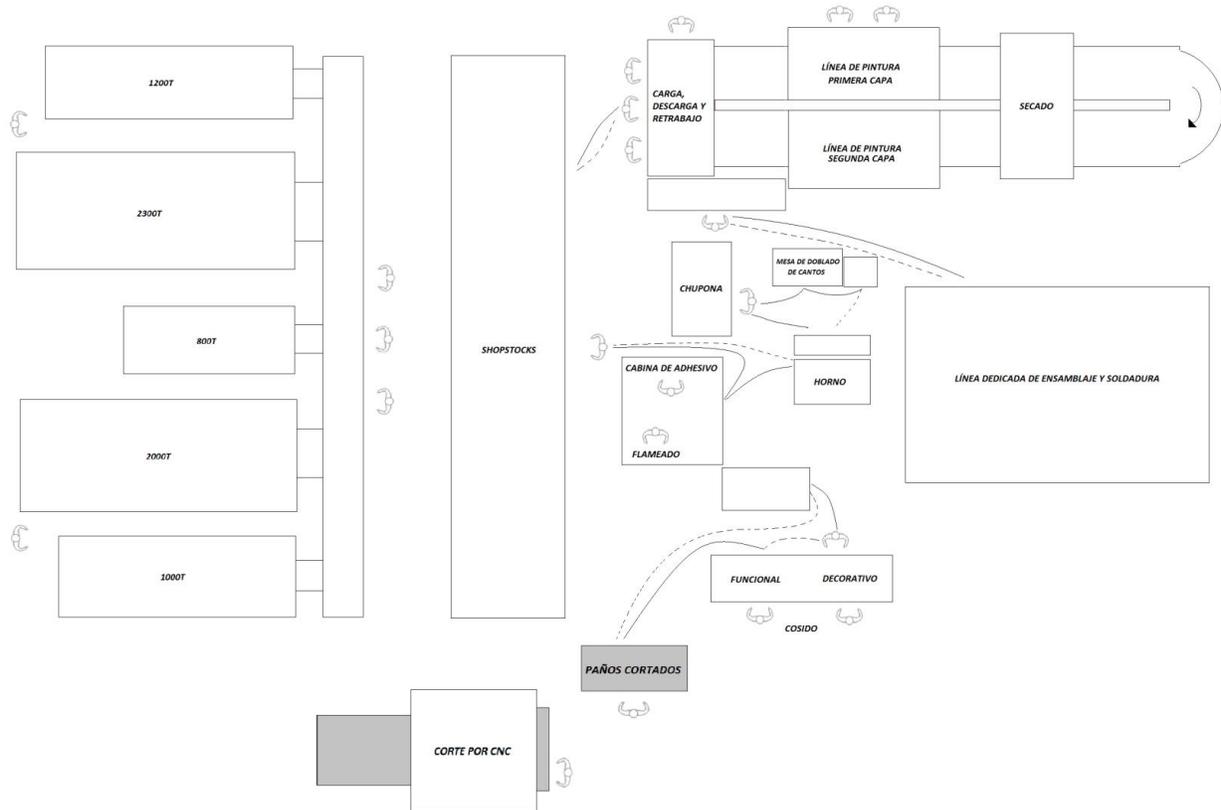
Como hemos mencionado en la sección del sustrato del inserto, precisaremos de una máquina de inyección (hemos seleccionado la máquina de 1200 Toneladas de fuerza de compresión) y sus correspondientes utillajes.



**Figura 24.** Ejemplo de distribución de la línea de producción en Vigo. Fuente: *Elaboración propia.*

Debido a que esta es una línea flexible, y que sus tiempos de ciclo funcionan de manera independiente a *Tact Time*, no representa ningún problema de balanceo, pues todas las estaciones trabajan tan rápido como pueden y sin necesidad de estar coordinadas debido a los tiempos de ciclo de cada máquina y a que

cada proyecto demanda una carga de máquina variable. Es por esto que las acciones no tienen por qué ir sucedidas unas tras otras todo el tiempo y por eso existen contenedores, mesas y estantes donde ir colocando las piezas producidas y mantenerlas a la espera de ser recogidas por la siguiente estación.



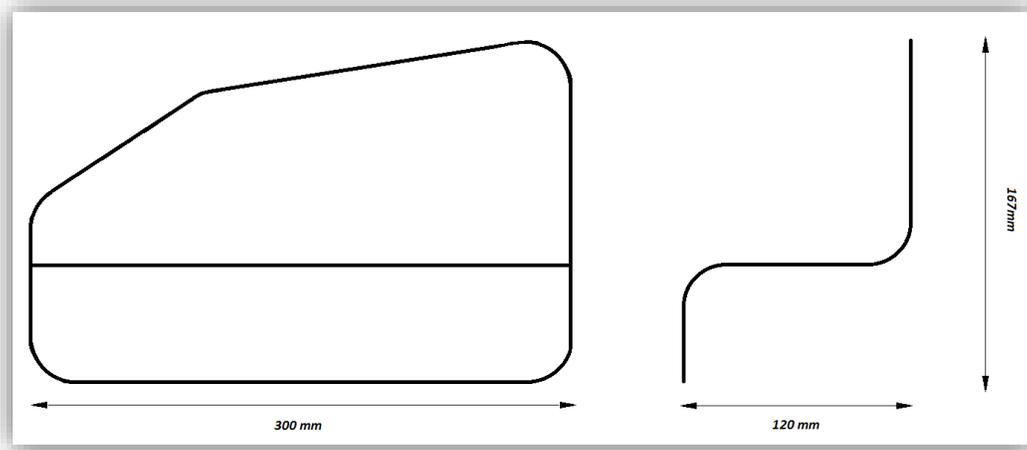
**Figura 25.** Ejemplo de distribución de la línea flexible de Almussafes. Fuente: Elaboración propia

En este caso, la distribución de la línea de Almussafes se ha diseñado de esta manera. Sigue teniendo las ventajas y desventajas de este tipo de líneas, y en este sentido sigue sin afectarle el *Tact Time* debido a que, incluso la máquina de corte que posee el mayor tiempo de ciclo, es capaz de hacer 40 piezas, por lo que no nos representa en ningún caso un cuello de botella.

### 6.3.3 Lista de máquinas y utillajes para la producción

Debido a que la máquina de mantas de NFPP expulsa un flujo continuo de manta que no está limitada en una de sus dimensiones (longitud), faltan por decidir concretamente las dimensiones de la manta que pensaremos más tarde para dar lugar al inserto, del mismo modo que ocurrirá en el caso del corte de

paños. Nos vemos en la necesidad de definir la pieza del inserto para establecer un tamaño de manta y de paño para el corte:



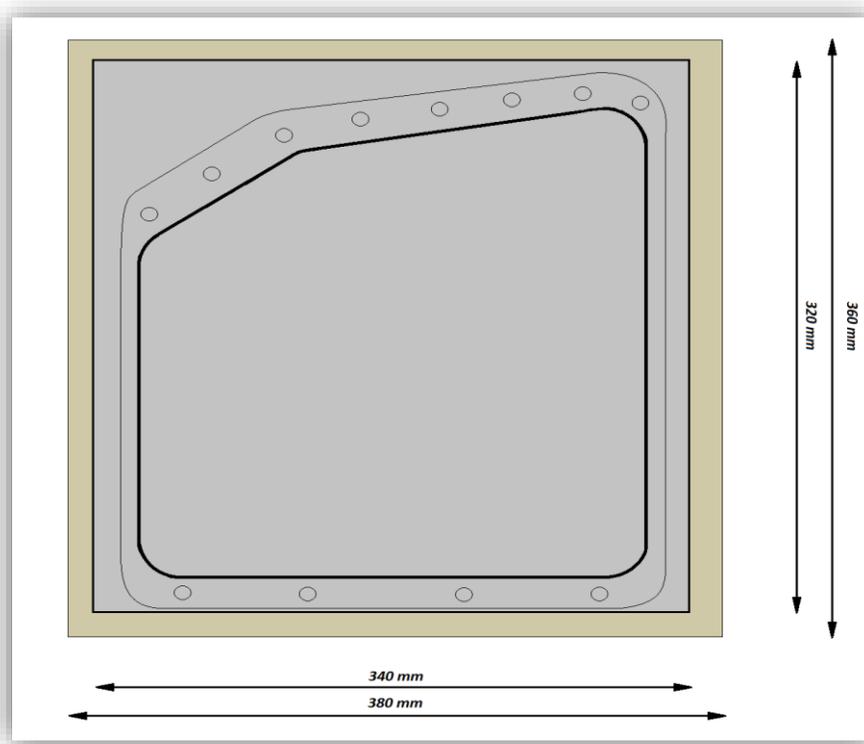
**Figura 26.** Dimensiones principales del inserto para las dos versiones de fabricación. *Fuente: Elaboración Propia*

Tal como podemos observar en la ilustración, se trata de una superficie que podría obtenerse en base a una lámina o una pieza plana.

En la ilustración se muestra un contorno más allá de la pieza abatida sobre el plano, debido a la naturaleza de la misma, se precisarán unos agujeros diseñados para alejar las buterolas que se introducirán desde el sustrato de la puerta (las de arriba) y desde el reposabrazos (las de abajo).

En el caso de ser una pieza de inyección, estos agujeros no existirían y habría que inyectar las buterolas en la misma pieza, de modo que el modo de preencaje de las piezas sería a la inversa. El inserto se montaría desde la cara vista de la puerta en la versión inyectada y lo haría en la versión NFPP desde la cara no vista, asomándose por un hueco del sustrato de la puerta. En este sentido, las buterolas siempre mirarían hacia el exterior del vehículo y nunca hacia el interior.

Las dimensiones primitivas de las mantas y paños serían las siguientes:



**Figura 27.** Ilustración que detalla el montaje boca arriba de la manta y paño previo a su estampación mediante *One Shot* NFPP. El marrón expresa las dimensiones de la manta y el gris nos informa sobre las del paño. Las líneas finas constituyen el contorno de la pieza final tras el troquelado de la máquina de *One Shot* Fuente: *Elaboración propia*

En este aspecto podremos calcular el número de paños/mantas que podremos extraer de cada máquina.

En el caso de la fabricación de las mantas:

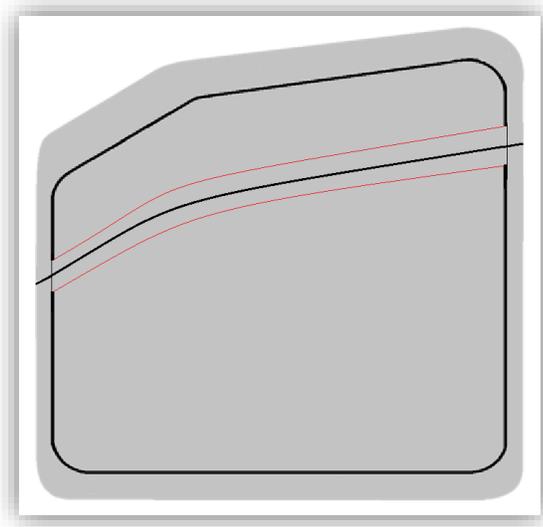
- El rendimiento o factor de aprovechamiento del material para estas mantas depende de la geometría de la misma, siendo variable según se coloque verticalmente u horizontalmente. En este caso obtendremos una eficiencia del 95% en el mejor de los casos, trabajando con 6 cavidades en un mismo ciclo de 25 segundos. Esto nos indica que el consumo bruto de esta manta es un 5% superior a la ilustrada en la figura, ya que su distribución a lo ancho de la máquina de mantas queda prácticamente acotada con un número entero.
- De la misma manera, conociendo el ancho de rollo del PVC o textil, podremos determinar cuál puede ser el factor de aprovechamiento del material en la máquina de corte por control numérico.

En el caso de los rollos, contaremos con un número normalizado comercial de ancho de rollo. Utilizaremos 1600 mm para la tela y PVC, entre los que estamos por decidir.

En este sentido y al ser los paños rectangulares, obtenemos una salida de 5 paños con una eficiencia del 100% en el corte, con un consumo bruto de 0.1088 metros cuadrados por pieza.

Establecemos así que, en cualquiera de ambos casos (si tela o PVC) tenemos una salida de 5 paños cada ciclo, por lo que en estos momentos queda patente que el proceso será exactamente igual a nivel de máquinas y tiempos, por lo que no tendrá ningún impacto en la inversión ni en los costes fijos de este proceso de fabricación. Nos guiaremos, pues, por los costes variables y la calidad percibida.

Cabe destacar que esta misma operación en la versión inyectada traería una pequeña ventaja de consumo de paños, debido a que en lugar de aplicar un paño rectangular sobre la pieza, se utilizarán dos paños que se coserán mediante cosido funcional y que, debido al doblado de cantos, deberán cortarse más a medida y siguiendo un contorno que en ningún caso será un rectángulo. De este modo, al haber un paño más esbelto, podremos encajar mejor los cortes en la misma superficie utilizada, por lo que, aunque el consumo neto sea mayor (al tener que solaparse en el cordón de costura), el consumo bruto de paño para la versión inyectada disminuiría un 5% respecto a la de NFPP, por lo que recibimos una mejora en cuanto a costes variables, aunque aumentamos el tiempo de corte (la cuchilla tiene más contorno que recorrer).



**Figura 28.** Ilustración que representa la línea interior de corte del paño (negro) y la posición del cordón de costura (rojo) en el inserto. *Fuente: Elaboración propia*

Establecemos así que, en cualquiera de ambos casos tenemos una salida de 5 paños por cada ciclo, por lo que en estos momentos queda patente que el proceso será exactamente igual a nivel de máquinas y tiempos, por lo que no tendrá ningún impacto en la inversión ni en los costes fijos de este proceso de fabricación. Nos guiaremos, pues, por los costes variables y la calidad percibida.

En estas líneas consideraremos los siguientes tiempos:

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LA LÍNEA FLEXIBLE DE VIGO					
Estación	Tiempo de ciclo (s)	Piezas por ciclo	Número de operarios	Scraps (%)	Work Content por pieza(s)
Máquina de mantas NFPP	25	6	5*	6%	20.8
Corte por CNC	230	40*	2*	0.8%	11.5
<i>One Shot</i>	95	6	1*	1%	15.8

Tabla 21

ESTUDIO DE LOS TIEMPOS DE LA LÍNEA FLEXIBLE DE ALMUSSAFES					
Estación	Tiempo de ciclo (s)	Piezas por ciclo	Número de operarios	Scraps (%)	Work Content por pieza (s)
Máquina de inyección 1200T	De 60 a 65	2, 4 u 8	1	De 1 a 1.6%	De 8 a 30
Corte por CNC	250	40	2	0.8%	12.5
Cosido funcional	80	1	1	0.1%	80
Cosido decorativo	80	1	1	0.1%	80
Flameado	80	6	1	0.5%	13.3
Cabina de adhesivo	50	2	1	0%	25
Horno	150	30	1	0.1%	5
Chupona	65	4	0.5	0.8%	33
Doblado de cantos manual	24	2	0.5	0.1%	12
Línea carrusel de pintura a una capa	100	50	7	6.5%	14

Tabla 22

Tras haber definido las líneas de producción con sus posibles máquinas, toca estudiar la inversión necesaria de capital para cada planta.

Versión en NFPP del inserto				
Pieza	Operaciones	Planta de FIS	Inversión en máquinas nuevas para el proyecto (K€)	Coste de utillajes (K€)
Inserto	Máquina para mantas, corte, <i>One Shot</i>	Vigo	0	85

Reposabrazos, pieza pintada	Inyección, pintura, soldadura y ensamblaje	Almussafes	925	225
<b>TOTAL</b>			<b>925</b>	<b>310</b>

**Tabla 23**

Versión inyectada del inserto				
Pieza	Operaciones	Planta de FIS	Inversión en máquinas nuevas para el proyecto (K€)	Coste de utillajes (K€)
<b>TOTAL</b>	Inyección, corte, costura, adhesivado, secado, forrado, pintura, soldadura y ensamblaje	Almussafes	<b>1020</b>	<b>340</b>

**Tabla 24**

No se ha incluido el desglose de la inversión por motivos de confidencialidad pero, tanto las máquinas a utilizar como el lugar de la planta quedan definidas a lo largo de este documento. Tampoco esta inversión se corresponde con la que el grupo necesitaría realizar, debido a que el precio de las máquinas ha sido modificado, así como la de los utillajes. Estamos considerando la inversión basándonos en una serie de normas.

- Si la línea es dedicada, se efectuará la inversión completa de tantas estaciones/máquinas como sean necesarias para la producción ininterrumpida. Esto significa que para ensamblaje, necesitaremos un robot completo de ultrasonidos, dos mesas de ensamblaje con destornillador y una de inspección final con *poka-yoke* óptico y escáner de etiquetado, y no se permitirá la posibilidad de utilizar estas estaciones para ninguna otra tarea.
- Si las líneas son flexibles, toda carga que supere el 50% será considerada como una máquina nueva para la cual no se compartirá la inversión con otros proyectos, aunque sí sus costes de amortización. Se considerará igual que una máquina con carga parcial para la cual se necesita inversión en forma de capital o *cash*.  
Si el período de amortización de esta máquina es superior a la vida del producto, deberemos pagar la inversión de la máquina pero obtendremos un valor residual por valor de la amortización restante de esta máquina.  
Esto quiere decir que si tenemos una máquina de 1.000.000€ que amortiza en 10 años cargada al 50% y la vida del producto son 6 años, habremos usado 3 años útiles, por lo que, a pesar de representar una inversión alta, solo necesitaremos amortizar 300.000€ en capital y el resto de proyectos que ocupen el otro 50% contribuirán en los otros 300.000€ para alcanzar la amortización a 6 años, y podremos recuperar 4 años de amortización íntegra ya pasados esos 6 años, al realizar la venta de esta máquina a otro programa por valor de 400.000€.
- En caso contrario, es decir, si no se requiere inversión debido a una carga baja, se aplicará la parte proporcional de esta carga al coste de la máquina en cuanto a su amortización anual. Esto significa que si una máquina tiene un período de amortización definido a 10 años y, por poner un ejemplo, cuesta 1.000.000€, la amortización anual se corresponderá con 100.000€ de los cuales pagaremos

la parte proporcional a la carga que se consuma nuestro proyecto durante los años de vida, al igual que en el párrafo anterior, excepto que no se precisa un desembolso inicial.

Como conclusiones de la tabla superior, podemos determinar que la inversión va a ser mayor en el caso de la inyección. Concretamente un 10.27% más en máquinas y un 9.68% en utillajes. Esto se debe a que la carga de las máquinas utilizadas en Vigo son lo suficientemente bajas como para poder acoplar el programa a máquinas ya existentes en planta sin ninguna inversión necesaria en cuanto a nuevas máquinas. Cabe destacar, sin embargo, que se trata de un valor que no está teniendo en cuenta la adaptación y validación de los procesos en las máquinas ni el reacondicionamiento de las mismas si no están en uso, así como pulmones o almacenamiento temporal de las piezas producidas.

## 6.4 Cálculo de costes

### 6.4.1 Costes variables

#### 6.4.1.1 Coste de material

Para conocer los costes variables necesitaremos saber los materiales que vamos a utilizar, los consumos y precios que se aplican a cada uno de ellos, así como los rechazos o *scraps* que se producen sobre el material.

Para ello, es necesario conocer un poco más de estos últimos.

Existen dos tipos de *scraps* que contabilizaremos en este estudio: los de proceso y los acumulados. Pongamos un ejemplo acerca de ellos:

Tenemos, por ejemplo, una inyección y más tarde dos procesos de pintura para pintar una pieza a doble capa, una de color y otra de barniz. La máquina de inyección produce un 2% de *scraps*, mientras que cada capa de pintura produce en torno al 7%. Esto significa que el *scrap* efectivo (el *scrap* que repercute en la cantidad de material que queda inservible) es un 7% para el barniz, un 14% para el color y un 16% para el plástico utilizado en la inyección.

Este fenómeno se traslada igualmente al proceso en MOD, debido a que, por culpa de echar a perder los componentes utilizados para los que la mano de obra ha invertido un tiempo, ésta tendrá que repetir el proceso un 16%, 14% y 7% más en estas funciones. Esto suele ser un problema muy grave para volúmenes muy altos en los que toda la línea de producción trabaja a tres turnos y el tiempo es crucial, debido a que el *tact time* de las primeras operaciones disminuye sustancialmente por tener que realizar más y más ciclos, pudiendo vernos obligados a duplicar algún proceso de inyección (con su consiguiente máquina, tal vez una nueva) o aumentar considerablemente la carga de la línea de pintura, que traería muchos costes fijos asociados.

En nuestro caso, debido a que las líneas dedicadas trabajan a 2 turnos y que el máximo de scraps acumulados que poseemos está en 8% ya que solo contamos con una capa, no corremos el riesgo de que debido a este problema tengamos que preocuparnos por no llegar a cumplir la demanda, pues las líneas flexibles trabajan siempre a tres turnos y sus ciclos son comparativamente bajos en relación a *tact time*.

PRODUCTO	Proveedor LOCAL / IMPORTADO	Incoterm	Moneda	Unidad de compra	Precio
<b>Materia prima</b>					
<b>Granulados</b>					
P/E MD-20 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,120*
PP MD-15 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,040*
ABS	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,530*
<b>NFPP, fibras naturales</b>					
Mezcla de Fibras Naturales + PP (1500 g/m <sup>2</sup> )	LOCAL	DDP	EUR	m2	1,900*
Película para NFPP	LOCAL	DDP	EUR	m2	0,250*
<b>Elementos de costura, textiles, PVC..</b>					
Folio de PVC con anchura de rollo 1600mm (si procede)	IMPORTADO	DDP	EUR	m2	14,500*
Folio de tela con ancho de rollo 1600mm (si procede)	IMPORTADO	DDP	EUR	m2	15,650*
Hilo funcional Negro	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,064*
Hilo decorativo Rojo	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,052*
Hilo decorativo Blanco	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,070*
Hilo decorativo Cian	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,068*
Hilo decorativo Naranja	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,053*
Hilo decorativo Gris	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,040*
Cinta para cosido funcional	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,120*
<b>Pegamentos y adhesivos</b>					
Pegamento base agua	LOCAL	DDP	EUR	Kg	9,600*
<b>Pintura</b>					
Rojo metalizado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	16,250*
Blanco sólido	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	11,200*
Azul metalizado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	17,640*
Naranja atardecer	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	16,550*
Plata satinado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	13,840*
Endurecedor o catalizador (en proporción 4:1)	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	15,200*
<b>Piezas de compra</b>					
<b>Con libre elección de proveedor</b>					
Tira decorativa (si procede)	LOCAL	EXW	EUR	Unidad	2,840*
Paño cortado en PVC (si procede)	LOCAL	EXW	EUR	Unidad	2,550*
Paño cortado en tela (si procede)	LOCAL	EXW	EUR	Unidad	2,260*
Tornillos M5	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,040*
Etiquetas autoadhesivas	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,005*

Piezas FIS VIGO - FIS ALM					
Inserto de Fibras naturales forrado mediante <i>One Shot</i> VIGO-ALMUSSAFES	FAURECIA	EXW	EUR	Unidad	

**Tabla 25**

Si observamos detenidamente la tabla, vemos que existen tres diferentes *incoterms* que, como hemos mencionado en el apartado de Aspectos Económicos (9.5.3 *Incoterms*) son los términos de comercio internacional utilizados para delimitar las responsabilidades entre vendedor y comprador en cuanto a costes logísticos se refiere. En el caso de *Ex Works*, EXW (que indica la entrega en las instalaciones del proveedor, sin incluir ningún coste logístico en el precio/pieza) y en *First Carrier*, FCA (que incluye el transporte hasta un punto convenido en el país del proveedor, normalmente en un punto con buena conexión con otros medios de transporte) nos veremos obligados al cálculo de los costes logísticos para los siguientes materiales o piezas que, si recordamos, habíamos calculado en el apartado de los cálculos logísticos.

Debido a que para conocer el precio de la manta que Vigo le vende a Almussafes, debemos conocer primero la estructura de costes de Vigo (para entonces poder aplicarle un margen de beneficio de un 3% al producto y permitir que la planta produzca con valor añadido) no conoceremos los costes variables de la versión de NFPP hasta haber determinado los costes fijos y variables de Vigo. De ahí la falta de un valor en su celda.

Con ayuda del CAD obtenemos el peso de las piezas inyectadas y hemos definido el número de tornillos necesarios en el concepto de ingeniería (en el apartado 5.1 Selección entre los posibles diseños – Concepto de ingeniería en el diseño). Consideramos que los bebederos se reintegran en el depósito de plástico granulado tras una tanda de inyección de un utillaje específico, por lo que no constituirá un consumo de material real, puesto que el peso bruto de la pieza terminará siendo igual al neto si reciclamos sus bebederos.

En cuanto a los consumos de material, estamos por definir lo menos automático. Se trata de las cantidades de pintura a utilizar, así como los de pegamento y la longitud de los cordones de costura para obtener la longitud del hilo.

En cuanto a la pieza pintada, presenta una superficie vista de 11721 mm<sup>2</sup> que, contando que se trata de una pieza muy esbelta, asumiremos que utilizaremos 8 veces más pintura de la que caerá en la pieza. Es lo que se conoce como “factor de *overspray*” y es un valor que, en base a la experiencia propia, está para nada exagerado. Según las especificaciones que utilizaremos comunes a todas las pinturas, tomaremos que 1 Kg es capaz de cubrir con un grosor de 1 micrómetro un total de 150 metros cuadrados. A pesar de esto, el espesor de capa que apliquemos (entre 25 y 45 micras), por muy bien que lo hagamos no será consistente pieza a pieza, por lo que basándonos en otras piezas similares en producción actualmente y suponiendo este factor de *overspray* podemos interpolar a 45,7 piezas pintadas correctamente por cada Kg de pintura consumida. El consumo de pintura medio será, por tanto, de 21,88 gramos por pieza.

En el caso del adhesivado, un pegamento base agua necesita una aplicación media de 225 gramos por metro cuadrado. Poseemos una superficie de 89890 mm<sup>2</sup> para el paño y 86295mm<sup>2</sup> para el sustrato, por

lo que el consumo será simple y llanamente la parte proporcional. Así, resultan 20.22 gramos para el paño y 19.42 gramos para el inserto. A estas cantidades, les vamos a aplicar un factor de *overspray* del 25%, por lo que el resultado final son 0.0496 kg de uso en el proceso para cada puerta

La tira de textil utilizada para el cosido funcional entre ambos paños en la versión inyectada la obtendremos del diseño del inserto. Consideraremos 340 mm de longitud del cordón sobre la pieza y un extra de 20 mm por cada lado para poder alojar el remate inicial y el final de la costura que impide que esta se deshilache con el tiempo. En total contamos con 380 mm de longitud del cordón de costura, lo cual precisará 4.5 veces esa longitud para el cosido funcional y 3 veces para el decorativo (al tratarse de una máquina con aguja doble). Esto nos da un total de 1710 mm de hilo funcional negro y 1140 mm para el hilo decorativo personalizable. Este es un coste muy bajo y no representa tanto en costes de material como en MOD y costes fijos asociados a la máquina y la línea.

Evidentemente, el coste de los materiales irá dado por esta simple ecuación:

$$\text{Coste material} = \text{consumo bruto} \times \text{precio} \times (1 + \text{scrap acumulado}) \times (1 + \text{factor pérdida})$$

#### Fórmula 6

Con:

- Consumo por coche, medido en unidades de compra (unidad, metro lineal, Kg, metro cuadrado).
- Precios en moneda de compra (EUR), incluyendo la logística.
- Costes logísticos resultado de los cálculos mostrados a continuación
- Scraps acumulados representados en tanto por uno.



						NFPP VIGO										
PRODUCTO	Proveedor LOCAL / IMPORTADO	Incoterm	Moneda	Unidad de compra	Precio	Empaquetado VIGO	Transporte ALMUSSAFES	Consumo por pieza (en unidad de compra)	Coste por pieza	Piezas por coche	Coste por coche	Scraps acumulados en material	Coste de los scraps	Coste del empaquetado	Coste del transporte	COSTE DE MATERIAL TOTAL COCHE
<b>Materia prima</b>																
<b>Granulados</b>																
P/E MD-20 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,120*	0,090	0,169			2						
ABS	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,530*	0,090	0,169			2						
<b>NFPP, fibras naturales</b>																
Mezcla de Fibras Naturales + PP (1500 g/m2)	LOCAL	DDP	EUR	m2	1,900*			0,1203	0,2286	2	0,4571	7,00%	0,0320			0,4891
Película para NFPP	LOCAL	DDP	EUR	m2	0,250*			0,1203	0,0301	2	0,0602	7,00%	0,0042			0,0644
<b>Elementos de costura, textiles, PVC..</b>																
Folio de PVC con anchura de rollo 1600mm (si procede)	IMPORTADO	DDP	EUR	m2	14,500*			0,1088	1,5776	2	3,1552	1,90%	0,0599			3,2151
<b>Pintura</b>																
Azul metalizado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	17,640*	0,052	0,352			2						
Endurecedor o catalizador (en proporción 4:1)	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	15,200*	0,052	0,352			2						
<b>Piezas de compra</b>																
<b>Con libre elección de proveedor</b>																
Tornillos M5	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,040*					2						
Etiquetas autoadhesivas	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,005*			1	0,0050	2	0,0100					0,0100
Inserto de Fibras naturales forrado mediante One Shot VIGO-ALMUSSAFES	FAURECIA	EXW	EUR	Unidad	Por definir	0,068	0,016			2						

Tabla 26

						NFPP ALM										
PRODUCTO	Proveedor LOCAL / IMPORTADO	Incoterm	Moneda	Unidad de compra	Precio	Empaquetado VIGO	Transporte ALMUSSAFES	Consumo por pieza (en unidad de compra)	Coste por pieza	Piezas por coche	Coste por coche	Scraps acumulados en material	Coste de los scraps	Coste del empaquetado	Coste del transporte	COSTE DE MATERIAL TOTAL COCHE
<b>Materia prima</b>																
<b>Granulados</b>																
P/E MD-20 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,120*	0,090	0,169	0,4054	0,8594	2	1,7189	0,0210	0,0361	0,0365	0,0287	1,8202
ABS	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,530*	0,090	0,169	0,0450	0,1139	2	0,2277	0,0800	0,0182	0,0041	0,0032	0,2532
<b>NFPP, fibras naturales</b>																
Mezcla de Fibras Naturales + PP (1500 g/m2)	LOCAL	DDP	EUR	m2	1,900*					2						
Película para NFPP	LOCAL	DDP	EUR	m2	0,250*					2						
<b>Elementos de costura, textiles, PVC..</b>																
Folio de PVC con anchura de rollo 1600mm (si procede)	IMPORTADO	DDP	EUR	m2	14,500*					2						
<b>Pintura</b>																
Azul metalizado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	17,640*	0,052	0,352			2						
Endurecedor o catalizador (en proporción 4:1)	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	15,200*	0,052	0,352	0,0040	0,0608	2	0,1216	0,0650	0,0079			0,1295
<b>Piezas de compra</b>																
<b>Con libre elección de proveedor</b>																
Tornillos M5	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,040*			3	0,1200	2	0,2400					0,2400
Etiquetas autoadhesivas	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,005*			5	0,0250	2	0,0500					0,0500
Inserto de Fibras naturales forrado mediante One Shot VIGO-ALMUSSAFES	FAURECIA	EXW	EUR	Unidad		0,068	0,016			2						

Tabla 27

								INYECCIÓN								
PRODUCTO	Proveedor LOCAL / IMPORTADO	Incoterm	Moneda	Unidad de compra	Precio	Empaquetado ALMUSSAFES	Transporte ALMUSSAFES	Consumo por pieza (en unidad de compra)	Coste por pieza	Piezas por coche	Coste por coche	Scraps acumulados en material	Coste de los scraps	Coste del empaquetado	Coste del transporte	COSTE DE MATERIAL TOTAL COCHE
<b>Materia prima</b>																
<b>Granulados</b>																
P/E MD-20 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,120*	0,090	0,071	0,4054	0,8594	2	1,7189	2,10%	0,0361	0,0365	0,0287	1,8202
PP MD-15 (Con valor de índice C3=1050 €/T)	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,040*	0,090	0,071	0,1891	0,3858	2	0,7715	3,10%	0,0239	0,0170	0,0134	0,8259
ABS	IMPORTADO	EXW	EUR	Kg	2,530*	0,090	0,071	0,0450	0,1139	2	0,2277	8,00%	0,0182	0,0041	0,0032	0,2532
<b>Elementos de costura, textiles, PVC..</b>																
Folio de PVC con anchura de rollo 1600mm (si procede)	IMPORTADO	DDP	EUR	m2	14,500*			0,0898	1,3015	2	2,6030	2,10%	0,0547			2,6577
Hilo funcional Negro	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,064*			1,7100	0,1094	2	0,2189	1,40%	0,0031			0,2219
Hilo decorativo Cian	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,068*			1,1400	0,0775	2	0,1550	1,40%	0,0022			0,1572
Cinta para cosido funcional	LOCAL	DDP	EUR	m lineal	0,120*			0,3800	0,0456	2	0,0912	1,40%	0,0013			0,0925
<b>Pegamentos y adhesivos</b>																
Pegamento base agua	LOCAL	DDP	EUR	Kg	9,600*			0,0496	0,4757	2	0,9514	0,15%	0,0014			0,9528
<b>Pintura</b>																
Azul metalizado	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	17,640*	0,052	0,179	0,0219	0,3860	2	0,7719	6,50%	0,0502			0,8221
Endurecedor o catalizador (en proporción 4:1)	IMPORTADO	FCA	EUR	Kg	15,200*	0,052	0,179	0,0040	0,0608	2	0,1216	6,50%	0,0079			0,1295
<b>Piezas de compra</b>																
<b>Con libre elección de proveedor</b>																
Tornillos M5	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,040*			3	0,1200	2	0,2400					0,2400
Etiquetas autoadhesivas	LOCAL	DDP	EUR	Unidad	0,005*			3	0,0150	2	0,0300					0,0300

Tabla 28

**CARGA EN EL CAMIÓN**

	Toneladas	Palés	Número unidades (tonelada /unidades /envases)	Autonomía producción (días)	Superficie
Carga máxima del camión	20				
PP MD-15	4	4	4	7,9	5,76
P/E MD-20	9	9	9	8,32	12,96
ABS	1	1	1	8,33	1,44
PINTURAS (5 COLORES)	0,4	0,8	40	8	1,2
Endurecedor	0,08	0,2	8	8	
Insertos (NFPP)	3,042	9	21888	8,19	16,2

**Tabla 29**

**COSTE DE TRANSPORTE UNITARIO**

	Carga NFPP	Carga Inyección	NFPP		Inyección	
			Palé	Kg o unid	Palé	Kg o unid
PP MD-15	23%	28%	168,870	0,169	70,857	0,071
P/E MD-20	51%	62%	168,870	0,169	70,857	0,071
ABS	6%	7%	168,870	0,169	70,857	0,071
PINTURAS (5 COLORES)	2%	3%	140,725	0,352	71,453	0,179
Endurecedor	0%	1%	28,145	0,352	14,291	0,179
Insertos (NFPP)	17%		57,078	0,016		

**Tabla 30**

**COSTE DEL EMPAQUETADO UNITARIO**

	Coste del envase desechable (€)	Coste del Palé	Unid o kg por palé	Coste por unidad o kg
PP MD-15	60	30	1000	0,0900
P/E MD-20	60	30	1000	0,0900
ABS	60	30	1000	0,0900
PINTURAS (5 COLORES)	0	20,8	400	0,0521
Endurecedor	0	4,2	80	0,0521
Insertos (NFPP)	140	25	2432	0,0678

**Tabla 31**

**COSTE DEL TRANSPORTE**

Versión del inserto	Lugar de origen	Lugar de destino	Distancia (km)	Consumo L/100Km	Coste del gasóleo (€/litro)	Coste en combustible	Costes del vehículo	Velocidad media	Tiempo invertido (horas)	Tasa horaria del transportista	Coste del transportista	Número de pernoctas	Coste por pernocta	Coste de las pernoctas	Costes de peajes	Costes totales por camión	Tiempo estimado de entrega (h)	Coste del trayecto
NFPP	LyondellBasell Marsella	FIS Vigo	1497	35	1,15	602,54	366,77	70	21,4	28	598,8	1	60	60	225	1853,11	45	1853,11
	FIS Vigo	FIS Almussafes	965	35	1,15	388,41	236,43	70	13,8	28	386	1	60	60	35	1105,84	26	1105,84

Inyección	LyondellBasell Marsella	FIS Almussafes	875	35	1,15	352,19	214,38	70	12,5	28	350	1	60	60	265	1241,56	25	<b>1241,56</b>
-----------	----------------------------	-------------------	-----	----	------	--------	--------	----	------	----	-----	---	----	----	-----	---------	----	----------------

**Tabla 32**

Tras haber estudiado los costes del material, podemos obtener las siguientes conclusiones:

	COSTES DE MATERIAL/COCHE (€)			Comentarios
	Vigo	Almussafes	Total	
NFPP	3,779	3,113	<b>6,964</b>	A falta de sumar los costes del inserto de Vigo en el conteo de Almussafes
Inyección	0	8,100	<b>8,203</b>	Mayor valor añadido y mayores posibilidades de aumentar la calidad percibida en el producto

**Tabla 34**

Los materiales se hallan diferenciados debido a que existe un mayor uso de materiales en Almussafes a causa de las costuras y el pegamento. Tampoco sabemos cuánto repercutirá la producción del inserto en NFPP para Almussafes, pues en este juego entran los costes fijos de la planta asociados a este proyecto. Obtendremos una respuesta de cara al final del cálculo de costes.

#### 6.4.1.2 Coste de la Mano de Obra Directa (MOD)

En este apartado calcularemos el coste de la mano de obra directa. Para ello, deberemos reagrupar los tiempos a partir de las tablas que se han ido liberando en el apartado de diseño de la línea, en la que se precisaba el número de operarios por máquina, el tiempo dedicado a cada proceso y los *scraps* que se producen en ese proceso. Para cada GAP (Grupo Autónomo de Producción) se ha estimado una eficiencia de la mano de obra que, aunque son valores que varían a lo largo del desarrollo de un proyecto, supondremos que ambas plantas funcionan en presencia de los mismos proyectos, que el volumen anual permanece constante (esto es, no afecta al *tact time*) y la tasa horaria está constituida por una media ponderada de todos los operarios de la planta (es decir, no hay un coste de un operario o de un líder mayor que otro, puesto en eso consisten las medias).

En consecuencia, los cálculos del coste de la MOD vendrán dados por la siguiente expresión:

$$\text{Coste de la MOD por pieza} = \frac{WC \text{ por pieza} \times \text{Tasa horaria}}{\text{Eficiencia}} \times \text{scrap acumulado}$$

**Fórmula 7**

Expresando la *Tasa horaria* en €/h y la *Eficiencia* y el *scrap* en tanto por uno

Siendo el *WC por pieza*:

$$WC \text{ por pieza} = \frac{\text{Tiempo de ciclo (o Tact Time)} \times \text{número de operarios}}{\text{número de piezas o cavidades por ciclo}}$$

**Fórmula 8**

En la versión con el inserto en NFPP:

	Planta de producción	Tipo de proceso	Procesos por coche	Número de piezas por proceso	Tiempo de ciclo	Ciclos por hora	Piezas por hora	Work Content po pieza(s)	Work Content por coche (s)	Número de operarios por proceso	Eficiencia de la MOD	Tasa horaria media (€/h)	Coste de MOD	Scraps del proceso	Scraps acumulados	Coste de los scraps (MOD)	COSTE TOTAL MOD
Producción de la manta de NFPP	Vigo	NFPP	2	6	25*	144	864	20,8	41,7	5	52%	23,017	0,5173	6,00%	7,00%	0,0362	0,5535
Corte del PVC	Vigo	Corte	2	40	230*	16	626	11,5	23,0	2	47%	23,017	0,3129	0,80%	1,90%	0,0059	0,3188
Estampación de la manta mediante One Shot	Vigo	Forrado	2	6	95*	38	227	15,8	31,7	1	52%	23,017	0,3931	1,00%	1,00%	0,0039	0,3971
Mover piezas entre estaciones (Vigo)	Vigo	Logística	2	1	18*	200	200	18,0	36,0	1	51%	23,017	0,4549	0,00%	0,00%	0,0000	0,4549
Recibir, desempaquetar y almacenar mercancías (Vigo)	Vigo	Logística	2	1	10*	360	360	10,0	20,0	1	51%	23,017	0,2527	0,00%	0,00%	0,0000	0,2527
Empaquetar y preparar para recogida (Vigo)	Vigo	Logística	2	1	15*	240	240	15,0	30,0	1	51%	23,017	0,3791	0,00%	0,00%	0,0000	0,3791
Inyección de tira decorativa	Almussafes	Inyección	2	8	65*	55	443	8,1	16,3	1	34%	23,785	0,3121	1,50%	8,00%	0,0250	0,3371
Pintura Inyección del reposabrazos superior	Almussafes	Pintura	2	50	100*	36	1800	14,0	28,0	7	45%	23,785	0,4093	6,50%	6,50%	0,0266	0,4359
	Almussafes	Inyección	2	4	60*	60	240	15,0	30,0	1	34%	23,785	0,5762	1,60%	2,10%	0,0121	0,5883
Inyección del reposabrazos inferior	Almussafes	Inyección	2	4	60*	60	240	15,0	30,0	1	34%	23,785	0,5762	1,60%	2,10%	0,0121	0,5883
Preensamblado y soldadura del inserto y reposabrazos	Almussafes	Ensamblado	2	2	44*	82	164	22,0	44,0	1	63%	23,785	0,4600	0,50%	0,50%	0,0023	0,4623
Atornillar la tira decorativa	Almussafes	Ensamblado	2	1	25*	144	144	43,2	86,4	1	63%	23,785	0,9032	0,00%	0,00%	0,0000	0,9032
inspección final y clasificación en shopstocks	Almussafes	Ensamblado	2	1	27*	133	133	43,2	86,4	1	63%	23,785	0,9032	0,00%	0,00%	0,0000	0,9032
Mover piezas entre estaciones (Almussafes)	Almussafes	Logística	2	1	45*	80	80	45,0	90,0	1	63%	23,785	0,9409	0,00%	0,00%	0,0000	0,9409
Recibir, desempaquetar y almacenar mercancías (Almussafes)	Almussafes	Logística	2	1	26*	138	138	26,0	52,0	1	63%	23,785	0,5436	0,00%	0,00%	0,0000	0,5436

Tabla 35

En la versión con el inserto inyectado:

	Planta de producción	Tipo de proceso	Procesos por coche	Número de piezas por proceso	Tiempo de ciclo	Ciclos por hora	Piezas por hora	Work Content po pieza(s)	Work Content por coche (s)	Número de operarios por proceso	Eficiencia de la MOD	Tasa horaria media (€/h)	Coste de MOD	Scraps del proceso	Scraps acumulados	Coste de los scraps (MOD)	COSTE TOTAL MOD
Flameado de la pieza	Almussafes	Flameado	2	1	25*	144	144	25,0	50,0	1	40%	23,785	0,8300	0,50%	1,30%	0,0108	0,8408
Adhesivado del paño	Almussafes	Forrado	2	1	25*	144	144	25,0	50,0	1	50%	23,785	0,6647	0,05%	0,15%	0,0010	0,6657
Adhesivado del sustrato	Almussafes	Forrado	2	1	25*	144	144	25,0	50,0	1	50%	23,785	0,6647	0,05%	0,15%	0,0010	0,6657
Secado del paño y sustrato	Almussafes	Forrado	2	30	150*	24	720	5,0	10,0	1	50%	23,785	0,1329	0,05%	0,10%	0,0001	0,1331
Forrado por membrana (chupona)	Almussafes	Forrado	2	4	65*	55	222	16,3	32,5	1	54%	23,785	0,3962	0,80%	0,80%	0,0032	0,3993
Doblado de cantos manual	Almussafes	Forrado	2	1	12*	300	300	12,0	24,0	1	63%	23,785	0,2509	0,00%	0,00%	0,0000	0,2509
Inyección de tira decorativa	Almussafes	Inyección	2	8	65*	55	443	8,1	16,3	1	34%	23,785	0,3121	1,50%	8,00%	0,0250	0,3371
Pintura	Almussafes	Pintura	2	50	100*	36	1800	14,0	28,0	7	45%	23,785	0,4093	6,50%	6,50%	0,0266	0,4359
Inyección del reposabrazos superior	Almussafes	Inyección	2	4	60*	60	240	15,0	30,0	1	34%	23,785	0,5762	1,60%	2,10%	0,0121	0,5883
Inyección del reposabrazos inferior	Almussafes	Inyección	2	4	60*	60	240	15,0	30,0	1	34%	23,785	0,5762	1,60%	2,10%	0,0121	0,5883
Preensamblado y soldadura del inserto y reposabrazos	Almussafes	Ensamblado	2	2	44*	82	164	22,0	44,0	1	63%	23,785	0,4600	0,50%	0,50%	0,0023	0,4623
Atornillar la tira decorativa	Almussafes	Ensamblado	2	1	25*	144	144	43,2	86,4	1	63%	23,785	0,9032	0,00%	0,00%	0,0000	0,9032
inspección final y clasificación en shopstocks	Almussafes	Ensamblado	2	1	27*	133	133	43,2	86,4	1	63%	23,785	0,9032	0,00%	0,00%	0,0000	0,9032
Mover piezas entre estaciones (Almussafes)	Almussafes	Logística	2	1	45*	80	80	45,0	90,0	1	63%	23,785	0,9409	0,00%	0,00%	0,0000	0,9409
Recibir, desempaquetar y almacenar mercancías (Almussafes)	Almussafes	Logística	2	1	26*	138	138	26,0	52,0	1	63%	23,785	0,5436	0,00%	0,00%	0,0000	0,5436

Tabla 36

Sin más, obtenemos los siguientes datos clave para la mano de obra.

	COSTES DE MANO DE OBRA/COCHE						
	Vigo		Almussafes		Eficiencias medias	WC mínimo Total	Coste MOD Total (€)
	WC Mínimo (s)	Coste MOD (€)	WC Mínimo (s)	Coste MOD (€)			
NFPF	182	2,356	463	5,703	52%	645	8,059
Inyección			1080	13,973	51%	1080	13,973

Tabla 37

Concluyendo, obtenemos estos costes variables totales:

	COSTES DE MATERIAL/COCHE			COSTES DE MOD/COCHE			COSTES VARIABLES		
	Vigo	Almussafes	Total	Vigo	Almussafes	Total	Vigo	Almussafes	Total
NFPF	3,779	3,185	<b>6,964</b>	2,356	5,703	<b>8,059</b>	6,135	8,888	<b>15,023</b>
Inyección		8,203	<b>8,203</b>		13,973	<b>13,973</b>		22,176	<b>22,176</b>

Tabla 38

#### 6.4.2 Costes Fijos

Como toda actividad que requiere de alguna herramienta, ésta también está sujeta a un amplio abanico de costes a los que el programa tiene que hacer frente para ser capaces de producir a unos costes variables competitivos.

Es evidente que el cuanto mayor sea el valor añadido, mayores serán las posibilidades de justificar un precio de venta elevado porque habrá más procesos que resulten difíciles de encontrar de manera fiable entre los proveedores más pequeños que tendrán limitada su capacidad. Esto nos llevaría a intentar invertir tanto como sea posible en todas las tecnologías, para evitar la compra a proveedores pequeños que, debido a su bajo volumen de producción, obtendrían a mayor precio todos sus materiales, revirtiendo éstos variables y sus costes fijos sobre el siguiente Tier. Por consiguiente, la teoría para bajar los costes variables al máximo exige una alta inversión y una producción en instalaciones internas de todos y cada uno de los materiales.

Aun así, y en honor a las economías de escala, siempre resultará mucho más rentable hacer mucha cantidad de un producto que poca cantidad de muchos. Ocurre incluso en la tecnología de obtención de energía, donde es más rentable una planta de producción nuclear que obtenga 2 unidades de energía que dos dimensionadas a una unidad cada una. Es por esto que elementos como material granulado, pinturas, pegamentos, hilo o tornillería son más favorables si lo compramos a un proveedor especializado, que ya haya invertido millones y millones en sus formas de explotación de recursos que si fuéramos Faurecia quienes produjéramos todos estos componentes.

Si poseemos todas las máquinas y recursos necesarios para producir cuanto se precisa para este producto, parece obvio que tendremos que invertir cuanto sea necesario en la adaptación de estas tecnologías para la producción de estos productos en particular. Sin embargo, debido a la variabilidad que el cliente (en este caso, Ford) posee en relación a sus previsiones de volumen frente a sus ventas reales, existe la posibilidad de que la producción necesite una flexibilidad con la que haya problemas de coordinación en cuanto a carga de maquinaria se refiere. Es por eso que hay que encontrar un equilibrio entre optimización de costes variables con la inversión realizada, una optimización de costes fijos.

Para este apartado, no podremos mostrar el desglose de la inversión necesaria para cada máquina o proceso, pero podemos informar sobre los criterios empleados para la obtención de estos valores.

Tal vez uno de los costes variables que la mayoría de quienes puedan llegar a leer este documento seguramente hayan pensado es el coste de la energía de cada máquina o del mantenimiento que, de forma intuitiva podemos imaginar que irá relacionada con el número de ciclos que se realicen en una estación en específico. Estos conceptos, junto con otros ya más pertenecientes a la estructura de cálculo de costes fijos, se engloban en lo que se conoce como “tasas de máquina”. Este término engloba la mano de obra indirecta (MOI) (personal de mantenimiento, limpieza, jefes de producción, administrativos, ingenieros de producción y procesos...), la energía consumida (bien sea electricidad, gas o ambas), el agua, el coste medio de las piezas de recambio relacionadas con el mantenimiento, el coste de la superficie que ocupa la máquina, los costes de asegurar las máquinas y, por supuesto, la amortización de la misma.

Además de la inversión realizada en máquinas nuevas y utillajes y las tasas de máquina, necesitaremos tener en consideración los costes asociados al desarrollo del proyecto, los costes de lanzamiento (la validación y puesta a punto de la máquina, el *testing* y la validación del producto), la inversión en empaquetado duradero (contenedores y otras cajas diseñadas para utilizarse durante muchos ciclos) si existe y su mantenimiento entre otras cosas. Los costes de desarrollo y lanzamiento serán calculados a grandes rasgos ya que desconocemos cuánto puede representar para un proyecto ficticio un procedimiento que tiene una duración variable entre 1 y medio y 3 años.

Sin más, procedemos al cálculo:

En primer lugar, debemos contar con la inversión necesaria en nuevas máquinas y utillajes para cada caso, bien el inserto inyectado o bien el estampado en mantas de fibras naturales y polipropileno.

Recordemos las tablas de la inversión mencionadas en el apartado referente a los diseños de la línea:

Versión en NFPP del inserto				
Pieza	Operaciones	Planta de FIS	Inversión en máquinas nuevas (K€)	Coste utillajes (K€)
<b>Inserto</b>	Máquina para mantas, corte, <i>One Shot</i>	Vigo	0	85*
<b>Reposabrazos, pieza pintada</b>	Inyección, pintura, soldadura y ensamblaje	Almussafes	925*	225*
<b>TOTAL</b>			<b>925*</b>	<b>310*</b>

Tabla 39

Versión inyectada del inserto				
Pieza	Operaciones	Planta de FIS	Inversión en máquinas nuevas para el proyecto (K€)	Coste de utillajes (K€)
<b>TOTAL</b>	Inyección, corte, costura, adhesivado, secado, forrado, pintura, soldadura y ensamblaje	Almussafes	<b>1020*</b>	<b>340*</b>

**Tabla 40**

Este valor será introducido en el estudio de viabilidad económica y relacionado con la amortización individual de para cada máquina.

Teniendo en cuenta los criterios de ocupación de las máquinas y sus parámetros de las tasas de máquina obtendremos un coste estimado al que tendremos que añadir los costes de desarrollo, en los que invertimos:

- Para el caso del inserto inyectado:
  - o Dos años y medio de desarrollo
  - o 225 Días al año
  - o 20 profesionales
  - o Dedicación parcial del 40%
  - o Tasa horaria media de 70€ por hora trabajada.
- Para el inserto en fibras naturales:
  - o Dos años y medio de desarrollo
  - o 225 Días al año
  - o 25 profesionales
  - o Dedicación parcial del 50%
  - o Tasa horaria media de 70€ por hora trabajada.

Los costes de lanzamiento: Validación de las máquinas en planta, pruebas de resistencia y *tests* de producción, constituyen un coste estimado de:

- NFPP: 240K€
- Inyección: 220K€

Por último, necesitaríamos estudiar la posibilidad de recibir los insertos de NFPP en empaquetado duradero, pero debido a que cabría un gran número de piezas en una caja desechable (y reciclable) de cartón, podríamos desestimar esta idea, al significar muy poco en cuanto a precio por pieza en costes variables.

COSTES FIJOS PARA LA PRODUCCIÓN DE DOS CONJUNTOS					
Versión del inserto	Máquinas nuevas (K€)	Utililajes (K€)	Costes Desarrollo (K€)	Costes de lanzamiento (K€)	TOTAL (K€)
NFPP	925*	310*	492.2	240	1967.2
Inyección	1020*	340*	315	220	1895

**Tabla 41**

A la vista de esta tabla, todavía tenemos que calcular el impacto de las tasas de máquina.

Para ello, lo realizaremos de forma confidencial, de modo que no mostraremos la carga de la máquina, ni el coste de su amortización, ni tampoco sus costes de MOI y demás.

El resultado estimado de los costes fijos habiendo considerado todos estos puntos es el siguiente:

COSTES FIJOS/COCHE (€) ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DEL INSERTO Y REPOSABRAZOS		
	VIGO	ALMUSSAFES
Inserto en NFPP	10,425	7,500
Inserto inyectado	0	14,102

**Tabla 42**

Con estos datos junto con los costes variables de Vigo podemos obtener el coste al que tendrá que hacer frente Almussafes por comprar el inserto fabricado allí. Esto es lo que se conoce como *interco*, que no hay que confundir con *Incoterm*, ya que estamos hablando de una pieza *intercompany*, es decir, cedida de una planta de Faurecia a otra. Este proceso se desarrollará de la siguiente manera:

$$\text{Coste interco} = (C. \text{variables Vigo} + C. \text{Fijos Vigo}) \times (1 + \text{margen operativo})$$

**Fórmula 9**

Estableceremos un margen operativo para Vigo de un 5%, por lo que, conociendo los costes, resulta:

$$\text{Coste interco} = (6,135 + 10,425) \times (1 + 5\%)$$

**Fórmula 10**

$$\text{Coste interco} = 17,388 \text{ €/coche}$$

Este resultado nos indica que, por puerta, por unidad, tendremos un coste de compra en Almussafes de 8,694€.

Si sumamos todos los costes totales, obtendremos los siguientes valores:

<b>DESGLOSE DE COSTES DE PRODUCCIÓN DEL CONJUNTO NFPP (€)</b>			
	<b>Vigo</b>	<b>Almussafes</b>	<b>Costes TOTALES del proyecto</b>
<b>Costes Variables</b>	6,135	8,815	15,023
<b><i>Intercos</i></b>	0	17,388	17,388
<b>Costes Fijos</b>	10,425	7,630	18,055

**Tabla 43**

<b>DESGLOSE DE COSTES DE PRODUCCIÓN DEL CONJUNTO INYECTADO (€)</b>			
	<b>Vigo</b>	<b>Almussafes</b>	<b>Costes TOTALES del proyecto</b>
<b>Costes Variables</b>	0	22,176	22,176
<b><i>Intercos</i></b>	0	0	0
<b>Costes Fijos</b>	0	14,102	14,102

**Tabla 44**

Pese a lo que pueda parecer, el coste de la *interco* no es demasiado importante en sí mismo. Si lo pensamos bien se trata de un precio de venta impuesto sobre los costes que experimenta Vigo al producir los insertos. La suma de los costes que constituyen el proyecto no contempla el precio de *interco* como una pieza de compra con su precio completo, sino que tras consolidar los costes simplemente nos impactará un 5% de sobrecoste en los costes de Vigo., pero ni siquiera lo será debido a que el proyecto ha conseguido vender su propio producto y ha generado “riqueza” al hacerlo. Esta riqueza, que supone un 5% de los costes es flujo de caja que pasa desde la cuenta del centro de costes de Almussafes hacia el de Vigo, por lo que se trata de una sencilla transferencia de liquidez entre plantas.

Visto así, la planta de Almussafes se beneficia de no verse obligada a invertir millones o a comprar a un proveedor externo con sus márgenes de beneficio elevados exigidos por convenio (del 10 al 25% sobre los costes que éstos decidan declarar, que del dicho al hecho...). Por otra parte, tan solo le perjudica en que tendrá que hacerse cargo del coste del transporte de las piezas y que tendrá que aceptar el margen del 5% sin capacidad de negociación.

De este modo, tenemos un coste de proyecto para la versión NFPP de 33,078€ a SOP 2020.

En caso contrario, para la versión inyectada terminaremos con un total de 36,278€.

En este sentido, se hace necesaria una valoración subjetiva del producto, al ser ligeramente diferentes y a un precio muy similar. Estamos hablando de que un fabricante de coches puede diferenciarse del resto de fabricantes o brindar la posibilidad de proporcionar una mayor calidad percibida por poco más de 3€ por coche.

## 6.5 Business Plan. Estudio de viabilidad económica

Ya hemos obtenido los costes de producción y su desglose, por lo que vamos a realizar un ejercicio de simulación que nos permitirá conocer la evolución del producto con el paso del tiempo, contando las productividades que la planta sea capaz de conseguir con este plan de producción, así como las mejoras que los proveedores sean capaces de proporcionar. También será importante la existencia de una inevitable tasa de inflación que afectará a todos los costes no congelados con los proveedores y sin duda a la mano de obra.

Debido a que no existen piezas compradas tras las que ha habido un proceso de producción en casa del proveedor, no disfrutaremos de LTAs (*Long-Term Agreements*), que son unos descuentos que el proveedor es capaz de proporcionar debido a encontrar métodos de producción mejorados. Estos valores suelen ser de un 2% anual de descuento sobre el precio de venta al cliente durante los dos o tres primeros años, y luego se mantendría hasta el final de la vida del producto.

Como resulta más que obvio, para estudiar la rentabilidad de cualquier producto, son necesarios dos datos: costes y ventas. Esto significa que necesitaremos crear un precio de venta que sea lo suficientemente competitivo como para crear ingresos durante todos los años de su producción teniendo en cuenta sus fluctuaciones en costes. Cabe decir, además, que los precios de venta sí sufrirán un decremento de un 2% anual sobre el precio de venta durante toda la vida del producto, por lo que hay que contar con esta posible disminución de margen para fijar un precio a *SOP*. Esto supone casi siempre una pérdida de rentabilidad año tras año, al no poder en muchas ocasiones compensar los indicadores con productividades en la planta y otras mejoras venideras.

Como hablamos en la sección 3.4.1 (Parámetros básicos en el estudio de la producción), la duración de la producción será de 6 años: desde la fecha de comienzo de la producción, *SOP* (2020) hasta *SOP+5* (2025), ventana en la que abarcaremos los datos de costes y ventas.

Para poder vender nuestros productos a un precio que genere un margen sobre los costes de producción, deberemos ajustarlos siguiendo dos criterios:

- Un margen en costes variables adecuado. Esto supone un beneficio sobre el material y la mano de obra y que servirá para cubrir los costes fijos que se carguen sobre la planta.
- Un margen de beneficio sobre el total de costes fijos y variables favorable.

Ajustando el coste de producción basándonos en las piezas *Interco*, sería equivalente a eliminar la cuenta de Vigo y revertir ese coste con un 5% extra a Almussafes. A efectos de cálculo, es como si sumáramos un 5% a los costes de Vigo.

Nuestros costes fijos + variables nos suponen un total de:

- NFPP: 33,905€ a 2020 (15,329 + 18,576).
- Inyección: 36,278€ a 2020 (22,176 + 14,102).

Contando con la diferencia de costes de ambas tecnologías y también las diferencias dentro del producto, es obvio que tendremos que vender cada tecnología a un precio diferente:

- La versión en NFPP:
  - o Es sencilla, ligera y más barata.
  - o Posee una gran cantidad de costes fijos en relación a sus variables, por lo que será más difícil justificar un precio con un margen en costes variables altos al no poseer materiales ni procesos particularmente caros o difíciles.
  - o Plantea mayor dificultad de planificación y está más sujeta a empresas logísticas y sus políticas.
- La versión con el inserto inyectado:
  - o Es más rica en su contenido, por lo que resulta más sencillo justificar un precio de venta, al no ser tan evidente el margen en costes variables.
  - o Ofrece mayor calidad percibida y posibilidad de generar altísimos márgenes de beneficio para las marcas, por lo que podrían estar dispuestos a pagar más.
  - o Ocurre en una sola planta, por lo que facilita el transporte y consolida todas las tecnologías bajo un mismo grupo de personal, por lo que se puede encontrar soluciones a problemas de calidad de manera más inmediata.
  - o Requiere de mayor inversión, por lo que exige liquidez o conllevaría más endeudamiento.

Dicho esto, es hora de calcular los indicadores necesarios para estudiar la viabilidad económica del producto en diferentes situaciones.

- Para Margen operativo igual a cero. Ningún beneficio para el grupo:

<b>INDICADORES DE RENDIMIENTO ECONÓMICO</b>		
	<b>NFPP</b>	<b>Inyección</b>
Precio de Venta (por coche) (€)	32,85	34,85
Costes Variables (por coche) (€)	15,33	22,18
<b>Margen sobre el Coste Variable (MCV)</b>	<b>114,32%</b>	<b>57,15%</b>
Costes Fijos (por coche) (€)	18,58	14,10
<b>Margen de producción Bruto</b>	<b>-3,10%</b>	<b>-3,94%</b>
Margen en desarrollo Patentes y <i>Royalties</i> (€)	1,05	1,43
<b>Margen Operativo</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Beneficio por coche (€)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Tabla 45

- Para Margen de producción bruto igual a cero. Ningún beneficio para la planta de producción pero sí para el grupo. Representa el valor de las *Royalties* y otros ingresos por derechos.

INDICADORES DE RENDIMIENTO ECONÓMICO		
	NFPF	Inyección
Precio de Venta (por coche) (€)	33,91	36,28
Costes Variables (por coche) (€)	15,33	22,18
<b>Margen sobre el Coste Variable (MCV)</b>	<b>121,18%</b>	<b>63,59%</b>
Costes Fijos (por coche) (€)	18,58	14,10
<b>Margen de producción Bruto</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Patentes y <i>Royalties</i> (€)	1,08	1,49
<b>Margen Operativo</b>	<b>3,20%</b>	<b>4,1%</b>
<b>Beneficio por coche (€)</b>	<b>1,08</b>	<b>1,49</b>

Tabla 46

Estos cuatro valores de precios de venta son puntos a partir de los cuales el centro de producción o el grupo entero gana dinero, o lo que es lo mismo, los valores a partir de los cuales el grupo puede recuperar la inversión realizada.

Estos costes son los que hay que conseguir a toda costa y alejarnos lo suficiente de ellos como para encontrar un colchón financiero de seguridad que nos permita el crecimiento de la empresa o la supervivencia en la negociación y compensación al cliente en caso de ocurrir un inadmisibles problema de calidad causado desde Faurecia.

En cuanto al precio que puede conseguirse con el trabajo comercial, éste suele distar del precio base en función del contenido del producto y de su calidad percibida. La realidad es que el cliente no siempre conoce exactamente cuál es el coste de un material, y este puede utilizarse en versiones más *Premium* sin representar un sobrecoste respecto a la versión que no lo sea, pero tanto el cliente como el usuario final están dispuestos a pagar más.

En este sentido, y considerando también la precaución que hay que tener cuando estamos utilizando márgenes variables muy altos en los que el cliente claramente puede distinguir que los materiales no son de la calidad por la que estaría pagando, obtendremos una última iteración de precio de venta a SOP 2020:

INDICADORES DE RENDIMIENTO ECONÓMICO		
	NFPF	Inyección
Precio de Venta (por coche) (€)	34,82	38,45
Costes Variables (por coche) (€)	15,33	22,18
<b>Margen sobre el Coste Variable (MCV)</b>	<b>127,15%</b>	<b>73,38%</b>
Costes Fijos (por coche) (€)	18,58	14,10
<b>Margen de producción Bruto</b>	<b>2,70%</b>	<b>5,99%</b>
Patentes y <i>Royalties</i> (€)	1,11	1,58
<b>Margen Operativo</b>	<b>5,98%</b>	<b>10,33%</b>
<b>Beneficio por coche (€)</b>	<b>2,08</b>	<b>3,97</b>

Tabla 47

Con estos datos, obtendríamos un beneficio por coche en el primer caso de 2,08€, o 1,04€ por conjunto de estudio. Este no es un resultado brillante, pero debido a que poseemos un margen variable muy alto debido a que nuestros costes fijos son muy elevados, no resultaría una opción demasiado atractiva para el cliente.

En el caso de la pieza inyectada con las costuras decorativas, se presenta un precio superior, pero este podrá compensarse con su venta al usuario final. Si echamos a una ojeada a diferentes configuradores de vehículos que nos ofrezcan la posibilidad de personalizar tapicería encontramos que, en páginas como la de Ford, poner “piel parcial” en los asientos (En realidad se trata de un PVC de precio muy similar al de la tela) y costura en rojo en lugar de en negro es un extra opcional con precio de venta de 750€. Por este mismo motivo decidimos en el concepto de ingeniería que utilizaríamos una piel artificial de PVC en primer lugar frente a una tela, por su calidad percibida.

En el configurador de BMW se habla de extras de tapicería de piel en punteado y acentos en azul por 1053€ respecto a tela y punteado negro, mientras que con esta misma piel y con estos mismos acentos y punteados, cambiando al color rojo hablaríamos de 2000€.

Si hablamos de pintura, el cambio de tono de los retrovisores y el techo, Ford lo facilita al comprador por 250€. No se trata de una capa más de pintura, sino de una simple sustitución de color. Lo mismo ocurre con la posibilidad de escoger un color u otro, mientras que en BMW ni siquiera está disponible para los modelos base, sino para otros que ofrecerán más posibilidades de personalización por un puñado de miles de euros más.

Existe un claro afán por parte de las marcas por ofrecer varias posibilidades de coloreado y personalización que hacen que, del todo de acuerdo con el precio o no, los usuarios estén dispuestos a pagar más por un valor añadido comparativamente ínfimo.

En este caso, vamos a ser más ambiciosos en cuanto al precio de venta de la versión en inyección con cordón de costura.

Para asegurar la viabilidad económica para un precio de venta, vamos a realizar una simulación de cara al futuro mediante una tasa de inflación constante de 2,3%. Actualizaremos el precio de venta según los LTAs que se han mencionado a lo largo de este punto (-2% anual) lo que nos proporcionará un claro decremento de los márgenes e indicadores de rendimiento económico.

Con el fin de compensar las desventajas que nos presentan tanto los LTAs, los cuales no podremos revertir sobre el proveedor (al ser éstos de materia prima y no de piezas), como la tasa de inflación en los costes fijos y la MOD, asumiremos que aumentaremos la productividad en cuanto a todos los costes (por reducción de *scraps*, tiempos e ineficiencias y optimización de las operaciones sobre máquinas) un 3% a partir del segundo año, que irá disminuyendo cada dos a la mitad.

Por tanto, teniendo en consideración estas nuevas variables, este es el resultado para generar una venta lo suficientemente alta como para no generar pérdidas durante la producción de 6 años (comenzando el 1 de enero de 2020 y terminando el 31 de diciembre de 2025) en caso del inserto hecho en NFPP:

- **Inserto en NFPP:**

	SOP	SOP+1	SOP+2	SOP+3	SOP+4	SOP+5
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LTAs sobre la venta		-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
Precio de Venta	36,91	36,17	35,44	34,74	34,04	33,36
Tasa de inflación	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Productividades de la planta		-3%	-3%	-1,5%	-1,5%	-0,75%
Coste Variable	15,33	15,22	15,12	15,24	15,36	15,60
<b>Margen en costes variables (MCV)</b>	140,75%	137,60%	134,49%	127,98%	121,64%	113,90%
Costes fijos	18,58	18,45	18,32	18,46	18,61	18,90
<b>Margen Bruto en producción</b>	8,85%	7,42%	6,02%	3,07%	0,21%	-3,29%
Desarrollo, Patentes, <i>Royalties</i> y utillajes (€)	1,11	1,23	1,20	1,18	1,16	1,14
<b>Margen operativo</b>	12,13%	11,07%	9,62%	6,57%	3,62%	0,00%
Beneficio por coche	4,48	4,00	3,41	2,28	1,23	0,00
<b>Facturación anual (K€)</b>	5536	5425	5317	5210	5106	5004
<b>Beneficio anual antes de impuestos (K€)</b>	672	600	511	343	185	0

**Tabla 48**

Estos resultados sobre la versión de NFPP nos arrojan una facturación de 31,60 millones de euros y un beneficio estimado antes de impuestos de 2,31 millones de Euros, un 7,31% de margen operativo medio.

Como sabemos del exagerado margen que obtienen las marcas con la inclusión de punteado de diferente color, podremos sin duda permitirnos incrementar el precio de venta significativamente sin correr el riesgo de que la empresa considere otro proveedor, pues su beneficio directo es extremadamente alto en comparación al marginal aumento de costes que podamos provocar, por lo que nos podremos premiar con un 2% de margen operativo en el último año. De este modo, obtendríamos estos indicadores:

- **Inserto Inyectado:**

	SOP	SOP+1	SOP+2	SOP+3	SOP+4	SOP+5
	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LTAs sobre la venta		-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
Precio de Venta	39,93	39,13	38,35	37,58	36,83	36,09
Tasa de inflación	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
Productividades de la planta		-3%	-3%	-1,5%	-1,5%	-0,75%
Coste Variable	22,18	22,02	21,87	22,04	22,22	22,56
<b>Margen en costes variables (MCV)</b>	80,05%	77,70%	75,37%	70,50%	65,76%	59,97%
Costes fijos	14,10	14,00	13,91	14,02	14,13	14,35
<b>Margen Bruto en producción</b>	10,06%	8,62%	7,20%	4,22%	1,33%	-2,21%

Desarrollo, Patentes, <i>Royalties</i> y utilajes (€)	1,58	1,68	1,65	1,62	1,59	1,56
<b>Margen operativo</b>	14,41%	13,29%	11,81%	8,71%	5,69%	2,00%
Beneficio por coche	5,75	5,20	4,53	3,27	2,10	0,72
<b>Facturación anual (K€)</b>	5989	5870	5752	5637	5524	5414
<b>Beneficio anual antes de impuestos (K€)</b>	863	780	679	491	314	108

**Tabla 49**

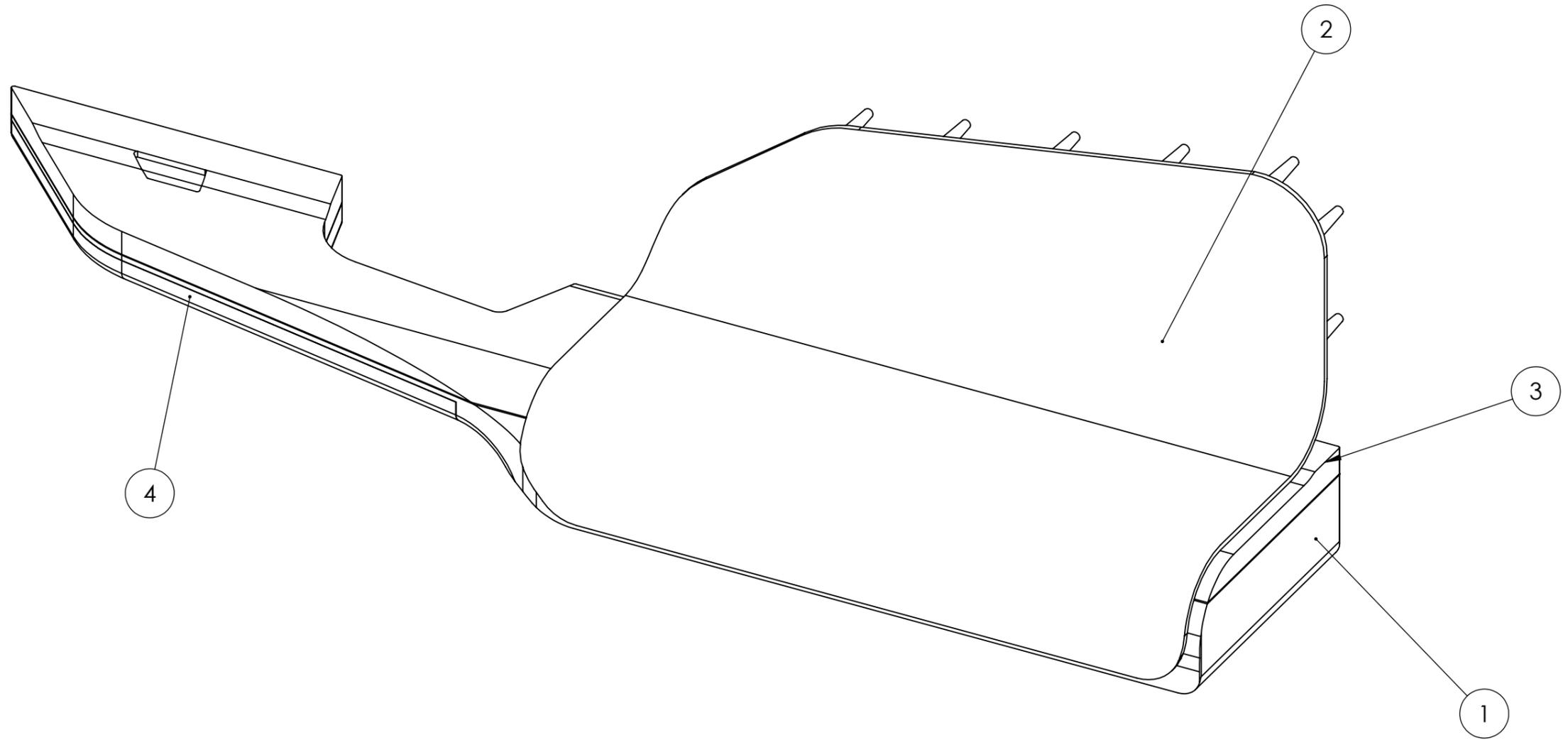
Estos cálculos arrojan una mejora sustancial en la facturación de 34,19 millones de euros y un beneficio bruto de 3,24 millones de euros, con un margen operativo medio de un 9,32% y un margen en costes variables significativamente menor. Esto significa que hay más potencial en la producción del conjunto inserto-reposabrazos en esta versión, ya que los costes variables representan más valor que los fijos y significa que más costes van realmente destinados a mejores materiales y tiempos necesarios para añadir valor al producto.

## 7. PLANOS

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

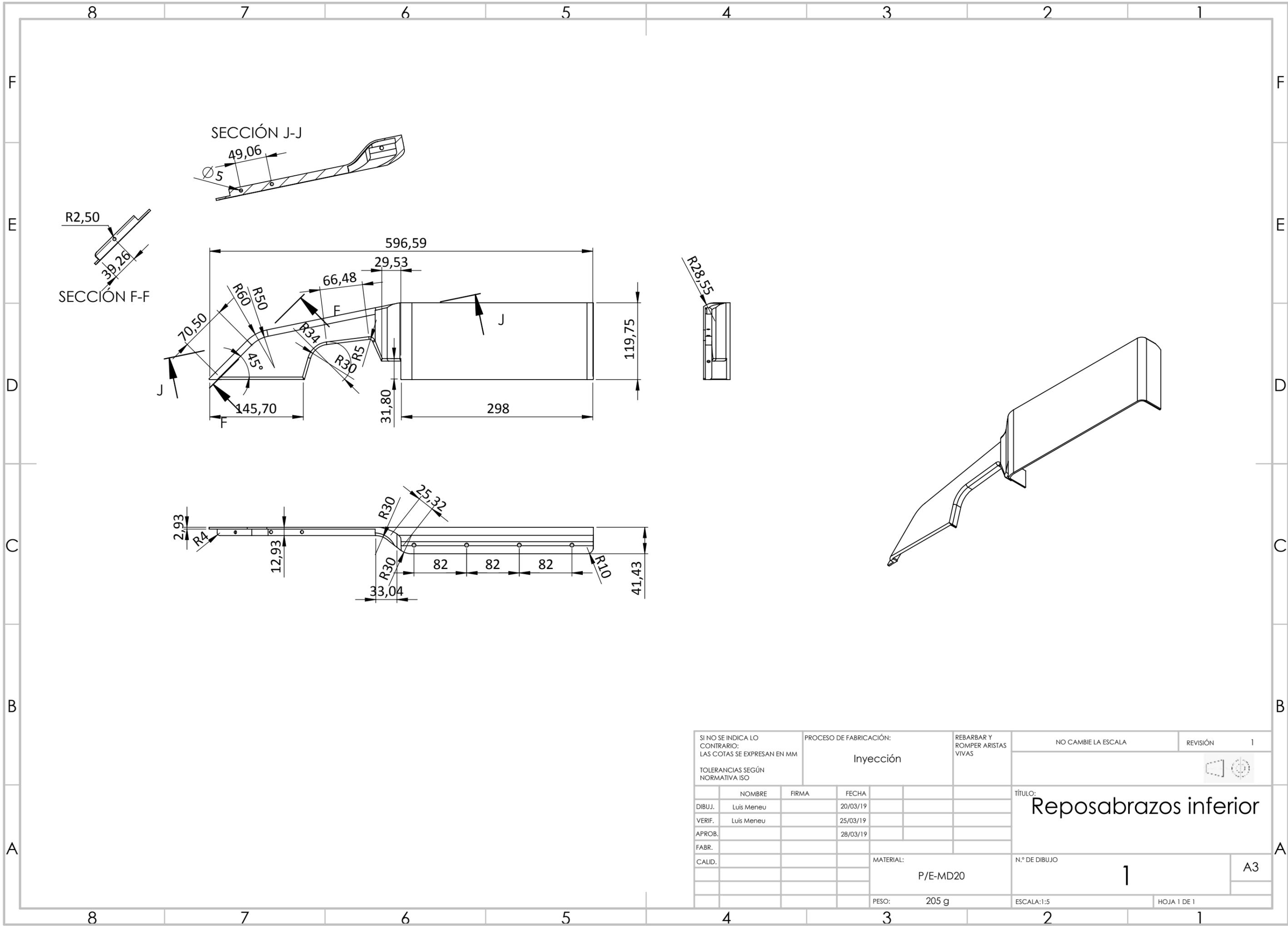
Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

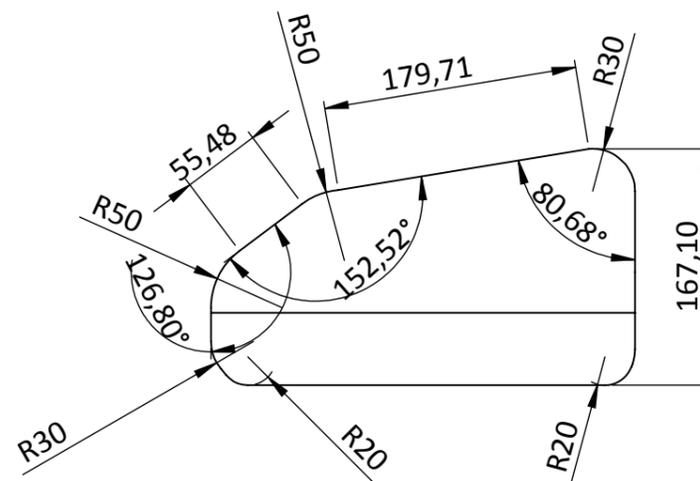
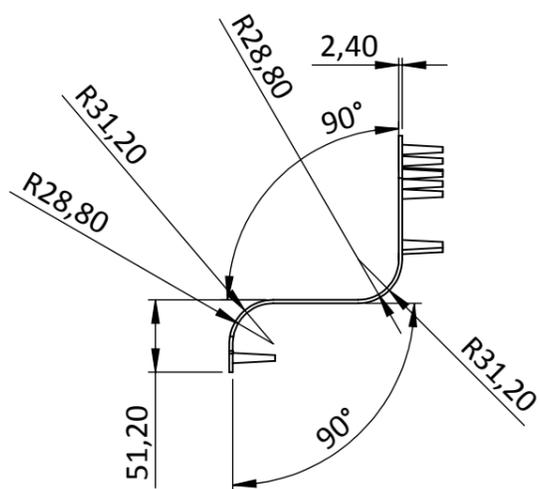
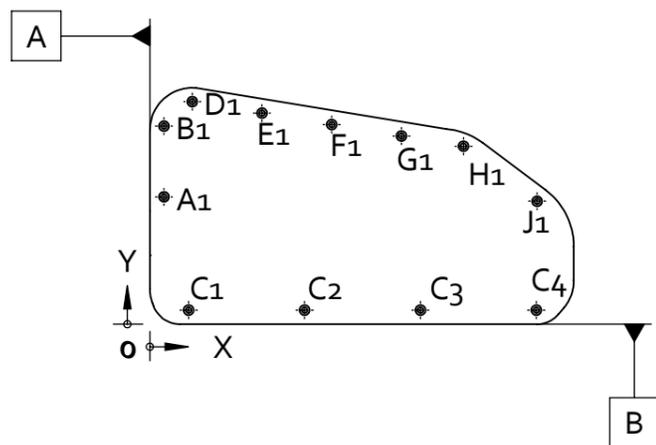
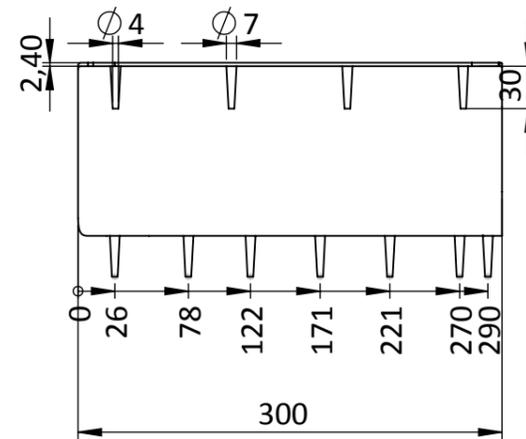
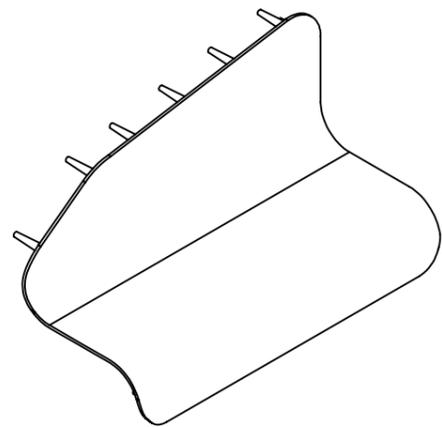


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Resposabrazos inferior	1
2	Inserto	1
3	Reposabrazos superior	1
4	Tira decorativa	1

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			PROCESO DE FABRICACIÓN: Ensamblado			REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN 1					
TOLERANCIAS SEGÚN NORMATIVA ISO								<b>TÍTULO:</b> <b>Plano de conjunto:          Inserto-reposabrazos</b>							
												N.º DE DIBUJO		A3	
												0			
												ESCALA:1:2		HOJA 1 DE 1	
						MATERIAL: Ensamblaje									
						PESO: 639 g									

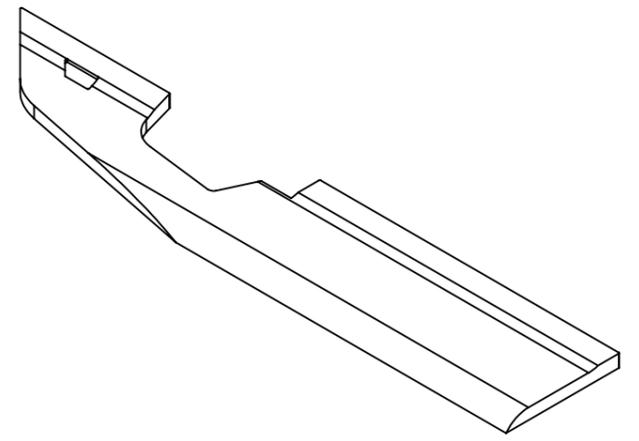
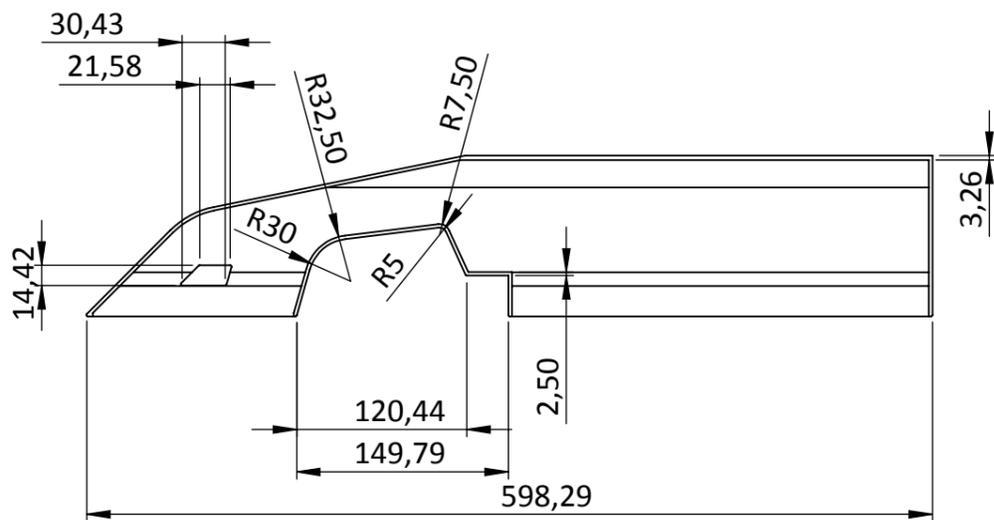
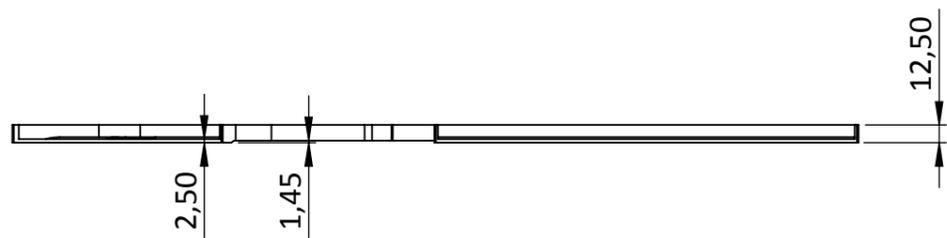
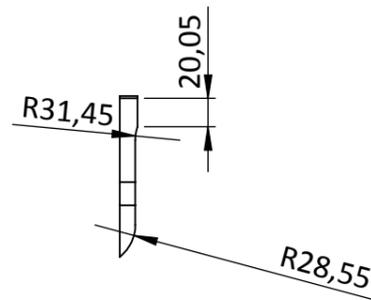
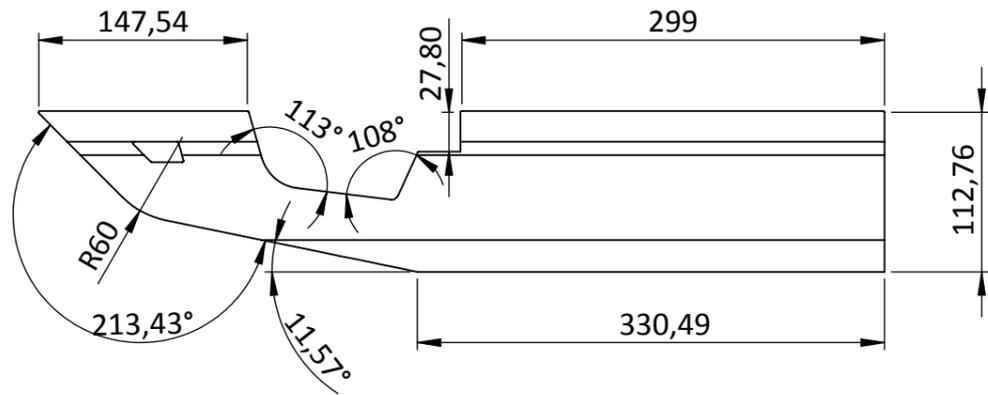


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		PROCESO DE FABRICACIÓN: Inyección		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN: 1	
TOLERANCIAS SEGÚN NORMATIVA ISO									
								TÍTULO: <b>Reposabrazos inferior</b>	
								N.º DE DIBUJO: <b>1</b>	
				MATERIAL: P/E-MD20				A3	
				PESO: 205 g		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	

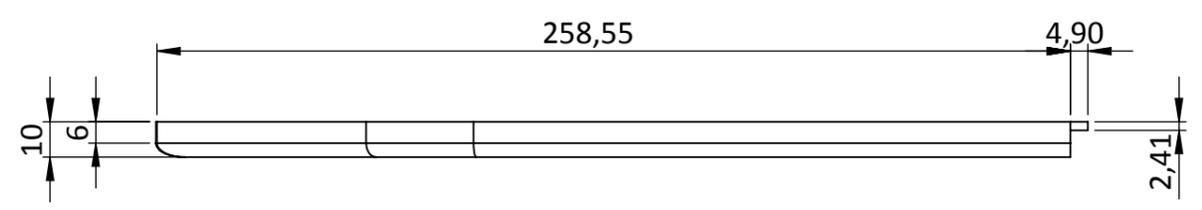
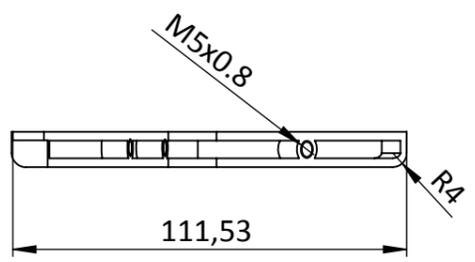
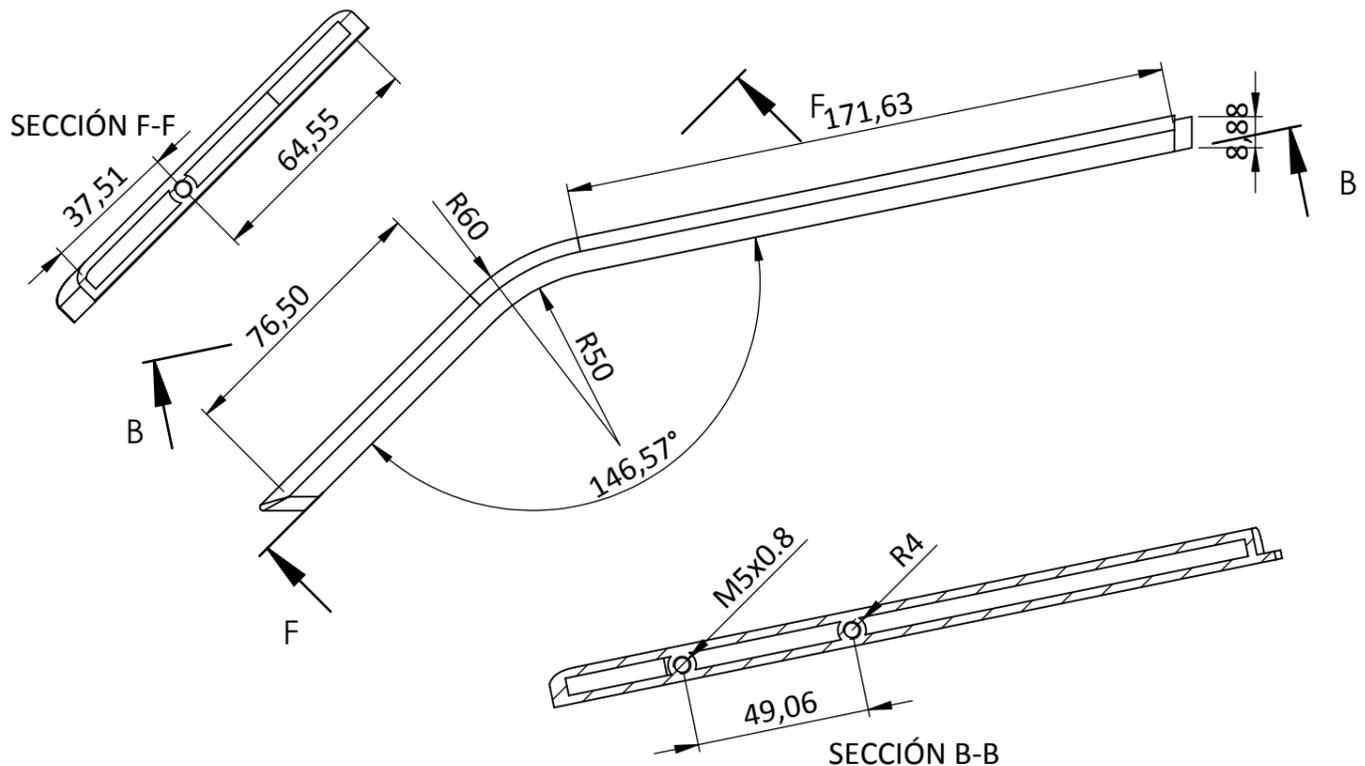
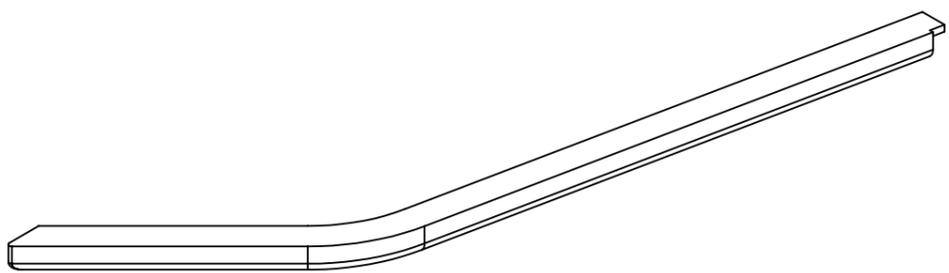


RÓTULO	UBIC X	UBIC Y	Tolerancia geométrica
A1	9.99	90.10	$\text{⌀} 0.1 \text{ A B}$
B1	9.99	140.10	
C1	27,45	10	
C2	109,45	10	
C3	191,45	10	
C4	273,45	10	
D1	29.99	157.41	
E1	79.33	149.32	
F1	128.67	141.22	
G1	178.01	133.13	
H1	221.93	125.92	
J1	273.98	86.98	

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		PROCESO DE FABRICACIÓN: Inyección		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN 1
TOLERANCIAS SEGÚN NORMATIVA ISO						
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: <b>Inserto</b>			
DIBUJ. Luis Meneu		20/03/19				
VERIF. Luis Meneu		25/03/19				
APROB.		28/03/19				
FABR.			MATERIAL: PP-MD15		N.º DE DIBUJO <b>2</b>	A3
CALID.			PESO: 189 g	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		PROCESO DE FABRICACIÓN: Inyección		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN 1
TOLERANCIAS SEGÚN NORMATIVA ISO						
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO: Reposabrazos superior		
DIBUJ.	Luis Meneu		20/03/19			
VERIF.	Luis Meneu		25/03/19			
APROB.			28/03/19			
FABR.						
CALID.				MATERIAL: P/E-MD 20	N.º DE DIBUJO 3	A3
				PESO: 200 g	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		PROCESO DE FABRICACIÓN: Inyección		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN 1	
TOLERANCIAS SEGÚN NORMATIVA ISO									
								TÍTULO: Tira decorativa	
DIBUJ. Luis Meneu		FIRMA		FECHA 20/03/19				N.º DE DIBUJO 4	
VERIF. Luis Meneu				25/03/19				A3	
APROB.				28/03/19					
FABR.						MATERIAL: ABS			
CALID.						PESO: 45 g		ESCALA:1:2	
								HOJA 1 DE 1	

## **8. ANEXOS**

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 8.1 Análisis de mercado: Segmentos.

Con el propósito de inspirar el diseño y/o método de fabricación, echaremos una ojeada a los modelos en el mercado actual de diferentes gamas, fabricantes y precios.

### Hyundai i10

Este vehículo es uno de los coches de más bajo coste del mercado. Se trata de un urbano de cuatro puertas cuyo diseño ha sido expresamente ideado para ofrecer un precio final muy ajustado. Esta es una de las estrategias de producto más arriesgadas, debido a que se tratan de ajustar los márgenes de los proveedores lo máximo posible al exigir mucha sencillez y por tanto poca variabilidad, lo cual aumenta el número de proveedores capaces de hacerlo, trayendo como consecuencia la bajada de los precios por miedo a perder el proyecto contra otros competidores en la fase de adquisición del proyecto.



**Figura 29.** Panel interior de puerta de un Hyundai i10. Fuente: *Motoroids.com*<sup>6</sup>

Estas son unas de las razones por las que Hyundai consigue tan bajo coste:

- El sustrato es un único panel, lo cual ahorra costes al reducir el número de moldes necesarios, y un solo panel soldado sobre él.
- Posee piezas utilizadas en otros modelos con lo que la marca se evita costes de Investigación y desarrollo.
- No hay ningún tipo de elemento blando para favorecer el confort de los ocupantes.
- Se acentúa una de las piezas mediante una resina colorante, lo cual evita tener que pintar y da una ilusión de tejido o piel artificial a cierta distancia.

### Ford Fiesta

Entre los coches lanzados en estos últimos años, el Ford Fiesta representa una buena opción a la hora de abaratar costes en sus puertas sin comprometer especialmente la estética.

En cuanto a sus características, destacan especialmente las siguientes:

- El tirador es sencillo pero especial de cierta manera.
- El sustrato del panel está formado por dos piezas. El panel-sustrato, o *Main Carrier*, y el compartimento inferior, o *Map Pocket*. Se busca la apariencia de estar formado por un remate superior, por motivos de estética, pero se ha integrado en un mismo utillaje en inyección. Esto reduce significativamente las máquinas necesarias en el proceso y el contenido de trabajo en ensamblaje.
- El Inserto y reposabrazos son dos piezas diferentes, con un forrado en piel artificial y un cordón doble de costura decorativa.
- El asa interior presenta una tira plástica decorativa y el propio sustrato que sostiene la botonera. Es visiblemente más oscura, dejando entrever que se trata de otro material, siempre que no esté pintado.



**Figura 30.** Panel interior de puerta de un Ford Fiesta.

*Fuente: autobild.es<sup>7</sup>*

### **VW Golf 7**

Esta es una evolución significativa respecto al Fiesta. Se trata de un interior conceptualmente superior al del Fiesta, obviamente destinado a otros posibles clientes. El coste será superior debido a una serie de factores importantes:



**Figura 31.** Panel interior de puerta de un Volkswagen Golf. *Fuente: Xdalys<sup>8</sup>*

- El panel está formado por tres sustratos. Esto requiere mayor número de utillajes en inyección y posiblemente una mayor variedad de máquinas para hacerlo de la manera más eficiente.

- Encontramos en el sustrato superior la presencia de una pieza pintada de considerables dimensiones, una rejilla de *tweeter* y un forrado en piel artificial por toda la pieza. Sobre él se monta el inserto y reposabrazos en dos piezas, forradas con textil.
- El sustrato central trae consigo un marco con simplemente granulado de inyección como acabado superficial y una zona dispuesta para el anclaje del asa y montaje del inserto, separado del reposabrazos.
- En el sustrato inferior podemos distinguir un marco de inyección granulado con un recipiente de almacenaje forrado en moqueta, debidamente preparado para ser ensamblado junto con el reposabrazos también.

### Ford Mondeo Vignale

En este modelo comenzamos a ver características más *Premium* en vehículos de más alta gama. *Vignale* es la línea más exclusiva de Ford, ahora presente en el Fiesta, nuevo Focus, Mondeo, Kuga y Edge. Ésta se caracteriza por cuidar más los detalles de pintura, ofrecer diferentes formas para piezas exteriores, incluir más piezas cromadas, mayor variedad en la motorización y transmisión y, desde luego, mejor calidad en interiores que el resto de los demás *Trim Levels*.



**Figura 32.** Panel de puerta de un Ford Mondeo Vignale. *Fuente: Elaboración propia*

Como análisis inmediato, podemos distinguir:

- Tres sustratos principales en el panel.
- Sustrato superior forrado en piel real.
- Piezas pintadas a doble capa. La *Deco* superior y la botonera pintada a doble capa y además con acabado ultrabrillante o *High Gloss*.
- Sustrato central en granulado de inyección. El inserto y reposabrazos dividido en dos piezas de fibra de madera forradas en piel real, con tres paños necesarios para hacer posible la línea negra (también en piel), además del asa y botonera ya mencionados.
- Sustrato inferior con acabado de inyección.

## Mercedes S-Class



**Figura 33.** Panel de un Mercedes Clase S.

*Fuente: Fotografía propia en el Showroom de Faurecia Paterna, elaboración propia*

Finalmente, en los acabados más exclusivos, el Mercedes Clase S es un ejemplo representativo. No es necesario estudiar detenidamente el conjunto para descubrir que posee características muy poco comunes y para nada simples ni baratas:

- Contamos con tres sustratos principales.
- Panel visto superior forrado en piel real
- Panel principal central, donde se ancla el inserto-reposabrazos y sus periféricos, también forrado en piel con varios paños y costuras funcionales y decorativas.
- El panel inferior con su compartimento también forrado.
- Acentos decorativos en aluminio cepillado o perforado y madera.

Es curiosa también la combinación de materiales tan diferentes: plásticos, fibras de madera y fibras naturales. Son materiales con unas diferencias en propiedades moderadamente marcadas que complican el trabajo de compatibilidad entre sí y obligan a buscar soluciones de ensamblaje más especializadas.

Son en diseños como este en los que el objetivo es dar una imagen lo más especial posible, donde se ha comprometido poco en busca de una calidad percibida superior.

## 8.2 Materiales

### 8.2.1 Termoplásticos

El sector del automóvil está especialmente caracterizado por el volumen de negocio y consumo que poseen los plásticos.

La mayoría de los elementos de interior desde los inicios del automóvil estaban contruidos en madera o acero. Los instrumentos y actuadores manuales se colocaban incorporados en tableros de madera maciza, frecuentemente recubiertos de algún paño textil o por pieles animales en los vehículos más exclusivos, pasadas unas cuantas décadas.

Hoy resulta sencillo imaginar por qué el sector ha evolucionado hacia materiales más prefabricados que permitan la automatización de la mayor parte posible de los procesos de producción, aporten ligereza y sean fáciles de trabajar y mantener en buen estado por los usuarios al paso del tiempo. Una de tantas iteraciones que se han realizado por todas las marcas alrededor del mundo y que abundan especialmente en el sector son los materiales plásticos.

La mayoría de ellos comenzaron a utilizarse pasados los años ochenta, época hasta la que se encontraban establecidas las fibras de madera como punto de partida para muchas marcas. Las máquinas de fibra de madera de Faurecia siguen utilizándose a día de hoy en diversos proyectos, aunque han sufrido ciertos cambios propiciados por las necesidades y avances en el mundo del automóvil.

Hoy, la mayoría de los programas poseen sustratos contruidos exclusivamente en termoplásticos, y muchos de ellos los utilizan de una u otra manera como materiales de acabado superficial en el producto final.

Faurecia, al igual que muchos de los fabricantes de interiores y otras piezas de automóvil, utiliza preferentemente ciertos plásticos fruto del estudio minucioso de las propiedades mecánicas y su precio.

Los termoplásticos más utilizados en Faurecia se clasifican en diferentes familias, dependiendo de su formulación base y su aditivación, tanto en material como en número.

Un ejemplo de familia de material plástico es **PP-TD20**, donde:

- **PP** expresa su material base, Polipropileno,
- **TD** expresa la especie con la que se ha aleado la base, *Talc Dust*, talco.
- **20** expresa el porcentaje en masa que esta especie representa sobre una unidad de masa de la mezcla.

Debido a que el Polipropileno es de bajo coste y tiene unas propiedades mecánicas y moldeabilidad destacables, representa más de la mitad de los materiales plásticos usados en automoción. Se utilizan para diferentes piezas, paneles de instrumentos, consolas y, por supuesto, paneles de puerta. Se han desarrollado diferentes compuestos de PP con multitud de elementos y materiales en función de los requerimientos de la pieza en cuestión.

En el año 2007, 3.75 millones de toneladas de PP (8% del consumo global de PP, de 45.5 millones) y 690.000 toneladas de PP (aproximadamente el 23% del consumo global de 2.94 millones de toneladas de PP doméstico) se utilizan en aplicaciones automovilísticas. En los últimos años las capacidades de adaptación medioambiental del PP han atraído atención y, por ello, se espera que el consumo de PP continúe en ascenso de cara al futuro.

Aunque posee gran potencial, se puede mejorar la rigidez o la resistencia a impacto mediante la adición de otros materiales o estructuras atómicas.

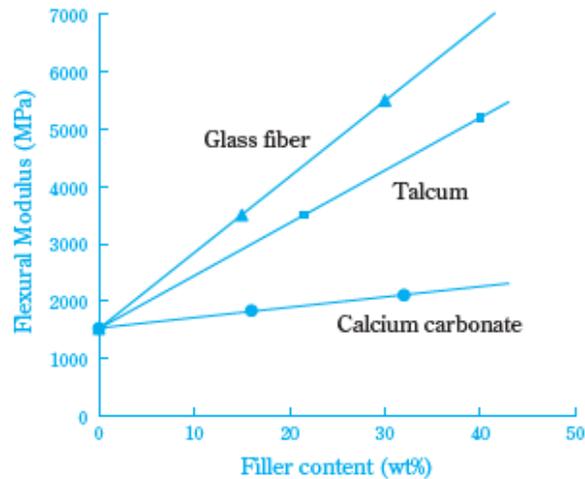
Debido a costes, el talco y la fibra de vidrio son frecuentemente añadidos en forma de “carga”, pudiendo suponer una proporción de casi el 50%.

Algunas de las especies que pueden usarse de relleno en forma de carga son:

	Óxidos	Sílice, Óxido de Titanio, Óxido de Magnesio, Óxido de Antimonio
<b>Compuestos inorgánicos</b>	Hidróxidos	Hidróxido de Aluminio, Hidróxido de Magnesio, Hidróxido de Calcio.
	Carbonatos	Carbonato de Calcio, Dolomita
	Sulfato	Sulfato de magnesio base
	Silicatos	Talco, arcilla, Mica, fibra de vidrio, nódulos de vidrio, vidrio tubular, Silicato de Calcio, Bentonita
	Carbono	Carbono negro, Grafito, fibra de carbono
<b>Compuestos orgánicos</b>		Polvo de madera, yute (cuerda), fibra de kenaf, fibra de cáñamo, fibra de poliamida aromática.

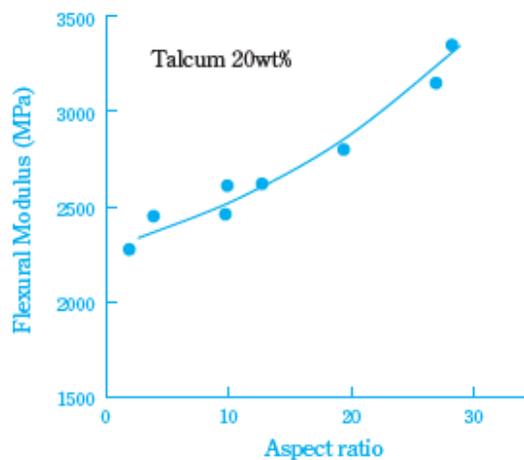
**Tabla 50.** Fuente: *PP Compound for Automotive applications – Sumitomo Kagaku*<sup>9</sup>

Dependiendo de estas especies, podemos extraer información relativa a la resistencia en función de diferentes variables que contemplan la especie con la que se ha cargado el material, el tamaño de la partícula y el factor de forma de la misma:



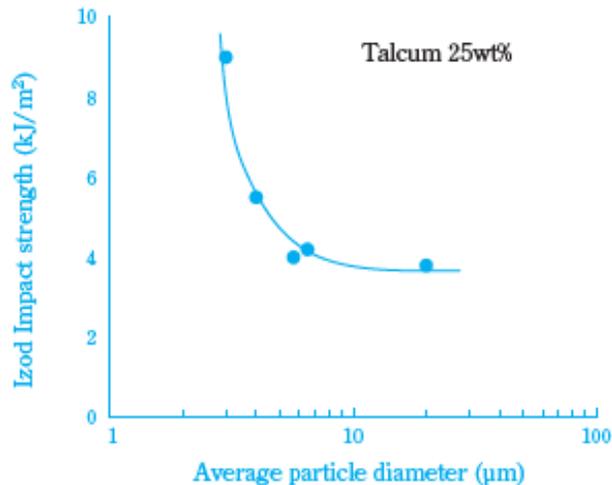
**Tabla 34.** Fuente: *PP Compound for Automotive applications – Sumitomo Kagaku*

Este es el comportamiento que posee el material en su módulo de elasticidad con presencia de las partículas más comúnmente utilizadas en automoción. El carbonato de calcio, como podemos observar, no es un material que proporcione propiedades mejoradas respecto a la adición de otros elementos como el talco, que además contribuye a que disminuya el precio por kg de la mezcla. La fibra de vidrio, por su parte, presenta unas mejoras sustanciales frente al PP cargado con talco pero, por el contrario, el cambio de precio puede e incluso suele constituir un sobrecoste, dependiendo de en qué rango de precios se mueva el índice C3 de precios del Polipropileno. Es por esto que esta variedad se utiliza en casos especiales en los que es necesaria una mayor resistencia, como pequeños soportes estructurales en consolas o sujeciones atornilladas de sección reducida.



**Figura 35.** Fuente: *PP Compound for Automotive applications – Sumitomo Kagaku*<sup>9</sup>

En esta gráfica empírica obtenemos una correlación de grado exponencial con la rigidez de una probeta con diferentes formas de partículas de talco. Como deja ver, a mayor forma tubular o fibrosa, mayor es la rigidez que se le confiere al material.



**Figura 36.** Fuente: *PP Compound for Automotive applications – Sumitomo Kagaku*<sup>9</sup>

Finalmente, las últimas conclusiones obtenidas por Sumitomo Kagaku acerca de las propiedades mecánicas con aplicación en el automóvil resumen en esta gráfica la resistencia a impacto que, logarítmicamente aporta más resistencia a menor diámetro medio de partícula, siendo significativas las diferencias por debajo de 10 micrómetros.

Esta última propiedad, el comportamiento a impacto, es especialmente importante a la hora de estudiar cuán seguras serán las piezas de interior del vehículo en caso de accidente. Se estudia meticulosamente en el panel de instrumentos durante las pruebas de disparos de airbag, al responsabilizarse Faurecia del buen funcionamiento del mismo. Solo unos pocos proveedores de los fabricantes finales poseen la certificación y permisos europeos y propios de las marcas para producir estos elementos que se denominan “de seguridad”.

Para la modificación a impacto es común que el PP vaya copolimerizado con etileno, denominándolo P/E (Polipropileno Etileno), que no hay que confundir con el Polietileno PE tradicional. Esto se debe a que, debido a que va polimerizado con un catalizador heterogéneo, su capacidad como elastómero no es satisfactoria para la absorción de impacto y ductilidad, aunque se considera apropiado siempre que se añada un elastómero como el etileno-buteno o el etileno-octeno intervenido con un catalizador homogéneo.

En general, entrando en el campo de los costes, el PP o P/E no es una buena opción si se pretende añadirle un acabado superficial posterior que requiera la adhesión a otros materiales. Esto se debe a que posee una superficie apolar o “de baja energía”, que se resume en una superficie nada afín a cohesionar con otros materiales. Es por esto que, para añadir pegamento o pintura, no bastaría ni siquiera con lijar la superficie para aumentar su rugosidad para así conseguir adhesión. El postratamiento más extendido, aunque no precisamente barato, es el flameado. En este proceso se expone la superficie a una llama abierta (normalmente proveniente de unos sopletes en brazos robotizados). Se busca reorganizar la superficie químicamente de manera que un espesor mínimo posea una superficie similar a la de los ABS y sus variantes, de “alta energía” o polar, razón por la que éste es uno de los materiales más utilizados después de los compuestos de PP.

Otros plásticos que representan una menor proporción en un automóvil pero son necesarias en algunas piezas según se desee respecto a la estética, trabajabilidad y resistencia son:

- Acrilonitrilo-Butadieno-eStireno (ABS) aleado con Policarbonatos (PC) dando lugar a PC+ABS: Se le confiere una mayor dureza, un acabado más brillante para un mismo color y unas propiedades polares, lo que permite que agarren buena parte de otros materiales sin precisar pretratamiento. El inconveniente que presenta es que es el más frágil que los anteriores mencionados y puede astillarse ante impacto, hiriendo a los ocupantes en caso de colisión lateral.
- Acrilonitrilo-Butadieno-eStireno (ABS) aleado con Poliamidas (PA) dando lugar a PA+ABS
- Comonomero de Estireno con anhídrido maléico.
- Poliamida (PA)

## 8.2.2 Fibras

El nacimiento de las fibras naturales en compuestos data de hace unos siglos. Dependiendo de cómo se considere, podríamos decir que incluso data del antiguo Egipto hace 3000 años, cuando la arcilla se reforzaba con paja para la construcción de paredes, aunque más tarde se cesó su uso debido a la aparición de materiales de construcción mucho más robustos como los metales. En los años sesenta, la combinación de fibras de vidrio con resinas resistentes cobró importancia, al ser posible producir este compuesto a gran escala. Es durante las últimas décadas que se utilizan las fibras naturales como sustituto de las fibras de vidrio, bajo la motivación de aligerar piezas, disminuir el precio de la materia prima y aprovecharse ecológicamente de las propiedades que permiten su fácil reciclaje.

Algunas de las ventajas más importantes que presentan respecto a las fibras de vidrio son:

- Su baja densidad, que resulta en una mayor resistencia específica y rigidez que el vidrio.
- Se trata de un material renovable y su producción no requiere demasiada energía.
- Producible con baja inversión y bajo coste, lo cual es beneficioso para los países con un clima apropiado para la cosecha y tratamiento de las fibras.
- Mayor facilidad al reciclarlo térmicamente. El vidrio suele causar problemas en los hornos.

- Buenas propiedades de aislamiento acústico y térmico.

En el caso del automóvil, su rango de aplicación es muy amplio, destacando:

- Paneles de puerta: insertos, reposabrazos o sustratos superiores, inferiores o totales.
- Fondos de maletero. Requieren buena resistencia y bajo peso, por lo que la mezcla con polipropilenos está más que justificada.
- Bandejas y paneles cubrecargas. Increíblemente extendidos por casi el 100% de los fabricantes.

En contexto con el mercado actual y las prácticas de los fabricantes de piezas de fibras naturales, es oportuno mencionar la variabilidad de “recetas” que somos capaces de ejecutar y que son de gran interés por su coste, durabilidad, aislamiento y propiedades mecánicas. Variaciones de estas mezclas de fibras incluyen las fibras de madera, algodones y otras fibras recicladas que, en combinación el polipropileno obtenemos lo que se conoce como WFPP (*Wood Fiber PolyPropylene*) o NFPP (*Natural Fiber Polypropylene*).

Más allá, Faurecia ha desarrollado y patentado dos tecnologías a partir de fibras naturales denominadas *NAFiLean* y *NAFiLite*, del inglés *Natural Fibers for injection* que consiste en una mezcla de fibras naturales y termoplásticos con un aditivo que ayuda a la expansión del material y la creación de huecos de aire. *Lean* significa “pobre” o “escaso”, usado también para definir mezclas con dosado pobre y que se usan en este caso para describir la cualidad de ligereza que proporciona debido a una baja densidad de material, al igual que *Lite* refiere a *Light*, “ligero”. Ambas tecnologías ayudan a reducir el impacto medioambiental hasta un 30%, al tiempo que disminuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> alrededor de un gramo por kilómetro recorrido.



**Figura 37.** Panel de puerta en WFPP.  
Fuente: [Naturalfibersforautomotive.com](http://Naturalfibersforautomotive.com)<sup>10</sup>



**Figura 38.** Panel de puerta en NAFiLean  
Fuente: [Faurecia.com](http://Faurecia.com)<sup>3</sup>

### 8.2.3 Otros

En esta categoría tan generalista podemos incluir las resinas coloreadas, con un comportamiento muy similar a un termoplástico (debido a que su componente base lo es), pinturas y lacas, adhesivos y otros químicos para tratamientos y pieles y telas.

En el campo de las resinas poco se va a profundizar. Son materiales muy específicos que solo unos pocos proveedores son capaces de ofrecer al volumen que se demanda. También presentan algunas dificultades en cuanto a la inyección y solidificación, con mayor tendencia a defectos superficiales de color, en los que se puede ver a simple vista que no existe una homogeneidad perfecta según el husillo provoca el avance de la mezcla por el molde. Son materiales caros (con frecuencia cuadruplican los no coloreados) y suelen utilizarse para una pequeña proporción del volumen total de un mismo vehículo (debido a la personalización de colores opcional). Esto justifica no utilizar los silos de las plantas debido a que muchos otros materiales son inyectados por delante de estas resinas. También pueden utilizarse en procesos de bi-inyección en presencia de otros materiales no resinados.

Las pinturas representan una buena opción teniendo en cuenta lo último mencionado sobre las resinas. Estas pueden almacenarse debido a que su consumo por pieza es muchísimo menor y no requiere tanta rotación de inventario, al mismo tiempo que ocupa mucho menos espacio para un mismo número de piezas. Las pinturas más utilizadas por Faurecia pueden ser de dos tipos.

- De base solvente: debido al punto de evaporación de los líquidos solventes, el tiempo de secado de la pintura es muy bajo. Esto mejora notablemente los tiempos en las líneas de producción, evita esperas y ahorra máquinas como secadoras *y/o jigs*, unas estructuras sobre las que se cuelgan las piezas durante el pintado manual o automático. Son muy utilizadas en el caso de necesitar aplicar una segunda capa de lacado por su rapidez en el proceso de evaporación, además de que resultan menos costosas que en base acuosa. Sin embargo, su utilización libera gases nocivos a largo plazo para los operarios que la apliquen y en muy rara circunstancia se utiliza de manera oficial. Solo cuando las condiciones de la planta en cuanto a ventilación son excepcionales.
- De base acuosa: son muy utilizadas debido a su baja toxicidad. En volúmenes moderadamente bajos o con mucho tiempo para efectuar operaciones, estas pinturas son adecuadas pese a que su tiempo de secado sea mayor. Las líneas de pintura son igualmente costosas, aunque estas pueden requerir más costes relacionados con su tiempo de ciclo alto, dada su menor capacidad de producción con respecto a las que utilizan base solvente.

Ambas pinturas, por razones obvias de coste, suelen suministrarse en líquido y se aplican mediante aerógrafos, ya sean las líneas manuales o automáticas.

Los adhesivos utilizados dependen de la aplicación y los requerimientos. Entre ellos se pueden destacar dos: *Hotmelt* y pegamentos en base agua.

- *Hotmelt*. El *Hotmelt* es un tipo de adhesivo basado en polímeros o termoplásticos. Esto significa que se trata de un adhesivo sólido a temperatura ambiente. Tienen un tiempo de curación muy bajo y presentan excelentes propiedades de resistencia una vez aplicado. Es uno de los más comúnmente utilizados, aunque presenta unas claras desventajas en función de la aplicación. Dentro de ellos
  - PUR No Reactivos: Basados en poliuretano, no presentan ningún solvente en su composición, por lo que el adhesivo no interactúa químicamente con la superficie a adherir.
  - PUR Reactivos: En este caso, aditivos solventes contribuyen a crear una interacción atómica en el punto de contacto entre el adhesivo y el sustrato de la pieza, lo que le confiere mejor resistencia y poder de adhesión.
  
- Adhesivos base agua. Son igualmente utilizados en la industria y poseen propiedades extremadamente buenas en las condiciones de trabajo de los materiales adheridos. Es además muy resistente ante ambientes húmedos. Presenta como desventaja la presencia de agua y el sobrecoste en el proceso productivo consiguiente para su secado y reactivado. Su precio de materia prima es menor, aunque debemos tener en cuenta que no es 100% adhesivo. Contiene agua que tendrá que evaporarse, lo que hará diferir los consumos comparado con el *Hotmelt*. Es mucho más versátil en su uso y aplicaciones y no requiere máquinas especialmente costosas para su utilización. Además, el *Hotmelt* es molesto en el entorno de la producción debido a los gases que libera a temperatura de aplicación.

Además de estos materiales, cabe destacar los materiales que se usan para el forrado.

- Tela: la tela es muy utilizada en vehículos como paño para forrados. Tiene buena durabilidad, no requiere cuidados para mantener su hidratación y es de relativamente bajo coste. Es muy sencilla de trabajar, es resistente y presenta buen tacto para el confort del usuario. Sin embargo, tiende a perder color y elasticidad con el tiempo o exposición al sol y no siempre es un buen material cuando es expuesto a sustancias susceptibles de manchar debido a su permeabilidad. Muchas de las telas son poliéster, debido a su casi nula degradación ante agentes limpiadores o detergentes.
  
- Pielés artificiales: son ampliamente utilizadas con el fin de proporcionar una mayor calidad percibida. Con unos volúmenes adecuados, su precio casi se iguala al de algunas telas y proporciona un tacto similar al de la piel real. Los materiales más utilizados son el PVC y el TPU, que suelen comprarse laminados con espumas de polipropileno o similares debido a la alta inversión requerida para espumar en las propias instalaciones de las plantas de producción. Presentan ventajas muy interesantes: son (hasta cierto punto) impermeables, dan un acabado suave y confortable para los ocupantes, no requieren demasiados cuidados de mantenimiento y resisten bien ante manchas de aceites y sustancias acuosas. No obstante, requieren unos pocos

cuidados para evitar que se cuartee con el tiempo y no resiste demasiado a rayado y desgarrado, por lo que su durabilidad es significativamente menor que la piel.

- Pieles naturales: utilizadas especialmente en vehículos de alta o muy alta gama. Se trata de un producto muy resistente a desgarros y ralladuras, manchas de sustancias polares y apolares, de fácil limpieza, con buen tacto y transmisión de calor con la piel del usuario y una calidad percibida superior. El tamaño de la pieza que puede forrarse con un solo paño está limitada a la superficie de piel que poseyera el animal y a los defectos que presentase en la misma. Supone un coste unas 4-6 veces superior a un PVC estándar y requiere encerados y rehidrataciones periódicas para mantenerlo de manera óptima. También, si usamos un color claro, se oscurece en los pliegues con facilidad y casi inevitablemente presentará zonas más brillantes y oscuras a más abrasión reciba la zona en cuestión con el paso del tiempo.



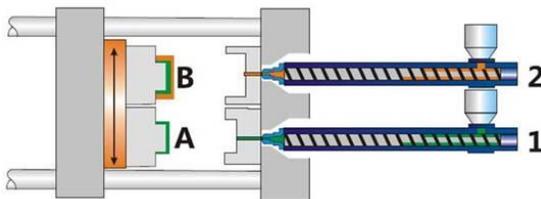
**Figura 39.** Paños de PVC (izquierda) y piel natural (derecha). *Fuente: Clazzio.com*<sup>13</sup>

### 8.3 Posibles procesos

Como es evidente y fácil de deducir, el sector de la automoción tiene consumos especialmente altos de metal (fundamentalmente aceros) y plásticos. La propia carrocería está adoptando piezas de plástico en parachoques, simulaciones de cromados, pequeños insertos en llantas, *spoilers*, tapas de combustible, retrovisores, manetas de puerta, faldones, etcétera. Todas estas piezas han pasado por procesos de inyección en molde como primer proceso, y es precisamente la actividad principal que más inversión requiere de los pequeños y grandes proveedores de los fabricantes finales.

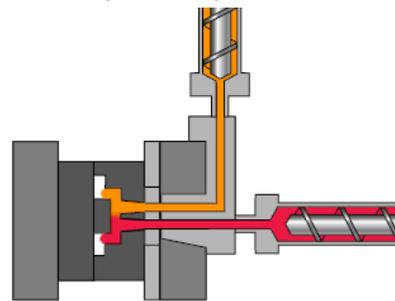
Basándonos en los materiales mencionados en el apartado anterior, podemos realizar una serie de procesos utilizados en automoción para el tratamiento de los materiales.

- Termoplásticos y NAFIs:
  - Inyección en molde: Se trata del confinamiento de un termoplástico o uno de los productos patentados por Faurecia de la línea NAFI en estado líquido empujado por un husillo en una cavidad con forma, con el fin de obtener una o múltiples piezas por ciclo. Es un proceso pensado para la obtención rápida y consistente de piezas para gran variedad de tamaños y formas. Presenta restricciones debido a la naturaleza de un molde no perdido tras la inyección. Los ángulos de desmoldeo son cruciales para el buen acabado superficial de la pieza durante la extracción.
  - Bi-inyección: Consiste en una inyección como la anterior explicada, con la diferencia de que se inyectan dos materiales, bien en un paso o en dos (llamado entonces “co-inyección”), con el fin de producir una pieza de un material recubierto superficialmente por otro (en la co-inyección), o en caso contrario para obtener dos materiales diferentes en una misma cara vista, por supuesto sin mezclarlos. Éste último es un proceso algo descontrolado pero presenta la ventaja de acortar los tiempos de inyección a la mitad.



**Figura 40.** Proceso de co-inyección.

Fuente: [plastic-knowledge-kanyakumari.blogspot.com](http://plastic-knowledge-kanyakumari.blogspot.com)<sup>14</sup>



**Figura 41.** Proceso de bi-inyección.

Fuente: [knowledge.autodesk.com](http://knowledge.autodesk.com)<sup>15</sup>

- *Backinjection* (Retroyección): Es una tecnología muy interesante en la que se inyecta un material fusionable en una cavidad en la que hay un tejido o lámina maleable sintética de cualquier tipo (telas entrelazadas, telas compactadas o pieles artificiales). El folio es presionado hacia la pared del molde, toma su forma y resulta en una pieza con un forrado óptimo en el que no suele hacer falta más que una fina membrana que impida el acceso del material fundido en los huecos y burbujas de folios espumados o telas. Presenta el inconveniente de ser solamente aplicable a diseños con radios grandes y esquinas poco pronunciadas.
- Gas-inyección: supone la inyección de un material fusionable por todo el molde y la incorporación de un gas, generalmente nitrógeno, en una zona específica con el fin de generar huecos que pueden alcanzar tamaños muy importantes, usados para aligerar piezas y aportarles rigidez con poco material. En el momento en el que termina el ciclo, el nitrógeno se libera y queda un hueco frecuentemente comunicado con el exterior por más de un punto para evitar efectos provocados por la presión de un gas confinado. Presenta irregularidades en la sección.



**Figura 42.** Mango gas-inyectado. Fuente: Talbot Technologies<sup>16</sup>

- Fibras:

- Fabricación de mantas de *NFPP* y *WFPP*: No existen demasiadas máquinas en el mundo capaces de fabricar las mantas previas a estampación con calor para formar paneles de interior. Este proceso consiste en una máquina extremadamente costosa y voluminosa que contiene gran variedad de tratamientos de separación, desgarrado, mezcla y laminación de fibras naturales o de madera con polipropileno. El plástico se proporciona en forma de gránulos y es la máquina la que se encarga de hilar y entrelazar de la mejor manera posible ambos componentes. La velocidad de salida de estas mantas es relativamente alta y salen cortadas a las dimensiones deseadas para su uso en las máquinas de estampación con calor.



**Figura 43.** Mantas de NFPP previas a estampación. Fuente: Faurecia Russia<sup>2</sup>

- *One Shot* (prensado con calor): Esta operación consiste en una máquina que se alimenta de mantas de NFPP o WFPP y, solo en el caso de NFPP, también se alimenta de telas o PVCs. En ambos casos se prensa en un molde a más de 100 toneladas con el fin de comprimir la superficie de la manta, y se calienta para fundir las fibras de polipropileno y provocar que adopte la forma del molde de manera permanente. Solo en el caso de las mantas de NFPP se puede estampar en conjunto con las telas o folios, y se obtiene como resultado un forrado con una excelente unión entre ambos. Es una solución que podría, hasta cierto grado, compararse con una retroinyección, ya que se extrae una pieza con la forma correspondiente y con un forrado integrado en una misma operación.

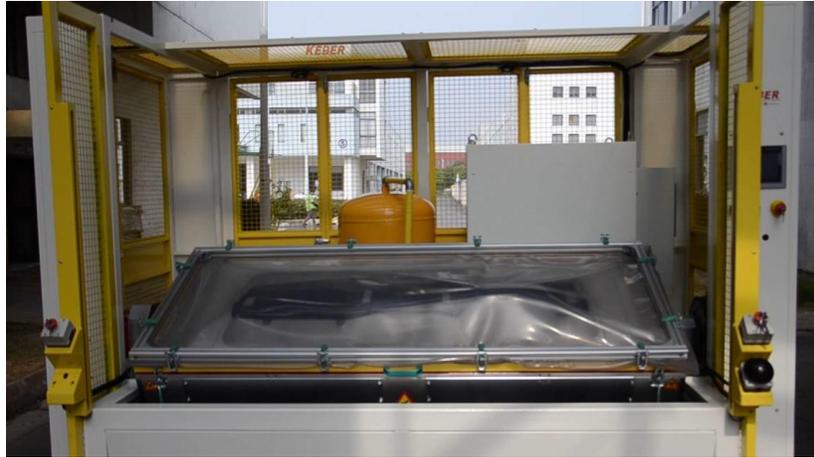


**Figura 44.** Pieza formada y cubierta en PVC mediante *One Shot*. Fuente: Jowat.com<sup>17</sup>

- Telas, Pieles artificiales y naturales:

- Cosido funcional: Utilizado para unir dos paños cualesquiera. No tienen la costura a la vista y necesitan una cinta textil que actúa como base sobre la que se cosen ambas telas. Esto significa que no van cosidas unas a otras directamente en las prácticas de Faurecia, sino que lo hacen a través de una tira intermedia. Los hilos son de fibras sintéticas y de muy alta resistencia.

- Cosido decorativo: En este caso, la costura sí es visible y sí está cosida directamente sobre el paño en cuestión. Suele utilizarse más que nunca en vehículos populares que ofrecen varios colores en función de la demanda del cliente final o en sintonía con el color del interior que la marca decida. Generalmente, ofrecer este acabado supone un margen de beneficio extremadamente alto para las marcas con un coste comparativamente ínfimo. Los hilos son de fibras sintéticas y de muy alta resistencia también.
  
- Termoconformado con forrado o *Thermocovering*: Se utiliza en pieles plásticas y se aplica calor para maleabilizar el material y para reactivar el adhesivo que se encuentra seco y no posee las propiedades de adherencia a temperatura ambiente. Se aplica directamente sobre la pieza que se encuentra sujeta por un sencillo utillaje. Se trata de un proceso de automatización de operaciones que en caso contrario serían manuales. Se puede añadir succión a través de la pieza (que para ello se debe contar con pequeños agujeros originados en inyección en las zonas más problemáticas) para adherir hacia sí el material impermeable, como un PVC. El proceso cuenta con una flexibilidad considerable a la hora de afrontar piezas con formas complejas.
  
- *In Mould Graining (IMG)*: se trata de un proceso muy similar al *Thermocovering* con la diferencia de que se proporciona un dibujo o grabado (normalmente granulado) a una lámina originalmente lisa de TPO o similares mediante calor. También se le puede aplicar succión y doblado de cantos automático en las aristas más rectas. El resto de cantos se doblarían manualmente con la ayuda de una pistola de calor y/o una grapadora para fijar las esquinas en el sustrato.
  
- Forrado en membrana: En este proceso se utiliza una máquina conocida como “chupona” y que cuenta con un sencillo utillaje sobre el que se coloca una pieza con adhesivo previamente aplicado. Se aplica un vacío pero no se realiza a través de la pieza, sino que es una membrana elástica la que recibe la fuerza de succión y la aplica directamente sobre la cara exterior del paño y sobre la pieza. Las hay con calor en su base para reactivar los adhesivos de base acuosa. También se pueden extraer de inyección agujeros en el sustrato para realizar una fuerza de succión sobre el paño impermeable, por lo que no es una solución que se pueda aplicar a telas.



**Figura 45.** Máquina “Chupona” con membrana transparente. Fuente: *KEBER Plastic Welding*<sup>18</sup>

- Pintura:

- Línea de pintura manual o automática: Los procesos de pintura de piezas decorativas de interior están compuestas por un carrusel en el que se montan los *jigs* (soportes de piezas) con las piezas colgando de ellos. Este conjunto atraviesa diversas estaciones en las que se cargan en el *jig*, se enjuagan y secan, se pintan, se retrabajan o pulen si es necesario, y se descargan. En el caso de las líneas automáticas es un brazo robótico el que se encarga de la tarea de pintar, debido a que tiene un porcentaje de acierto sobre la pieza mejor del que puede tener un operario, la reparte uniformemente y está diseñado para alcanzar todas las esquinas en un tiempo reducido. Las demás tareas se encargan al personal, por lo que una línea automática de pintura no experimenta un cambio drástico en la mano de obra directa a cargo de la operación respecto a una línea de pintura manual. Este proceso genera una alta cantidad de piezas de rechazo, en algunas piezas más complejas, en torno al 10% por capa aplicada.

- Adhesivos:

- Adhesivo aplicado por rodillos (*Glue Roller Coating*): Es una máquina de tamaño reducido que se usa a menudo para la aplicación de *Hotmelt* sobre paños previamente cortados de PVC o tela si es espumada.

Por último, cabe destacar las operaciones de ensamblaje, entre las que existen:

- Estación de forrado manual. Presenta gran versatilidad y no supone una inversión importante. Ocupa menos espacio que una cuna de ensamblaje y que una máquina de forrado por termoconformado pero más que una *chupona*, y requiere más personal trabajando para obtener el mismo número de piezas. Estas estaciones también se utilizan para finalizar forrados automáticos en los que el doblado de cantos no puede realizarse

- Cuna de ensamblaje. Es una mesa especializada de ensamblaje en la que un utillaje sostiene de manera firme las piezas o paneles mientras un operario puede trabajar sobre la pieza.
- Destornilladores, grapadoras y remachadoras. Son máquinas sencillas de operación parcialmente manual mediante las que se completan operaciones de ensamblaje. Los destornilladores son eléctricos y poseen unas configuraciones de par para evitar sobrerrosocar los tornillos, además de tener conectadas luces sobre la estación que permiten indicar al operario y, si es necesario también, al líder y supervisor que el apriete es el adecuado.
- Estación de inspección final. A pesar de existir unos segundos por cada estación dedicados específicamente para la autoinspección de las piezas por el mismo operario que las manipula, nunca hay suficiente revisión cuando el cliente está a punto de recibir las piezas y donde su proveedor, en este caso Faurecia, es quien va a dar la cara por la calidad del producto final. Muchas veces, vale más la pena dedicar unos segundos a la inspección visual y mediante *poka-yokes* (elementos que se utilizan magnitudes medibles y objetivas; como recuento de clips, colocación de paños o consistencia dimensional de una pieza, y que en caso de detectar un problema, automáticamente se hace saber al operario y se retira de la línea para retrabajo). Suele realizarse con todas y cada una de los ensamblajes finales.
- Máquina de soldadura por ultrasonidos. Aunque también se usan las de soldadura por vibración en módulos de airbag para paneles de instrumentos, las de ultrasonidos funden dos materiales por unas zonas discretas (buterolas). Éstas se usan en la inmensa mayoría de los procesos de ensamblaje de paneles de puerta y consisten en unos pequeños sonotrodos que aplican unas ondas de presión a muy alta frecuencia entre un par de ellos. Se utiliza para la soldadura de dispositivos a prueba de agua y polvo por el buen resultado que da su sellado.
- Máquina de ultrasonidos manual. Se usa cuando se requiere un número reducido de puntos de soldadura, en los que el operario aplica las ondas de sonido durante unos segundos y consigue soldar la pieza con la misma fiabilidad que una máquina automática.

## 8.4 Evaluación medioambiental

Como en todo proyecto destinado a producción, dependiendo de las soluciones que se adopten para el proceso de manufactura, es evidente que se consumirá mayor o menor energía en función del tipo y número de máquinas, volúmenes, días trabajados... así como una variabilidad de químicos liberados a la atmósfera. En este subpunto observaremos dos de los contaminantes más importantes que se consideran en la industria, así como de las acciones de reciclaje y calidad en el habitáculo.

### 8.4.1 Formaldehído y Dióxido de Carbono.

El químico con que mayor repercusión es considerado en cuanto a contaminación del aire en el entorno de producción y que se considera especialmente peligroso es el formaldehído.

El formaldehído ( $CH_2O$ ) es un gas incoloro de olor fuerte e irritante a temperatura ambiente. El Valor Límite Ambiental a Exposición Diaria (VLA-ED) según la DLEP 123 de 2008 (Documentación de Límites de Exposición Profesional) del Gobierno de España es de 0.3 ppm, mientras que a Corta duración (VLA-EC) es de 0.6 ppm. Éste es un agente que se encuentra de forma natural en el medio ambiente. Es una molécula simple de un solo carbono que se metaboliza rápidamente. Se encuentra en aguas embotelladas, potables tratadas, subterráneas y superficiales, así como en numerosos tipos de alimentos, aunque se trata de un producto metabólico importante de plantas y animales. También se genera por combustión incompleta de combustibles derivados del petróleo. En el interior, está presente debido a la emisión de gases de materiales que contienen formaldehído como productos de madera (WFPP en las aplicaciones automovilísticas), alfombras, telas, pinturas y aislamiento domésticos. Sin embargo, en el tema que más concierne a la automoción, el formaldehído está presente en resinas fenólicas, de urea y poliactal. Estas últimas se utilizan especialmente en la producción de plásticos y polímeros.

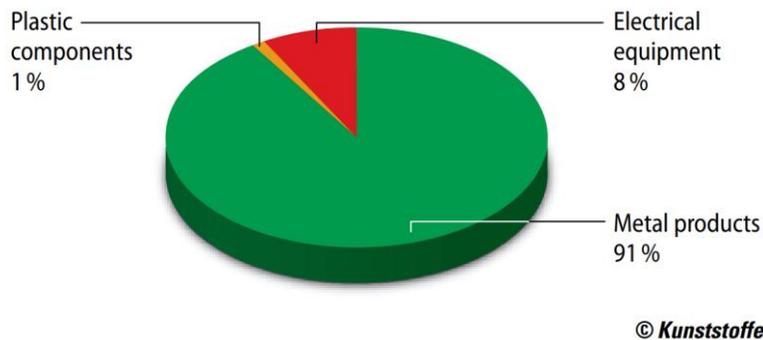
Los efectos según la **concentración en ppm** de formaldehído tras una corta exposición son los siguientes.

Desde	Hasta	Síntoma
0.05	1	Ventana del límite inferior para el olfato
0.01	1.6	Ventana del límite inferior para la irritación de los ojos
0.08	1.6	Irritación de ojos y nariz
	0.5	Irritación de la garganta
2	3	Picor fuerte en la nariz
4	5	Si dura más de 30 minutos, aumento de las molestias y lagrimación
10	20	Tras pocos minutos, lagrimación extrema que perdura hasta pasada una hora tras la exposición. Instantáneamente causa tos, insuficiencia respiratoria y ardor en nariz y garganta.
	30	Peligro de muerte, edema pulmonar y neumonía.

**Tabla 50.** Efectos en la salud. Fuente: *Manuales de Faurecia.*

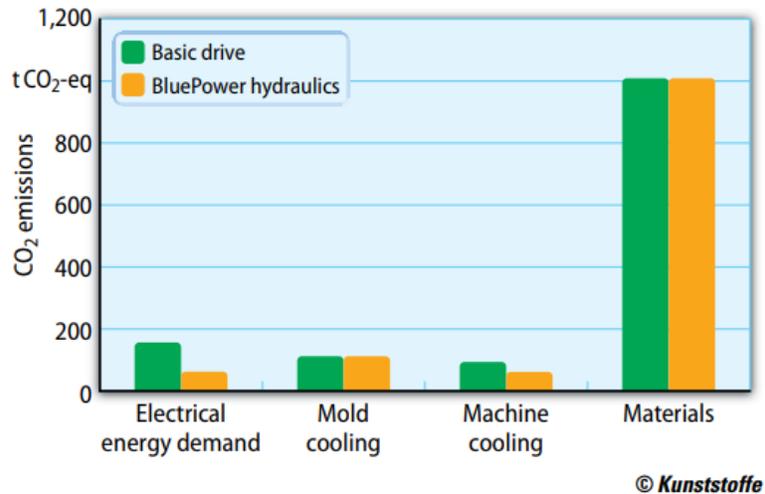
Debido a estos efectos en la salud humana y también al confinamiento que supone un automóvil cerrado, este compuesto está altamente en consideración a la hora de utilizar los materiales de interior. Así pues, los seleccionados en el sector no poseen una cantidad elevada de formaldehído entre sus estructuras moleculares.

En cuanto a la producción de CO<sub>2</sub>, basándonos en la figura que se muestra debajo, podemos considerar que la emisión no es especialmente alta para los plásticos en la producción de un vehículo completo (en torno al 1%), en la que el mayor conductor de la contaminación es el asociado a la producción y tratamiento del metal.



**Figura 46.** Gráfico de pastel de emisión de CO<sub>2</sub> en la producción de un automóvil. Fuente: *Kraussmaffe.com*<sup>20</sup>

Si consideramos la producción de CO<sub>2</sub> asociada exclusivamente a un proceso de inyección, observamos en la gráfica proporcionada abajo que la producción de CO<sub>2</sub> no va tanto asociada a las máquinas en cuanto a consumo energético y enfriamiento de molde y máquina, sino a los materiales que se producen. Esto sugiere que en caso de adoptar soluciones con el fin de minimizar los impactos en la emisión de CO<sub>2</sub>, tal vez haya que centrar los esfuerzos en la búsqueda de materiales que requieran una menor temperatura de inyección o que no posean carbonos tan fácilmente desprendibles del material para evitar su reacción con el oxígeno en aire.



**Figura 47.** Gráfico de BluePower Hydraulics contra competidores en emisión de CO<sub>2</sub> en la inyección de termoplásticos. Fuente: *Kraussmaffe.com*<sup>20</sup>

Tal como se puede observar, el sumatorio de CO<sub>2</sub> emitido por la máquina expresada en ámbar es aproximadamente 0.2tCO<sub>2</sub>-eq. Esta unidad es una unidad métrica utilizada para comparar las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero en base de su potencial de provocar calentamiento global en el futuro. Esto significa que es una manera de poner bajo una misma escala la contaminación que producen los diferentes gases de efecto invernadero, siendo la liberación de metano y óxido nitroso altamente perjudiciales en relación al CO<sub>2</sub>.

Greenhouse gases	Molecular formula	Greenhouse gas potential with regard to 100 years
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1
Methane	CH <sub>4</sub>	21
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	310

**Tabla 51.** Efecto del potencial de contaminación del dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en los próximos 100 años. Fuente: *kraussmaffe.com*<sup>20</sup>

En la sección de cálculos de este proyecto, contemplaremos la magnitud de la contaminación con más detalle y estimaremos el impacto en emisiones total del producto finalizado, contemplando también el transporte de las piezas.

## 8.4.2 Reciclaje

El reciclaje es una buena manera de posibilitar la creación de piezas comercializables a partir de otras cuya vida útil ha podido llegar a su fin o ni siquiera llegaron a formar parte de un producto final debido a defectos o a constituir un recurso productivo necesario que no formase parte del componente terminado.

En el aspecto del reciclaje, podríamos clasificar tres entornos: el entorno del proveedor, el entorno de la producción en Faurecia y el entorno posterior a su vida útil.

Si consideramos el reciclaje que se puede realizar desde un proveedor, lo primero que viene a la mente es el reciclaje de fibras naturales y de madera. Debido a la baja pérdida del material que se produce durante la vida de un producto basado en algodones, maderas, cordeles y más, es extremadamente fácil reutilizar esta materia para crear matrices prensables para formar paneles en automoción. Aunque precisa un proceso de separación, machaque, desgarrar y mezclado, es cierto que la inmensa mayoría (en torno al 95%) de la materia que se introduce en las máquinas, forma parte de la pieza final. Esto hace que los proveedores sean capaces de reciclar y mantener su negocio a partir de materia prima de extremadamente bajo precio, y puedan ofrecerlo también a bajo precio a sus clientes.

El reciclaje de plásticos está algo más reducido. Según los estándares de resistencia que se exige en este sector, no demasiada cantidad de plástico reciclado se admite. Aunque se trata de unas piezas que van calculadas para encontrar el equilibrio entre tamaño de la sección y resistencia en ensayos, se tomará para este proyecto un coeficiente de seguridad que, además de la variabilidad de las cargas aplicadas, contemple que un proveedor pueda reciclar sus bebederos (que en piezas pequeñas puede representar entre un 2 y un 5% del peso total de la pieza), pese a que en las exigencias quede específicamente expreso que no se haga. En este aspecto, durante el desarrollo de este documento se asegura un estrecho margen de error para presentar al cliente sus piezas en perfectas condiciones y acorde a sus exigencias.

En cuanto al reciclaje en la planta de Faurecia, y para optimizar los costes y evitar futuras operaciones contaminantes con el plástico ajeno al producto final, tomaremos como suposición que sí podemos reciclar los bebederos (que para piezas de un mayor tamaño a las que se le puedan subcontratar a proveedor, no supera el 3% del peso total de la pieza) y que también podemos permitir reciclar las piezas que salgan defectuosas en aquellas que sean no vistas, ya que las inyecciones no generan demasiados *scraps* a pesar de que su no-uso puede suponer una pérdida medioambiental de unos cuantos cientos de kilogramos anuales.

Igualmente, posterior a la entrega al cliente y a la vida útil que los usuarios finales sean capaces de proporcionarle a su automóvil, podemos suponer una reutilización para piezas de recambio en desguace (lo cual supone una solución con cero impactos medioambientales) o un tratamiento en plantas de reciclaje. Serían éstas las responsables de proveer estos plásticos a otras empresas que se dediquen a la producción de piezas con exigencias mecánicas menores o con afán de sostenibilidad en proyectos más innovadores.

Sea cual sea el entorno en el que se realice el reciclaje de la materia, es evidente que cualquiera de los materiales utilizables y mencionados en la sección “Materiales” presentan un fácil tratamiento para reciclaje y aplicación a nuevos productos, exceptuando las piezas pintadas, que muy probablemente requerirían de procesos de disolución química de las pinturas y que complicaría su correcta inserción en futuros productos.

#### 8.4.3 Calidad del aire en el interior del vehículo. *Vehicle Interior Air Quality (VIAQ)*

Las emisiones de los componentes de interior de vehículo (PVC, Poliuretano, espumas, moquetas, adhesivos, etc) pueden afectar negativamente a la calidad del aire en el interior del vehículo y en consecuencia al confort y salud de los ocupantes.

En consecuencia, de estas consideraciones, el VIAQ está cobrando importancia en el mundo del automóvil, fuertemente debido a la imagen, pero aún con más razón con el incremento de normativa y regulaciones en esta industria. Este último punto se ha visto reflejado en el desarrollo de métodos armonizados que cuantifiquen las emisiones de químicos liberadas por los materiales utilizados y averiguar la calidad del aire que respirarán los usuarios.

Utilizando estos métodos, los niveles de emisión y el impacto potencial de cualquier panel interior pueden ser evaluados, así como los niveles de compuestos orgánicos volátiles (*Volatile Organic compounds* o *VOCs*) y compuestos orgánicos semivolátiles (*Semi-Volatile Organic Compounds* o *SVOCs*, por ejemplo, utilizados para volver cualquier superficie transparente en translúcida) y compuestos especialmente “apestosos” emitidos durante diferentes condiciones.

## 8.5 Aspectos económicos y del comercio internacional

### 8.5.1 Estudio de las regiones. Identificación de plantas de alto y bajo coste



**Figura 48.** Mapa de Europa con las plantas de producción de Faurecia Interior Systems. *Fuente: Google y elaboración propia*

De este mapa y de información complementaria obtenemos la ciudad, planta y país de cada una de las localizaciones permitidas, junto con el salario mínimo del país a doce pagas y su tasa horaria calculada para la fecha de comienzo de la producción:

El valor del salario mínimo es el oficial de 2019 y la inflación es la experimentada en septiembre de 2018 comparado respecto al mismo mes del año anterior. Asumiremos que ésta permanecerá con este valor durante los años restantes al inicio de la producción y al final, tras 6 años de vida de producto.

La región, debido a la localización del cliente final (Almussafes, España), restringiremos los países más hacia el este que la República Checa debido a la distancia, que representaría unos costes logísticos importantes. También estos países (con tradicionalmente menor coste de la vida, y por tanto menor coste de MOD), tienden a sufrir fluctuaciones a más con el paso del tiempo, especialmente en cuanto a la actividad industrial.

La tasa horaria de la Mano de Obra Directa (MOD) la calcularemos teniendo en cuenta las siguientes suposiciones:

- El sueldo constituye solamente el 35% de los costes asociados a un operario, debido a que hay seguridad social por pagar, así como sus propios consumos en la empresa.

- Se trabaja 225 días al año, un promedio de 18,75 días por cada mes.
- El sueldo medio de los operarios de producción es un 20% superior al sueldo mínimo si la ubicación de la planta dista más de 100 km de un núcleo de población de 750.000 habitantes, 24% si dista menos que 100 km y 36% si dista menos de 100km de un núcleo con más de 1.5 millones de habitantes. Este cálculo contempla trabajadores temporales, indefinidos y de larga antigüedad en combinación.

País	Plantas	Sueldo mínimo interprofesional 2019 mensual	Tasa de inflación anual estimada (%)	Tasa horaria de coste de MOD estimada a 2020
<b>España</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	1050 €	2.3%	23,017 €/h
<b>España</b>	Próximas a ciudades de entre 750.000 y 1,5 millones de habitantes.	1050 €	2.3%	23,785€/h
<b>España</b>	Próximas a ciudades de más de 1,5 millones de habitantes.	1050 €	2.3%	26,087 €/h
<b>Portugal</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	676.7 €	1.8%	14,761 €/h
<b>Francia</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	1498.5 €	2.5%	32,913 €/h
<b>Francia</b>	Próximas a ciudades de más de 1,5 millones de habitantes.	1498.5 €	2.5%	37,302 €/h
<b>Alemania</b>	Próximas a ciudades de entre 750.000 y 1,5 millones de habitantes.	1498 €	2.2%	33,900 €/h
<b>Alemania</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	1498 €	2.2%	32,806 €/h
<b>Austria</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	No hay S.M.I	2.2%	29,565 €/h
<b>Luxemburgo</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	1998.6 €	2.7%	43,983 €/h
<b>República Checa</b>	Próximas a ciudades de entre 750.000 y 1,5 millones de habitantes.	477.8 €	2.1%	10,802 €/h
<b>Reino Unido</b>	Próximas a ciudades de entre 750.000 y 1,5 millones de habitantes.	1463.8 €	2.7%	33,288 €/h
<b>Reino Unido</b>	Próximas a ciudades con menos de 750.000 habitantes.	1463.8 €	2.7%	32,214 €/h

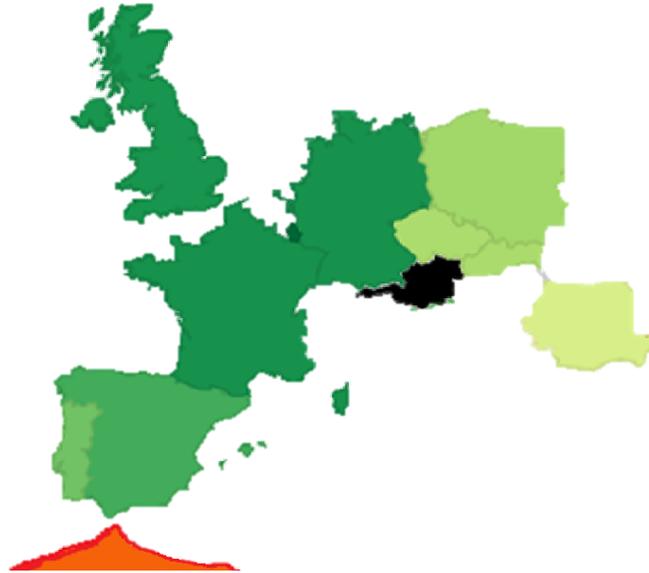
**Tabla 52**

Como hemos podido observar, las diferencias de varias ciudades de un mismo país se ven marcadas en:

- Abrera, por su proximidad con Barcelona.
- Almussafes, por su proximidad con Valencia.
- Méru, por distar unos 60 kilómetros de París.
- Colonia (Köln), por su población superior a 1 millón de habitantes.

- Fradley, por su proximidad con Birmingham.

Basándonos en la economía laboral de cada país, podemos resumir el panorama europeo en la siguiente figura, con las diferencias marcadas en color.



**Figura 49.** Mapa europeo de los países estudiados y clasificados en colores según su SMI. *Fuente: Datosmacro.com + elaboración propia<sup>23</sup>*

### 8.5.2 Fluctuaciones en el precio del petróleo. Índice C3 del Polipropileno.

El componente principal de los termoplásticos utilizados en automoción es el petróleo. Si bien es cierto que muchos de ellos están aditivados con diferentes materiales de origen mineral en proporciones importantes, entre otros, debemos concluir en que es precisamente el petróleo el factor que orienta los precios de la materia prima por encima de todos los demás.

El petróleo, además, al proceder de fuentes fósiles, no siempre está accesible a todas las naciones por igual y sus provisiones no son eternas, por lo que el comercio del mismo es extremadamente volátil y puede sufrir grandísimos cambios a capricho de unos pocos de estos países que consigan explotar estos recursos naturales.

La variabilidad del precio del petróleo es, junto con la contaminación y lenta descomposición de sus estructuras químicas, una de las mayores amenazas para el uso generalizado de los plásticos en la sociedad moderna.

Es por eso que en un proyecto que puede durar en producción incluso una década, se debe tener en cuenta esta variación y acordarla como corresponde con proveedores y clientes. Es evidente que se va a

producir una variación inevitable de los precios de crudo, que va a afectar a los precios dentro del mismo programa, pero podemos “congelar” a un valor acordado el precio con el que se va a comerciar con los PP.

Estas fluctuaciones se monitorizan en lo que se conoce como índice C3.

Como se ha ido demostrando, el petróleo tiene multitud de aplicaciones según de qué manera se trabaje o refine. Lo que es más o menos universal es que no más de un 5% de cualquier petróleo obtenido en cualquier parte del mundo terminará convirtiéndose en plásticos. Este pequeño grupo del que se derivan los plásticos se denomina Naftas, las cuales no tienen valor como combustible tradicional.

El índice C3 recibe su nombre del radical de triple carbono presente en las naftas y es de gran ayuda para poner al mismo nivel a los Polipropilenos y Polietilenos especialmente.

Otros materiales utilizados, aunque normalmente en menor medida o para piezas más ligeras son el ABS, PC-ABS, Poliamidas generalmente aditivadas con fibra de vidrio, los cuales no entran dentro del índice C3.

### 8.5.3 Incoterms

*Incoterms (international commercial terms* o términos internacionales de comercio) son los términos de tres letras que reflejan las normas de aceptación voluntaria por las dos partes, comprador y vendedor, sobre las condiciones de entrega de bienes. Se usan para aclarar los costes de las transacciones comerciales internacionales, y delimitan por tanto las responsabilidades de las que el comprador y el vendedor se deben hacer cargo. Esta es la práctica en uso actualmente para el transporte internacional de mercancías.

La CCI (Cámara de Comercio Internacional o ICC del inglés *International Chamber of Commerce*) se ha encargado desde 1936 de la elaboración y actualización de estos términos con numerosas revisiones a medida que se van produciendo los cambios y avances en el comercio internacional. Actualmente están en vigor los Incoterms 2010

## 8.6 Conceptos básicos de *Costing*

### *Cycle time (CT):*

Es el tiempo de ciclo de la operación en segundos. Es un valor consistente que suele venir dado por el tiempo de operación de una máquina automática, en caso de una línea o estación flexible (que puede producir más de una pieza o proyecto, cambiando los utillajes a conveniencia de la demanda) o a *Tact time*, la velocidad de una línea dedicada que dependerá del volumen exigido por el cliente en una determinada franja temporal.

### *Tact Time (TT):*

Es el tiempo máximo que puede tomar una operación para cumplir con la demanda del cliente. Se utiliza especialmente en líneas dedicadas. Éstas pueden o no trabajar en secuencia con el cliente, pero siempre van a depender bien del *tact time*, o bien de la operación más lenta de la línea que cause un cuello de botella e impida que las estaciones funcionen a *CT*. El cálculo consiste en dividir los segundos del período temporal por el volumen de vehículos que se demande, devolviendo la operación el tiempo por coche para cada estación dedicada.

### *Work Content (WC):*

Es el contenido de trabajo. Es el tiempo en segundos que se ha definido por expertos en producción (*Project Manufacturing Leaders* o PMLs) para que un operario sea capaz de completar una operación. Se busca la manera ergonómicamente más conveniente y en la que los movimientos sean minimizados con el fin de lograr la mayor eficiencia y evitar accidentes o molestias. Se trata de una sucesión estandarizada de movimientos determinados para implementarlos durante el desarrollo de la producción en todas las plantas por igual.

Para ello, se calcula el número de elementos que intervienen, la complejidad de los mismos, el tiempo de preparación desde que la pieza ha abandonado la estación, el tiempo de desplazamiento si lo hubiera, y se consolida la información.

### *WC mínimo:*

Se define como el mínimo tiempo en el que el operario más rápido de un GAP (Grupo Autónomo de Producción). Para ello, eliminamos el mínimo tiempo registrado en una sucesión de operaciones y obtenemos un promedio de los dos tiempos más cortos detrás de éste.

Eficiencia de la mano de obra:

Es un concepto que engloba la eficiencia que tiene una estación o grupo de producción. A mayor eficiencia, menor coste de Mano de Obra Directa será necesario para completar una misma operación.

Dependiendo de la planta de producción, del proyecto (con su volumen y consecuente TT) y de la tecnología (automática o manual) habrá un tiempo más o menos determinado entre tiempos de ciclo en los que el operario no esté trabajando al WC mínimo.

Definiremos como ineficiencia:

- Todo el tiempo comprendido entre el WC mínimo y el WC medio, medido en base a todos los operarios del GAP (Grupo Autónomo de Producción).
- Tiempos de espera por balanceo de la línea, que detallaremos a continuación.
- Pausas del cliente (si se ensambla en secuencia) u originadas por Faurecia, charlas del supervisor, averías y mantenimientos que no puedan realizarse fuera de horarios de producción.
- Tiempo correspondiente al líder de GAP, que no trabaja directamente sobre las piezas para añadirles valor, aunque sigue siendo necesario para la producción, retrabajando piezas o solicitando provisiones de piezas para las estaciones que las consuman.
- Tiempos de espera por “sin rutinas” (Without Routines), cambios de molde, cambios de color o material de inyección, purga de sistemas de pintura o pegamentos pulverizados, instalación de consumibles (rollos de “folio” para máquinas de forrado) ...

### **Líneas Flexibles:**

Una “línea” flexible, tal como hemos visto, es una “línea” en la que sus estaciones funcionan a su propia velocidad dependiendo de su tiempo de ciclo. Aunque entra dentro de la definición de línea de producción, se trata de un flujo con frecuencia interrumpido que puede durar incluso horas, al contrario de lo que normalmente consideramos como línea de producción en la que hay un flujo continuado de piezas que avanzan entre diferentes estaciones.

Las líneas flexibles deben estar provistas de un pulmón, también llamado *shopstock* o *buffer*, que es una zona de almacenamiento temporal con un tamaño suficiente como para pausar la producción de una pieza o proyecto completo para cambiar a cualquier otro si así lo permite su capacidad, de ahí su nombre.

### *Ineficiencias en las líneas flexibles*

Precisamente para cambiar de una pieza o proyecto a otro, se precisa más de un utillaje (uno de los mayores costes fijos asociados a una pieza de inyección) y una serie de personal especializado que se dedique al cambio del mismo o un mecanismo propio de la máquina que sea capaz de cambiarlo y almacenarlo de manera segura, con posibilidad de inspección visual.

Estas pausas del operario que se dedica a la producción son muy variables, dependen del tamaño de la máquina y utillaje, de la capacidad de los *shopstocks*, del propio tiempo que precise el cambio, ajuste y prueba, de si hay un cambio de color o material en una inyectora o sistema de pulverización, de la cantidad de proyectos que la planta esté produciendo y de la cantidad de rechazos o *scraps* propios de la máquina y especialmente de los *scraps* acumulados, entre un largo etcétera.

En este tiempo el operario de producción no puede hacer sino esperar.

A este tipo de línea también les afecta lo que en el grupo Faurecia se denomina “*Top five*”, que es algo así como una charla al inicio de cada turno que el supervisor del GAP tiene con su equipo para hablar sobre las previsiones de demanda, objetivos del turno y posibles problemas que se haya reportado durante el turno anterior en relación a alguna operación o máquina que presente un funcionamiento anormal.

### *Ejemplos de máquinas flexibles*

Son todas aquellas estaciones que puedan desempeñar su funcionamiento en más de un elemento diferente. Ejemplos de ellas son las máquinas de inyección (IMM – *Industrial Mold Machine*) o máquinas de pintura automáticas y manuales.

A menudo suponen una inversión importante dentro de una planta de producción, tanto en máquinas como en utillajes.

Las estaciones de pintura automáticas, por su parte, pueden suponer millones de euros de inversión, requieren entre 6 y 8 operarios con todas sus ineficiencias y producen gran cantidad de *scraps*, por lo que sus utillajes de tres cifras son comparativamente baratos.

### **Líneas dedicadas.**

Como su propio nombre indica, se trata de líneas que solo se dedican a una tarea, única y específica de un único producto. Estas encajan más en lo que coloquialmente se conoce como línea de producción, ya que existe un flujo prácticamente continuado de piezas que son manipuladas estación tras estación.

Es especialmente importante el matiz de que son las piezas las que se mueven y no las personas, al contrario de como se hacía antes de que Henry Ford o Samuel Colt implantasen este tipo de producción en sus respectivos sectores. Esto disminuye los movimientos de los operarios, la variabilidad del tiempo que se dedica a moverse de una estación a otra y la especialización de los operarios, que pueden desempeñar pocas funciones de manera más satisfactoria.

Se caracterizan por ser líneas relativamente baratas, aunque con importantes excepciones, que no permiten flexibilidad inmediata de cambio de utillajes y cuya distribución en planta es especialmente importante para las tareas de ensamblaje, secuencia y otras operaciones necesarias en según qué producto final.

Las *commodities* (como pueden ser; el panel de instrumentos, *IP*, los paneles de puerta, *DP*, o la consola central, *CC* o *TC*) que requieran soldaduras por ultrasonidos o por vibración, serán dirigidas a la zona de ensamblaje para realizarles estas operaciones, funcionando a Tact time como el resto de las dedicadas.

#### *Ineficiencias de las líneas dedicadas.*

Sufren algunas de las ineficiencias de las líneas flexibles del mismo modo, como el *Top five*, las pausas por averías y esperas que se originen aguas abajo del recorrido, las propias ineficiencias por manipulaciones intrínsecas al proceso, el tiempo transcurrido en desplazamientos, en inconsistencias entre operarios y en general cualquier demora que se genere en un proceso sin cambios de utillajes o similares.

Las ineficiencias que destacan y que únicamente ocurren en estas líneas son las generadas por funcionar a un Tact time determinado.

Como sabemos, no todas las operaciones requieren el mismo tiempo ni número de operarios dedicados, por lo que es imposible casar todos los *Work Contents* perfectamente entre sí, especialmente si hay un buen número de estaciones en la línea.

Este hueco temporal es el que se denomina “balanceo”, y precisamente se ha originado porque no existe un equilibrio, un balanceo perfecto entre las operaciones. Como es lógico, alguna de todas las estaciones va a terminar siendo la más lenta (esto es, va a tomar más tiempo) e impedirá el flujo de las piezas a la velocidad que la siguiente estación es capaz de trabajar. Es lo que se conoce como “cuello de botella”, es el punto limitante que evita que aguas arriba y aguas abajo se pueda ser todo lo eficiente que cabría esperar.

Por ello, las líneas se intentan balancear igualándolas o ampliándolas cuando los procesos no pueden ser completados por debajo del Tact Time.

Teniendo en cuenta esta información, nos encontraremos una línea de producción que no poseerá pulmones de almacenamiento (o que no debiera poseerlos) debido a que es una producción en cadena en la que las sucesivas operaciones deben trabajar lo que resultara de las anteriores.

Es frecuente, sin embargo, encontrar algún carro en el que colocar el producto final si el punto de recogida del mismo está a su máxima capacidad y a falta de que acudan los carretilleros a llevárselos. Esto, como hemos mencionado, es perjudicial porque implica que va a producirse una doble manipulación en tanto que estaremos colocando el producto en un lugar ligeramente apartado para más tarde recogerlo y situarlo en el lugar que deberíamos haberlo colocado en primer lugar. Esto puede suponer problemas para la última estación, ya que la inspección final con la ayuda de poka-yokes puede convertirla en el cuello de botella, sobre el que posiblemente sea necesaria una doble manipulación que agrave el problema todavía más.

## 8.7 *Lean Manufacturing*. Los 7 desperdicios

El concepto *Lean Manufacturing* es una filosofía de gestión sobre cómo operar un negocio basada en las personas, la forma en la que una empresa es capaz de localizar las ineficiencias y desperdicios con el fin de optimizar su proceso de producción, en este caso. Estas ineficiencias se entienden como las actividades que consumen más recursos de los estrictamente necesarios y que presentan un perjuicio en el sistema productivo.

En *Lean Manufacturing* se consideran 7 desperdicios.

1. La sobre-producción: se identifica como la mayor de entre los otros desperdicios y se define como la producción de mayor cantidad de bienes de los que el cliente requiere, produciendo más de lo demandado o incluso antes de que se haya pedido.

Estos desperdicios son alimentados mediante ciertas prácticas erróneas:

- La lógica “por si acaso”, en la que se produce más porque se duda de la fiabilidad del sistema productivo.
  - Hacer un mal uso de los recursos de automatización, impidiendo que las máquinas produzcan a su máxima capacidad.
  - Mala planificación de la producción como problema primitivo y mala distribución de la producción en cuanto a equilibrio de tiempos.
2. Tiempos de espera: tiempos durante el proceso de producción durante el que no se añade valor al producto que se va a vender. Es un tiempo perdido que el cliente no paga y por tanto corre a cargo de la planta de producción. Pueden deberse a las características intrínsecas a la línea, como la presencia de cuellos de botella muy marcados, averías o cualquier otra falla que provoca que aguas abajo del proceso se produzca una espera, y consecuentemente una no producción.

Algunas causas pueden ser:

- Mal uso de la automatización, en la que el operario invierte más tiempo sobre una máquina automática que la misma sobre el producto.
  - Proceso desequilibrado o no balanceado, en el que algunas acciones toman demasiado tiempo y hacen esperar a la siguiente estación de la cadena.
  - Mantenimiento no planeado que obligue a parar la producción debido a averías por, tal vez, una mala gestión de los mantenimientos preventivos y predictivos.
  - Tiempo excesivo en el arranque de la producción
  - Mala gestión de compras con proveedores y la logística de almacén a planta.
  - Problemas de calidad en procesos anteriores.
3. Transporte: Los movimientos innecesarios de productos y personas deben ser minimizados debido a que no aportan valor al bien por el que el cliente está dispuesto a pagar. Tanto a nivel

planta como a nivel geográfico. El transporte cuesta dinero, aumenta plazos de entrega, está sujeto a averías y en general complica la continuidad inalterada de la producción.

Las causas pueden ser:

- Mala distribución en planta.
  - Grandes lotes de producción.
4. Sobre-procesamiento o procesos no apropiados: Realizar trabajo extra sobre un producto es una de los desperdicios más difíciles de detectar, ya que tal vez ni el responsable cree estar haciéndolo. Estas inconsistencias pueden deberse a:
- Lógica “por si acaso”
  - Cambio de producto sin un cambio de proceso asociado.
  - Falta de concisión en los requerimientos del cliente
  - Mala comunicación
5. Inventarios innecesarios: Un exceso de almacenamiento de materia prima o piezas compradas no agrega ningún valor sobre el producto. No es más que una manera de tapar las ineficiencias y problemas de la línea y engañarse a uno mismo a la hora de evaluar la producción. Un inventario que sobrepase lo necesario tiene un impacto negativo en la economía de la empresa y presenta mayor complejidad (mayores referencias) y posibilidad de error en la gestión de los mismos. Se debe a:
- La prevención de posibles ineficiencias o problemas fortuitos en el proceso
  - Productos complejos
  - Mala planificación
  - Prevención de posibles faltas de entrega de proveedores
  - La lógica “por si acaso”.
6. Defectos: Son naturales y normales en una planta de producción, pero hay que tener en cuenta que suponen un desperdicio enorme, mayor a más aguas abajo de la producción nos encontremos ya que esos productos irán directos a la basura y habrá que producir de más. Los defectos causan indirectamente una mayor predilección a sobreproducir y sobrealmacenar.
- Algunas causas son:
- Falta de control en el proceso
  - Baja calidad del equipo.
  - Mantenimiento mal planeado
  - Formación insuficiente en las habilidades del operario
  - Mal diseño de producción.
7. Movimientos innecesarios: cualquier movimiento de personas que no añada valor. Causado principalmente por:

- Baja eficiencia de los operarios
- Malos métodos en el flujo
- Mala distribución de la planta
- Falta de orden.

INCOTERM	MODALIDAD DE TRANSPORTE	EMBALAJE Y VERIFICACIÓN	CARGA	TRANSPORTE INTERIOR EN ORIGEN	FORMALIDADES ADUANERAS EXPORTACIÓN	COSTES MANIPULACIÓN MERCANCÍA	TRANSPORTE PRINCIPAL	SEGURO MERCANCIAS SEGURO TRANSPORTE	COSTES MANIPULACIÓN MERCANCÍA	FORMALIDADES ADUANERAS IMPORTACIÓN	TRANSPORTE INTERIOR EN DESTINO	ENTREGA
EXW EX WORKS												
FCA FREE CARRIER												
FAS FREE ALONGSIDE SHIP												
FOB FREE ON BOARD												
CFR COST AND FREIGHT												
CFR COST AND FREIGHT												
CIF COST INSURANCE & FREIGHT												
CPT CARRIAGE PAID TO												
CIP CARRIAGE AND INSURANCE PAID TO												
DAT DELIVERED AT TERMINAL												
DAP DELIVERED AT PLACE												
DDP DELIVERED DUTY PAID												

✓ = Responsabilidad del Vendedor  
C = Responsabilidad del Comprador

Vía gexpyme

**Tabla 52.** Tabla de las responsabilidades del comprador o vendedor según *Incoterm*. Fuente: *Xarxa Europea*<sup>24</sup>

Los *incoterms* aprobados en 2010 eran los siguientes:

- EXW  
*Ex Works* → en fábrica

El vendedor pone mercancía a disposición del comprador en sus propias instalaciones: fábrica, almacén, etc. Todos los gastos a partir de ese momento son por cuenta del comprador.

- FCA  
*Free Carrier* → Libre transportista

El vendedor se compromete a entregar la mercancía en un punto acordado dentro del país de origen, que pueden ser los locales de un transitario, una estación ferroviaria... (este lugar convenido para entregar la mercancía suele estar relacionado con los espacios del transportista). Se hace cargo de los costes hasta que la mercancía está situada en ese punto convenido.

- FAS

*Free Alongside Ship* → Libre junto al buque

El vendedor entrega la mercancía en el muelle pactado del puerto de carga convenido; esto es, al lado del barco. El incoterm FAS es propio de mercancías de carga a granel o de carga voluminosa porque se depositan en terminales del puerto especializadas, que están situadas en el muelle.

- FOB

*Free On Board* → Libre a bordo

El vendedor entrega la mercancía sobre el buque. El comprador se hace cargo de designar y reservar el transporte principal (buque).

- CFR

*Cost and Freight* → coste y flete

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluido el transporte principal, hasta que la mercancía llegue al puerto de destino. Sin embargo, el riesgo se transfiere al comprador en el momento que la mercancía se encuentra cargada en el buque, en el país de origen. Se debe utilizar para carga general, que se transporta en contenedores; NO es apropiado para los graneles.

- CIF

*Cost, Insurance and Freight* → coste, seguro y flete

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluidos el transporte principal y el seguro, hasta que la mercancía llegue al puerto de destino. Aunque el seguro lo ha contratado el vendedor, el beneficiario del seguro es el comprador.

- CPT

*Carriage Paid To* → transporte pagado hasta

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluido el transporte principal, hasta que la mercancía llegue al punto convenido en el país de destino. Sin embargo, el riesgo se transfiere al comprador en el momento de la entrega de la mercancía al transportista dentro del país de origen. Si se utilizan varios transportistas para llegar a destino, el riesgo se transmite cuando la mercancía se haya entregado al primero.

- CIP

*Carriage and Insurance Paid* → transporte y seguro pagados hasta

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluidos el transporte principal y el seguro, hasta que la mercancía llegue al punto convenido en el país de destino. Aunque el seguro lo ha contratado el vendedor, el beneficiario del seguro es el comprador.

- DAT

*Delivered At Terminal* → entregado en terminal

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluidos el transporte principal y el seguro (que no es obligatorio), hasta que la mercancía es descargada en la terminal convenida. También asume los riesgos hasta ese momento.

El concepto terminal es bastante amplio e incluye terminales terrestres y marítimas, puertos, aeropuertos, zonas francas, etc.: por ello es importante que se especifique claramente el lugar de entrega de la mercancía y que este lugar coincida con el que se especifique en el contrato de transporte.

- DAP

*Delivered At Place* → entregado en un punto

El vendedor se hace cargo de todos los costes, incluidos el transporte principal y el seguro (que no es obligatorio), pero no de los costes asociados a la importación, hasta que la mercancía se ponga a disposición del comprador en un vehículo listo para ser descargado. También asume los riesgos hasta ese momento.

- DDP

*Delivered Duty Paid* → entregado con derechos pagados.

El vendedor paga todos los gastos hasta dejar la mercancía en el punto convenido en el país de destino. El comprador no realiza ningún tipo de trámite. Los gastos de aduana de importación son asumidos por el vendedor.

## 8.8 Diseño de la distribución de las líneas

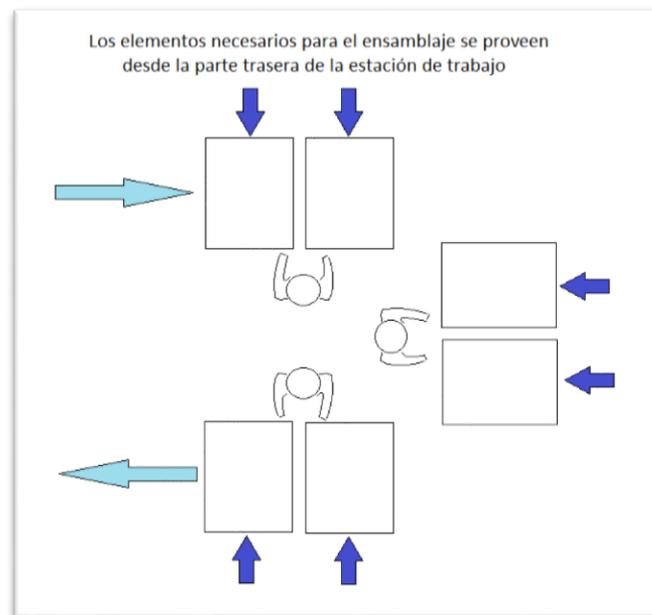
El diseño de las líneas juega un papel clave en el trabajo de ensamblaje de cualquier producto. Para este conjunto diseñaremos las líneas de tal manera que aseguren un buen rendimiento, ocupen un espacio reducido y permitan la suficiente flexibilidad en personal y operaciones de mantenimiento.

### 8.8.1 Líneas dedicadas

Recordemos que las líneas dedicadas son aquellas que tienen un único proyecto o función como tarea. El ejemplo más claro aquí es la línea de ensamblaje.

En este aspecto, podemos distinguir entre las líneas dispuestas en línea recta y las líneas en U.

Líneas en forma de U:

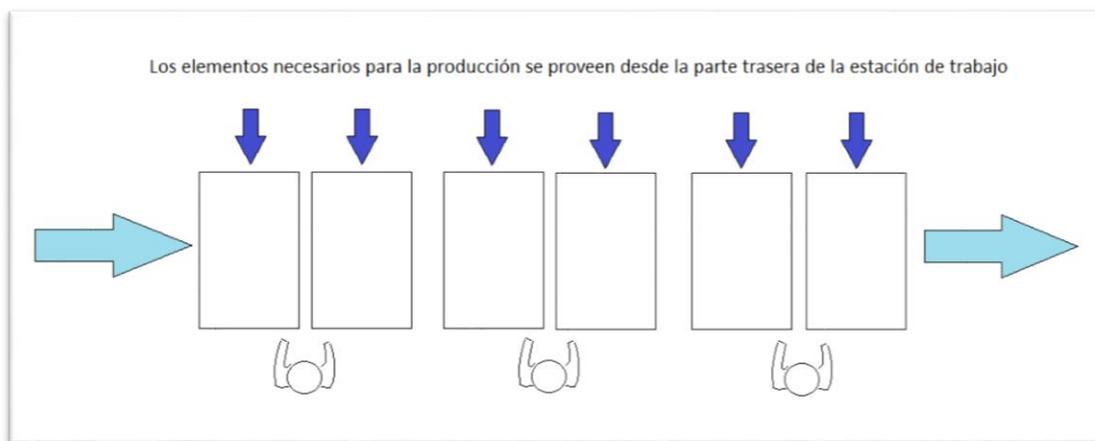


**Figura 50.** Ejemplo de una línea de ensamblaje dispuesta en forma de U con 3 operarios. *Fuente: Elaboración propia*

Este tipo de línea de ensamblaje se caracteriza por las siguientes ventajas y desventajas:

- Ventajas:
  - o Mayor comunicación entre los operarios.

- Mayores opciones de balanceo.
  - Mayor capacidad de reacción ante posibles problemas de calidad.
  - Menores movimientos necesarios alrededor de las estaciones.
  - Asistencia del líder más polivalente al poder liderar más estaciones en menos espacio.
- Desventajas:
- Riesgo de confundir operaciones ya finalizadas de las no realizadas.
  - Mantenimiento más difícil.
  - Se precisa una zona de paso alrededor de la línea, al ser ésta ciega.
  - Resulta más difícil de coordinar y definir qué funciones desempeñará qué operario.
  - Proveer de elementos para cada estación resulta más complicado, al tener que rodear desde fuera.



**Figura 51.** Ejemplo de distribución lineal en una línea de ensamblaje con 3 operarios. *Fuente: Elaboración propia*

Este tipo de líneas presentan las siguientes características:

- Ventajas:
- Más fácil de proveer.
  - Flujo más intuitivo y claro que evita confusiones.
  - Más apropiado para productos voluminosos que obstaculizarían en un lugar confinado.
  - Más fácil de implantar
- Desventajas:
- Comunicación mala entre operarios.
  - Puede ganar mucha longitud con unas pocas estaciones.
  - Más limitado a balanceos, debido a que suprimir un operario requeriría que otro andase hasta la estación con las manos llenas, y regresara a la anterior con las manos vacías.

- Requiere mayores movimientos a más grandes sean las máquinas/estaciones.
- Los problemas de calidad al final del tramo no se pueden ver por todos los operarios, sino solo por los últimos.

En nuestro caso, necesitaríamos una máquina de soldadura por ultrasonidos para el ensamblaje del inserto junto con el reposabrazos, así como una cuna de ensamblaje que sustente la pieza para el atornillado de la pieza decorativa y una segunda mesa de inspección final con un scanner de etiquetas para colocarlas en el carro adecuado.

A continuación se detallará en un pequeño estudio las máquinas que utilizaremos finalmente en el proceso de soldadura.

## 8.9 Calidad percibida

Tal como se encuentra el sector en la actualidad, con la ferocidad de los competidores, la amenaza de las regulaciones medioambientales para algunas ciudades europeas y el futuro poco próspero que se promete a las marcas de automóviles conducidos con motores de combustión, es más que evidente que todas las marcas van a tener que invertir gran parte de sus presupuestos en innovación, diseño y desarrollo de las tecnologías del vehículo eléctrico. Este cambio de producto brinda la posibilidad de “cambiar de aires” de manera en la que los clientes ven a estas marcas.

Marcas como Kia o Hyundai están centrando sus esfuerzos en limpiar la imagen que obtuvieron décadas atrás con unos vehículos sencillos y no demasiado en estima en la sociedad del momento. Hoy, Hyundai ya fabrica híbridos y 100% eléctricos, Kia ha entrado pisando fuerte en el mercado de los utilitarios deportivos y SUVs y se puede decir que los conductores ya no tienen tantas razones para considerarlas marcas de baja gama.

Este acontecimiento es especialmente relevante como ejemplo para lo que trataremos en este punto, la calidad percibida, pues muchos de estos nuevos productos siguen estando por debajo de sus competidores en cuanto a precio y son dos de las marcas que más premios han recibido por innovación. Es un lavado de cara excepcional y una gran razón es porque se considera de una calidad-precio superior a otros fabricantes más reconocidos en el mercado europeo.

La calidad percibida es un concepto extremadamente subjetivo, debido a que la “calidad” sobre un producto no es especialmente fácil de definir por muchos ensayos objetivos que existan, y “percibida” abarca al ser humano en la decisión.

Actualmente, “lo que se lleva” suele ser un interior cómodo, bien aislado acústicamente en especial, detalles con el único propósito de ser decorativos, un buen tacto con cualquier panel que contacte al usuario, un interior espacioso y una construcción sin grillos ni ruidos extraños. Además de todo esto, se considera positiva la personalización que en ocasiones solo representa un sobre coste psicológico sobre el

cliente final y para nada supone ningún o muy poco impacto en los costes del fabricante. Un ejemplo son las cubiertas de los espejos retrovisores pintados en un color sólido diferente al de la carrocería.

Algunas pieles artificiales no son demasiado fáciles de distinguir para el ojo inexperto, percepción que las marcas usan a su favor para comercializar su vehículo a un precio sustancialmente superior en relación a los costes que supusieron.

### 8.9.1 Calidad percibida en el producto final – Consideraciones en el proceso

En este punto trataremos la calidad percibida lograda a través de grabado de las superficies de inyección.

El grabado o *graining* es un acabado superficial que se caracteriza por presentar surcos que en ocasiones imitan el patrón que posee la piel natural para evitar brillos y proporcionar un acabado más mate a simple vista. También aporta una textura que disimula rallajos y unifica los patrones de las demás piezas de interior. También puede aplicarse un grabado más fino que no necesariamente busque simular la piel, sino simplemente aportarle un acabado superficial con menor brillo.

La aprobación del *graining* se aprueba en conjunto con el fabricante o, en caso de así acordarlo, se tomaría esa decisión desde *FIS Perceived Quality* asegurando la calidad del pulido, que no haya reflejos y que haya sintonía con todas las partes de la pieza en cuanto al patrón se refiere.

La técnica más utilizada es el ataque con ácido sobre la superficie del molde con el principio de película de transferencia. En este proceso hay que realizar 8 acciones diferentes:

1. Limpiar la superficie que va a ser granulada para obtener buena adhesión y protección.
2. Preparar la protección siguiendo las especificaciones del cliente.
3. Proteger las zonas no granuladas con resinas especiales o cinta adhesiva.
4. Aplicar la película de transferencia, que contiene la forma del patrón.
5. Ataque químico en bañeras con ácido en las superficies definidas para lograr estos surcos irregulares
6. Limpiar la superficie con chorros de arena.
7. Medición de la profundidad y reflectividad de la superficie.
8. Extracción de la protección.

Además de estos pasos, el granulado posee un trabajo artesanal al 80% debido a las frecuentes correcciones y ajustes que un profesional debe realizar directamente sobre las superficies con defecto.

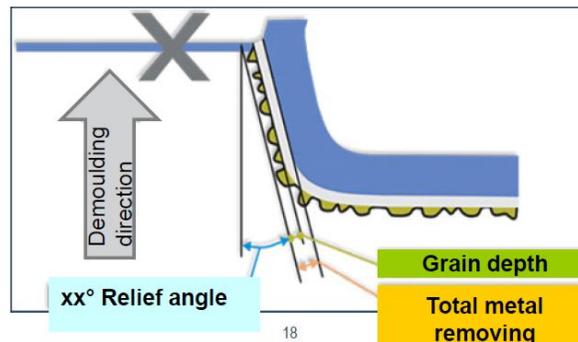
Este método que hemos explicado brevemente es el utilizado comúnmente, utilizando ácidos como el ácido nítrico, ácido clorhídrico y perclorato de hierro. El ataque por ácido deja unas huellas irregulares, al contrario de lo que se lograría con un *graining* mecánico.

La definición de su rugosidad se obtiene mediante el uso de un rugosímetro, o comparadores mecánicos o digitales de profundidad. También es importante la medición de su brillo y reflectividad.

Otras tecnologías usadas para el granulado son:

- EDM: *Electro Discharge Machine* para grano fino.
- Granulado por ataque químico, que es el más usado.
- Granulado mecánico para grano fino.
- Granulado por láser para granulado geométrico, siendo la tecnología más cara de todas.

El granulado no se puede aplicar en cualquier superficie de cualquier molde. Hay que tener en consideración los ángulos de desmoldeo. Si bien es cierto que los materiales tienden a contraerse durante sus procesos de solidificación y eso puede facilitar el desmoldeo, esta contracción puede no ser suficiente para extraer la pieza sin rayarla, tal como se muestra en esta ilustración.



**Figura 52.** Ángulo de desmoldeo incorrecto para conservar la superficie intacta. *Fuente: Manuales de formación de Faurecia.*

Tampoco podemos olvidar la posible presencia de agujeros en la pieza. En este sentido hay que considerar un marco que envuelva el agujero para evitar desviaciones en la forma y dimensiones del agujero en cuestión, tal como se muestra en la figura a continuación.



**Figura 53.** Perforación en la pieza con granulado. *Fuente: manuales de Faurecia*

Posterior a estas consideraciones, es oportuno mencionar un tratamiento superficial más avanzado que se centra en la creación de superficies más mate todavía mediante la inclusión de pequeñas protuberancias y depresiones en el propio granulado. Esta tecnología, MicroMatte, está patentada por Standex y busca, como todo lo que hemos tratado en este punto, una mayor calidad percibida.



**Figura 54.** Reducción de reflejos mediante tecnología MicroMatte de Standex, junto a granulado estándar.

*Fuente: [plastverarbeiter.de](http://plastverarbeiter.de)<sup>22</sup>*

## 9 REFERENCIAS

“Estudio de los costes de producción y diseño de un inserto y reposabrazos integrado en un panel de puerta interior de un turismo utilitario”

Luis Meneu Meseguer

Julio de 2019

## 9. REFERENCIAS

- 1. Faurecia.com: Localizaciones y cifras 01/2019
- 2. Faurecia Russia: NFPP mats 01/2019
- 3. <https://www.faurecia.com/en/innovation/sustainable-mobility> 03/2019
- 4. Medium Corporation: "Push to Start: A Brief History of Car Dashboards" 01/2019
- 5. Greencarguide.co.uk: ELECTRIC VEHICLES: EVERYTHING YOU NEED TO KNOW 01/2019
- 6. Motoroids.com <https://www.motoroids.com/hyundai/hyundai-grand-i10/> 01/2019
- 7. Autobild España. "Ford Fiesta Red&Black edition" 01/2019
- 8. Xdalys. <https://www.xdalys.lt/en/25397960> 01/2019
- 9. Sumitomo Chemichal Ltd: PP Compound for Automotive applications – Sumitomo Kagaku 10/2018
- 10. Naturalfibersforautomotive.com 02/2019
- 11. <http://www.naturalfibersforautomotive.com/?p=191>, 04/2019
- 12. Sika: SikaMelt tecnología Hotmelt 02/2019
- 13. Clazzio.com <http://www.clazzio.com/blog/2014/02/11/whats-the-difference-between-full-pvc-and-leather/> 02/2019
- 14. Plastic-knowledge-kanyakumari.blogspot.com 02/2019
- 15. Knowledge.autodesk.com 02/2019
- 16. Talbot Technologies: "Gas Assisted molding". 02/2019  
<http://www.talbottechnologies.co.nz/Injection+Moulding/Gas+Assisted+Moulding.html>
- 17. Jowat.com <https://www.iowat.com/es-US/aplicaciones/automocion-y-transporte/interiores-de-vehiculos/asientos-de-carro/> 02/2019
- 18. KEBER Plastic welding <https://www.keberultrasonics.com/membrane-covering-machine/> 02/2019
- 19. Manuales internos de Faurecia Interior Systems 01/2019
- 20. Kraussmaffei.com: "The Carbon Footprint of an Injection Molding Machine" - Kunststoffe Insternational. 03/2019
- 21. Google Maps
- 22. Plastverarbeiter.de : "Glanzgrad-Reduzierung bei Kunststoffprodukten - Matt is beautiful" 02/2019
- 23. Datosmacro.com: índice de precios industriales de España. 05/2019
- 24. Xarxa Europea: "Incoterms: qué son y cómo se aplican" 11/2018
- 25. Itercon: <https://www.itercon.com/proyecto.php?id=139> 12/01/2019
- 26. DSV <http://www.dsv.com/road-transport/trailer-types-and-dimensions/box-trailers> 03/04/2019
- 27. Creative Mechanism: Everything you need to know about Polypropylene plastic. 06/2019
- 28. Polymer Science: Talc as Reinforcing Filler in Polypropylene Compounds: Effect on Morphology and Mechanical Properties 06/2019
- 29. 888RPS Virgin Polypropylene Granules PP + MD 15% PP MD15. 06/2019