

## DESCRIPCIÓN DEL RETO

El reto planteado por MAIER lleva por título: *¿Cómo integrar tecnologías emergentes en el proceso de inyección de plástico para mejorar la iluminación ambiental del interior del automóvil y aumentar así la seguridad de los usuarios?*

Este reto responde a las necesidades que se describen a continuación:

- ¿Cómo diseñar la electrónica flexible impresa para ser integrada en una pieza plástica decorada para automoción con múltiples funcionalidades?
- ¿Cómo transformar la tecnología electrónica convencional rígida en una tecnología electrónica flexible?
- ¿Cómo integrar la electrónica en el proceso de inyección de pieza plástica de MAIER?
- ¿Cómo proporcionar un buen equilibrio entre el peso, el espacio y el coste para los componentes de automoción?

### Contexto

La **revolución electrónica** está provocando un cambio abrupto en el sector de la automoción. La evolución y miniaturización de los sistemas electrónicos ha hecho que el diseño de los vehículos haya cambiado de forma significativa desde la época de los años 70, en los que la electrónica en un vehículo se resumía en el equipo de radio, hasta el vehículo actual en el que los componentes electrónicos son imprescindibles (sistemas de impulsión, seguridad, detección) y representan un **35% sobre el precio final del automóvil**. Además, los avances tecnológicos en la electrónica marcarán e incluso podrán condicionar los diseños de los vehículos del futuro y posibilitarán sin duda una evolución en el concepto global del vehículo. Así, los nuevos desarrollos y tecnologías prevén que el coste de las funcionalidades electrónicas avanzadas integradas respecto al coste total del automóvil alcance casi el **50% del precio final del vehículo en 2030**, tal y como se muestra en la siguiente imagen:

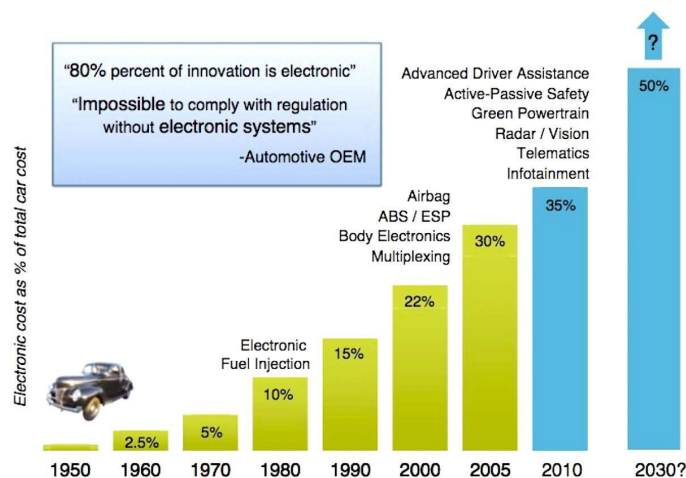


Figura 1: Evolución del coste de la electrónica en el coste total del vehículo



Estas expectativas están basadas en el **potencial de mercado** de cuatro líneas diferenciadas:

- **Información y entretenimiento** (infotainment): los vehículos cada vez incorporan más tecnologías relacionadas con el **ocio interactivo**; funciones tales como la reproducción de vídeos, conexión e interacción de los teléfonos móviles, conexiones Wi-Fi, etc.
- **Prestaciones, consumo y sostenibilidad medioambiental**: esta línea está más orientada hacia la mecánica y el motor, como módulos de control del motor y funciones start-stop, sin olvidar los desarrollos que se están realizando en los vehículos híbridos y eléctricos.
- **Seguridad activa y pasiva**: soluciones como los sistemas air-bag, conexión de emergencia automática en caso de colisión, control electrónico de tracción, control electrónico de estabilidad, etc.
- **Estética y confort**: aunque se han implementado soluciones en esta línea, tales como los controles de climatización y cancelación de ruido, es un área que **aún está por explorar y que será un importante factor de diferenciación para las siguientes generaciones de consumidores**. En este sentido, los distintos OEMs han definido esta línea como una tendencia clave y de futuro. Así, están centrando su atención en **conceptos que aporten estética y confort a sus vehículos**. En este sentido, destaca el concepto de **iluminación interior** del vehículo.

Dentro de esta última línea, una de las tecnologías de mayor potencial es la evolución hacia nuevos conceptos de **iluminación ambiental en el interior del vehículo**, además de la tradicional iluminación funcional. Como ejemplo, cabe destacar que, en los últimos años, algunos constructores están empezando a **ofrecer, en series muy limitadas, iluminación ambiental interior como una característica más del vehículo**.

Por lo general, la iluminación ambiental interior se considera una característica puramente estética, que no cumple ninguna función inherente de seguridad del vehículo. Sin embargo, según un estudio realizado por BMW y el *Lighting Engineering Group* de la Universidad Tecnológica de Ilmenau en Alemania, **la iluminación ambiental interior tiene potencial de aumentar la seguridad de los usuarios**. Además, el estudio demostró cómo la iluminación ambiental interior puede aumentar la percepción espacial, haciendo que el interior del vehículo parezca más grande por la noche. Igualmente, según el estudio, la iluminación ambiental interior también puede disminuir la fatiga cuando se conduce un vehículo equipado con luz por la noche. E igualmente, según el estudio, los usuarios de los vehículos consideran que **la iluminación ambiental del interior del vehículo aumenta la calidad** percibida de los materiales y del propio diseño del automóvil.

De hecho, existen varios departamentos especializados en centros de referencia (como el Fraunhofer IAO) en los que **analizan su potencial utilización para la mejora de la experiencia de viaje** mediante colores a modo de estímulo para conductores y pasajeros, sistemas de iluminación que eviten mareos e indisposiciones durante los desplazamientos, o su potencial uso en el vehículo autónomo como medio de interacción con el usuario para alertar de los peligros o necesidad de volver a tomar el control del volante. De esta forma, se prevé que el futuro del interior de los vehículos pasará por una completa interacción entre el usuario y el vehículo mediante un **sistema de iluminación ambiental inteligente que acompañe al usuario del vehículo y pueda adaptarse ante distintas situaciones.**

En resumidas cuentas, la **electrónica de iluminación ambiental avanzada permitirá una mayor integración en la forma de interactuar con el vehículo por parte del usuario**, sin olvidar que proporcionará un **efecto estético en el interior del vehículo.**



Figura 2: Iluminación ambiental interior

Por lo tanto, el diseño de la **iluminación ambiental interior** está tomando cada vez más importancia, tanto desde el **punto de vista de la estética como desde el confort del usuario del vehículo.**

Como claro síntoma de esta tendencia, cabe destacar que los **concept cars de los principales OEMs del mercado** ya muestran estos sistemas de iluminación ambiental:



Figura 3: Concept car de Mercedes EQ



Figura 4 : Concept car de Audi AICON



Figura 5 : Concept car de BMW Quant Concept F



Figura 6 : Concept car de BMW Vision iNext



Figura 7 : Concept car de Geely Ge11

## Necesidades

Existen tres grandes necesidades para la incorporación de las funcionalidades electrónicas como la iluminación ambiental interior en el vehículo mediante tecnologías convencionales:

- **Peso de los componentes.** El peso se está convirtiendo en un factor crítico en los vehículos actuales donde cada vez más está presente la electrónica. La electrónica convencional se fundamenta en la utilización de PCB rígidos de un espesor de 2-3mm y de un determinado peso. El cableado tradicional es excepcionalmente pesado y voluminoso. Igualmente, las placas de circuitos impresos son voluminosas y requieren un soporte rígido para su montaje.
- **Espacio.** Los componentes de la electrónica convencional ocupan mucho espacio (placas planas y rígidas, y cableado). Además, la pieza donde se ensamblan estos componentes electrónicos convencionales presenta cierta curvatura, no es plana, lo que hace que se genere una pérdida de espacio.
- **Coste.** El montaje y ensamblaje de la electrónica convencional en su entorno supone un alto número de operaciones que normalmente se llevan a cabo de forma manual, lo que sin duda supone un coste adicional en el producto final.

A modo de ejemplo, en la siguiente imagen se pueden ver los elementos de la electrónica convencional que se montarían sobre una pieza real (parte inferior de la imagen) con un alto número de ensamblajes:



Figura 8: Elementos electrónica convencional para montar y ensamblar manualmente en una pieza real con curvatura.



Por lo tanto, es necesario transformar la tecnología electrónica convencional rígida en una tecnología electrónica que proporcione un **buen equilibrio entre el peso, el espacio y el coste** para los componentes de automoción.

La gran versatilidad y libertad en cuanto al diseño que ofrece la electrónica flexible impresa respecto a la electrónica rígida convencional hace replantear los procesos de fabricación de productos y componentes. Así, están emergiendo nuevas tecnologías que adquieren un papel destacado entre los desarrollos tecnológicos por los que distintos sectores, como el sector de automoción, están apostando e invirtiendo. Entre estas tecnologías emergentes, destaca la tecnología **IME (In Mould Electronics)**, basada en la combinación de la **electrónica flexible impresa y la tecnología IMD (In Mould Decoration)**. Hoy en día, no es una tecnología productiva utilizada en el sector de automoción, sin embargo, presenta un **gran potencial** para reemplazar los componentes electrónicos convencionales, ya que al integrar **circuitos impresos y componentes electrónicos discretos dentro de plásticos** permite una libertad de diseño totalmente disruptiva a la tecnología actual. Así, esta tecnología permite:

- Conseguir funciones electrónicas en contornos 3D.
- Piezas de espesor inferior a 2 mm con funcionalidades electrónicas.
- Interfaz electromecánica.
- Fabricación monolítica simplificada a una sola pieza, sin necesidad de llevar a cabo operaciones de montaje en la línea de producción.

Además, mediante la tecnología IME se consigue **reducir el peso del sistema** de forma significativa (la electrónica flexible presenta un peso reducido) además de una **libertad de diseño** y la **rapidez del proceso** IMD, donde se dispone del montaje de la electrónica y la fabricación por inyección en una sola operación. Por lo tanto, **la tecnología IME** se presenta como la más prometedora en el **sector de automoción** al ofrecer las **capacidades de la electrónica flexible e impresa en soluciones completas**.

Así, se espera que el surgimiento de la tecnología IME revolucione este sector permitiendo combinar acabados estéticos con elementos funcionales en un mismo ciclo productivo de las piezas en cuestión. En particular, la posibilidad de integrar **sensórica y dispositivos lumínicos en la superficie de las piezas plásticas** ha generado una nueva tendencia de diseño del interior del vehículo.

Como se ha comentado, la tecnología *In Mould Electronics* (IME) es una tecnología que permite transformar piezas termoplásticas convencionales en piezas termoplásticas con superficies inteligentes mediante la integración de circuitos impresos y componentes electrónicos en piezas 3D inyectadas utilizando técnicas de fabricación industrial consolidadas, como es la inyección. La investigación de la tecnología IME se basa en:



Figura 10: Etapas elementales de la tecnología IME

La tecnología IME, para lo que hoy en día **no existe ninguna implementación en el sector de automoción**, daría respuesta a los objetivos planteados, por lo que se plantea como tecnología base que permita evolucionar los productos electrónicos hacia una integración mayor. Sin embargo, esta tecnología todavía **no está 100% desarrollada** a nivel de poder contratarla.

Actualmente **son etapas que por separado son industrialmente accesibles y maduras** pero la **interrelación entre ellas en un proceso único de IME no está consolidada** como un proceso robusto donde destacan las carencias de repetitividad y cumplimiento de requerimientos o especificación para el mercado de automoción. El **mayor de los gaps** identificados en esta tecnología IME está **en el paso de la sobreinyección** donde las condiciones extremas de temperatura y presión hacen que no se puedan asegurar los requerimientos establecidos, así como una repetitividad en la función obtenida.

### Objetivos

El objetivo último para MAIER es desarrollar la tecnología que permita la integración de elementos electrónicos en componentes plásticos, para **desarrollar piezas del interior del vehículo con electrónica de iluminación avanzada y poder dar respuesta a las necesidades del vehículo del futuro**.

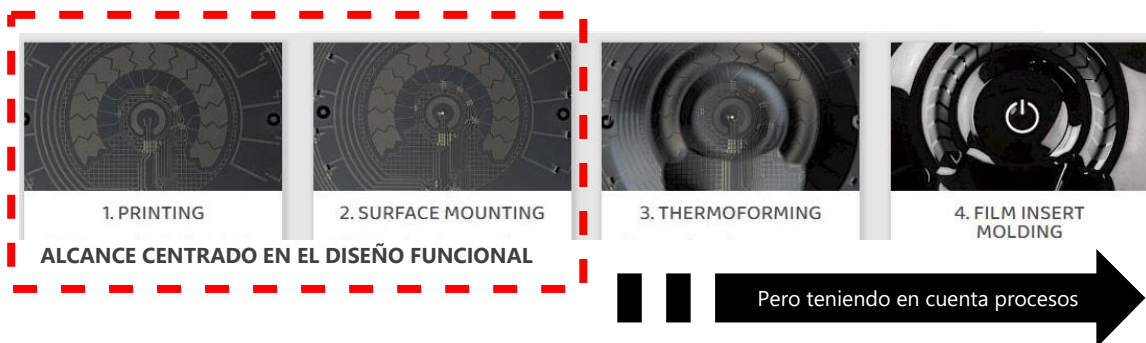
El objetivo general del desarrollo de esta tecnología sería:

- Lograr que las piezas con electrónica de iluminación avanzada presenten la **funcionalidad de iluminación ambiental y acabado estético** requerido por el sector.
- La iluminación debe disponer de un **componente decorativo, cambiar su intensidad y calidez** y ser **compatible** con la **iluminación de la totalidad del interior del vehículo**.

- La iluminación debe **integrarse con fines de seguridad** durante la conducción (activarse cuando se activen los sensores de cercanía al vehículo que le precede o en caso de encendido de alarma/aviso en el salpicadero...).
- Conseguir una **tecnología electrónica** que proporcione un **buen equilibrio entre el peso** (60% más ligeras que las soluciones tradicionales de PCB), **el espacio** (80% menos voluminosa) y **el coste** de sus componentes para el sector de automoción.
- Conseguir una **libertad de diseño** totalmente disruptiva de piezas de interior con electrónica flexible desarrolladas a partir de la tecnología IME.
- Diseñar la **electrónica impresa y los materiales electrónicos** (tintas, sustratos, pantallas).
- Conseguir una **compatibilidad química entre la electrónica flexible y el material termoplástico** de la pieza inyectada para que haya una **buena adherencia** entre ambos.
- Conseguir **tintas funcionales y decorativas que soporten procesos IME** con la geometría de la pieza objetivo del proyecto.
- Conseguir que los **componentes** puedan ser utilizados en los procesos de fabricación mediante **inyección de piezas termoplásticas**.

### Alcance del piloto

El alcance requerido para el reto estaría definido por que la empresa pueda **abordar el diseño funcional de la electrónica en film**, pero teniendo en consideración los futuros procesos de sobreinyección posteriores:



Este alcance se delimita con los siguientes requerimientos específicos, que más adelante se desarrollan en la tabla de requisitos y características para la guía de diseño:

- **Capacidad de definición del diseño** de la electrónica en film (tanto el circuito como los componentes específicos necesarios).
- **Capacidad de definir el proceso IME** que sea **compatible con el proceso de sobreinyección** o, al menos, que se den las claves en la definición, fabricación del film para los procesos posteriores.



- **Propuestas de guía de diseño** que ayude a definir junto con MAIER los nuevos estándares de los moldes para facilitar el proceso de sobreinyección sin que el sistema electrónico resulte afectado en su funcionalidad.
- La finalidad es que el diseño, a futuro, pueda ser **implementado en productos concretos** dentro del interior del vehículo. Una pieza objetivo podría ser la fachada de interior situada en la consola central o un embellecedor de puerta del interior del automóvil.



Figura 9: Fachada interior automóvil



Figura 10: Embellecedor puerta interior automóvil

Tabla de requisitos y características para la guía de diseño:

| <i>Variable</i>                                | <i>Necesidad funcional</i>  | <i>Ponderación</i> |
|--|---|--------------------|
| 1. Requisitos de diseño de electrónica en film | 1.1. Conseguir una libertad de diseño totalmente disruptiva de piezas de interior con electrónica flexible desarrolladas a partir de la tecnología IME. | Requisito          |
|  | 1.2. Conseguir una tecnología electrónica que proporcione un buen equilibrio entre peso (60% más ligero que soluciones                                  | 6                  |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
|   | tradicionales de PCB), espacio (80% menos voluminosa) y coste  |           |
|   | 1.3. Definición de los materiales electrónicos (tintas, substratos, pantallas...) compatibles con tecnologías IME,   | 9         |
|   | 1.4. Garantizar la compatibilidad química con el material termoplástico de la pieza inyectada.   | 9         |
|   | 1.5. Garantizar la funcionalidad del sistema electrónico (previo al proceso de inyección)  | Requisito |
|   | 1.6. Considerar la compatibilidad de la electrónica en film con otros componentes mecánicos utilizados en el proceso de sobreinyección, como los moldes y la maquinaria de inyección.  | 6         |
| 2. Requisitos de definición de estándares para su integración en molde. | 2.1. El diseño del molde debe considerar requisitos como la geometría del molde, los puntos de inyección, la orientación y la propia distribución del material.  | 6         |
|   | 2.2. Se debe tener en cuenta el diseño de la electrónica en film para garantizar que el molde permita la correcta inserción y posicionamiento de los componentes electrónicos.<br>Esto incluye consideraciones como la posición y el espaciado de los componentes, la orientación de las placas y la selección de materiales de montaje. | 9         |
|   | 2.3. La guía debería abordar las características de los materiales utilizados en el molde, como su dureza, resistencia y conductividad térmica.  | 3         |
|   | 2.4. La guía debería incluir recomendaciones para la validación y pruebas del molde y del proceso.   | 3         |

### PRÓXIMAS FASES

El reto se centra en el **desarrollo de una guía de diseño innovadora de la electrónica en film, con el propósito de compatibilizar esta tecnología con los procesos de inyección**. La meta es lograr la integración de la electrónica en film y las tecnologías de inyección, asegurando que los componentes funcionen de manera óptima y confiable antes y después del proceso. Para lograrlo, será esencial establecer una **colaboración estrecha con los equipos de ingeniería y producción de MAIER**, trabajando conjuntamente en la identificación y superación de los desafíos técnicos.



Una vez superado el reto con el alcance definido, se podrán abordar fases más avanzadas y cercanas a la producción de sistemas electrónicos embebidos, lo que permitirá trabajar en el proceso completo hasta llegar a la sobreinyección. El **objetivo final** es **trabajar de la mano con MAIER en todo este proceso**, desde la concepción del diseño hasta la implementación en la línea de producción, asegurando en última instancia el cumplimiento de los exigentes requerimientos del producto final en el sector automotriz. Esta asociación **brindará la oportunidad de acceder a volúmenes de productos en el mercado automovilístico** que oscilan entre las **10,000 unidades por año** como mínimo y **hasta 200,000 unidades por año**, lo que se traduciría en un significativo impulso y fortalecimiento de la posición del seleccionado en el sector.

Es crucial destacar el **enorme potencial de esta tecnología** y su **aplicabilidad en una amplia diversidad de productos** que requieren sistemas electrónicos embebidos **más allá del sector automotriz**. La electrónica flexible en film puede abrir nuevas oportunidades de mercado en industrias como la **aeroespacial, la médica, bienes de consumo, entre otras**. La adopción de esta tecnología en diferentes sectores permitiría al seleccionado **acceder a un espectro más amplio de actores**, impulsando el crecimiento y la innovación en múltiples ámbitos, posicionando al seleccionado entre los líderes en el desarrollo de electrónica en film.

## REFERENCIAS

1. The impact on vehicle cost resulting from greater automotive electronic content. Fuente: Freescale Semiconductor)
2. DVN, BMW's New Ambient Lighting; September 8, 2022. Fuente: [www.drivingvisionnews.com/news/2022/09/08/bmws-new-ambient-lighting/](http://www.drivingvisionnews.com/news/2022/09/08/bmws-new-ambient-lighting/)