



M2F

Move to Future

AGENDA DE PRIORIDADES ESTRATÉGICAS DE I+D+i DEL SECTOR AUTOMOCIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



AGENCIA
ESTADAL DE
INVESTIGACIÓN

Índice

GT1. SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA	2
GT2. SISTEMAS DE PROPULSIÓN CON COMBUSTIBLES NEUTROS EN CARBONO Y VEHÍCULOS HÍBRIDOS	22
GT3. MOVILIDAD CONECTADA, COOPERATIVA Y AUTÓNOMA (CCAM).....	46
GT5. ESTRUCTURAS MÁS LIGERAS, SEGURAS Y SOSTENIBLES.....	98
GT6. FABRICACIÓN AVANZADA	130
GT7. TALENTO	157
GT8. SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR.....	168

GT1. SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA

1 Factores que afectan a los sistemas de propulsión eléctrica. Tendencias 2030

Son varios los factores que impulsan la transformación del sector de automoción a nivel europeo y nacional, que impactan la implantación del vehículo electrificado, y que por tanto tienen afección en los sistemas de propulsión eléctrica. A continuación, se detallan los más significativos.

Legislación: objetivo cero emisiones

La legislación europea establece que los vehículos ligeros (en el caso de los vehículos de categoría L (motos y vehículos ligeros) no existe esta obligación) comercializados en la Unión Europea a partir de 2035 no podrán emitir CO₂, con una serie de hitos intermedios hasta alcanzar dicho objetivo. Esto se complementa con otra serie de iniciativas legislativas que velarán por la reducción del impacto medioambiental en la producción de los vehículos y su posterior reciclado al finalizar el ciclo de utilización de los mismos en pos de la neutralidad climática a 2050.

En lo referente a vehículos pesados, la Comisión Europea propuso una introducción progresiva de objetivo de reducción de emisiones de CO₂, marcando una reducción del 90% a 2040 respecto a los niveles del 2019. Adicionalmente, la propuesta contempla las cero emisiones para los autobuses urbanos a partir de 2030, y va acompañada con una serie de medidas para el impulso de la infraestructura de recarga eléctrica y de repostaje de combustibles alternativos.

En cualquier caso, la no emisión de CO₂ en la actualidad solo es alcanzable por vehículos de propulsión eléctrica, ya sea procedente de una batería embarcada o generada a partir de hidrógeno en una pila de combustible.

Cabe mencionar que durante la tramitación de la legislación referente a los vehículos ligeros se ha dejado la puerta abierta a la venta de vehículos de combustión interna siempre que empleen combustibles neutros en carbono (los llamados combustibles sintéticos o e-fuels, entre otras denominaciones), medida cuyo impacto e implementación habrá que evaluar.

China como primera potencia mundial del vehículo eléctrico

China no solo es el principal mercado en lo que refiere a ventas de vehículos eléctricos, también cuenta con una serie de especificidades que la ponen en una posición de ventaja respecto a Europa.

China cuenta con presencia significativa en toda la cadena de valor del vehículo eléctrico, desde el acceso y extracción de materias primas hasta el ensamblaje de los vehículos, pasando por la fabricación de baterías hasta el software del coche.

A pesar de los múltiples anuncios del establecimiento de gigafactorías en Europa, a corto plazo persistirá la falta de capacidad de fabricación de celdas propias en Europa en tanto que estas fábricas vayan entrando progresivamente en operación. Esta situación persistirá al menos hasta mediados de década.

Las diferencias entre el país asiático y Europa en materia de legislación medioambiental provocan que ciertos procesos de la cadena de valor como es el refinado de los minerales, altamente contaminante, difícilmente se implanten en Europa de manera económicamente competitiva.

La legislación laboral también hace que sus trabajadores trabajen más y en peores condiciones por un menor salario.

La propia naturaleza del régimen gubernamental en China hace que la directriz sea única sin necesidad de acuerdos, dando como resultado una mayor rapidez en la llegada al mercado. Esto contrasta con los procesos administrativos y burocráticos en Europa y España, que en ocasiones ralentizan el despliegue de nuevas soluciones y la implantación de nuevas infraestructuras, como es el caso de los puntos de recarga de vehículo eléctrico. Todo lo anterior no solo dificulta la entrada al mercado asiático para las empresas extranjeras, también se plasma en el desembarco de marcas chinas al mercado europeo, con vehículos eléctricos a precios ajustados si los comparamos con sus homólogos de origen europeo, y que se benefician de las subvenciones existentes en varios países europeos para la adopción de vehículos eléctricos. También existe la sospecha de considerables subvenciones estatales del gobierno chino a sus propios fabricantes para que éstos puedan ofertar esos ajustados precios, motivo por el cual la Comisión Europea inició recientemente una investigación referente a dichas prácticas.

Estados Unidos y el proteccionismo

Este último punto ha dado como resultado la introducción de políticas proteccionistas, como es el caso del paquete legislativo *Inflation Reduction Act* (IRA) adoptado en EEUU. En el caso de la automoción, el IRA incentiva por un lado la compra de vehículo eléctricos, con diferentes grados de subvención en función del cumplimiento de criterios de ensamblado y cuotas de fabricación de baterías y extracción o procesados de minerales críticos en suelo estadounidense; y por otro, un programa específico de subvenciones para la fabricación nacional de vehículos electrificados.

Reacción europea

Existe un interés político de eliminar la dependencia en la cadena de suministro de componentes del vehículo eléctrico desde China. Específicamente la batería y los sus componentes. Este interés se puede transformar en barreras arancelarias o regulatorias para desincentivar la importación desde China, y que debería provocar el desarrollo de la industria local.

Esta situación genera preocupación en la industria que no quiere arriesgarse a roturas de la cadena de suministro por razones logísticas o políticas, además del problema del cálculo de la huella de carbono. Por ello se están buscando alternativas de suministro locales, pero no es evidente que estas alternativas puedan proporcionar las soluciones necesarias, dado que la industria alrededor de la batería, desde componentes hasta líneas productivas, no está plenamente desarrollada. Así pueden existir oportunidades de crecimiento y negocio.

Nuevos players: el caso de Tesla

Con la entrada y progresiva implantación del coche eléctrico están surgiendo nuevos fabricantes de vehículos que buscan disrumpir el mercado aprovechando que el valor del vehículo tiende a

los nuevos componentes (principalmente la batería, pero también el software), materias que no necesariamente son del conocimiento de los OEM tradicionales.

Sin dejar de lado la ya mencionada llegada de marcas chinas a suelo europeo, el caso paradigmático es el del fabricante de vehículos eléctricos norteamericano Tesla, que en veinte años de existencia ha conseguido consolidar uno de sus vehículos entre los más vendidos a nivel global y europeo. Y lo ha hecho marcando tendencia con nuevas formas de concebir el producto, implementado actuaciones OTA en sus vehículos o simplificando sus interiores a la máxima expresión, por ejemplo; desafiando los métodos tradicionales de fabricación, sirva de ejemplo el desarrollo de prensas de estampación de gran tonelaje para la fabricación del subchasis trasero de una sola pieza, que tradicionalmente se componía de varios componentes posteriormente soldados entre sí; y con campañas de comercialización novedosas, como la venta exclusiva online o las recientes bajadas de precio para incentivar las ventas aprovechando el mayor margen disponible frente a la competencia.

El impacto en el empleo del vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos se componen de menos piezas si los comparamos a los que tienen motor de combustión, lo cual comporta una reducción de la mano de obra necesaria para su fabricación y ensamblado.

Los OEM están dando trabajo a ese personal “sobrante” asumiendo en interno actividad que hasta la fecha dejaba en manos de sus proveedores. Es el caso de algunos fabricantes y de manera parcial en lo referente a la fabricación de los motores eléctricos, así como los módulos de las baterías y el ensamblado de las propias baterías en sí.

Infraestructura de recarga

El despliegue de una infraestructura de recarga dimensionada a la introducción del vehículo eléctrico en el parque de vehículo rodante sigue siendo una labor a desplegar, tanto para dar seguridad a los usuarios como para garantizar la viabilidad de su uso; esto último adquiere mayor relevancia en casos como el de España, donde gran parte de los propietarios de vehículos actuales no dispone de una parcela de garaje privada donde llevar a cabo una recarga nocturna.

Esto último irá acompañado de la mejora tecnológica de las baterías. A este respecto, si bien la tecnología de baterías dominante seguirá siendo la de litio ion durante al menos la próxima década, están surgiendo nuevas tecnologías prometedoras que podrán ir ocupando ciertos nichos específicos, como las baterías de litio de electrolito sólido de alta capacidad, o las baterías de ion sodio de bajo coste.

La unificación o armonización de los servicios de recarga a nivel europeo se antoja como necesaria para facilitar el uso de los vehículos eléctricos en medias y largas distancias transnacionales.

La carga bidireccional también empieza a implantarse en algunos modelos, como vía para suplementar o balancear el suministro proveniente de la red eléctrica en diferentes escenarios.

Nuevos servicios orientados a movilidad

La transición de los fabricantes de vehículos a proveedores de servicios de movilidad ha traído asociadas nuevas fórmulas para obtener ingresos, como es el caso de los servicios de pago por uso, las fórmulas de suscripción o el pago por disponer de ciertas características del vehículo.

2 Visión y objetivos

La visión (a 2030) es la de **ser referentes a nivel europeo en conocimiento, capacidad de desarrollo y fabricación de los componentes que componen el sistema de propulsión eléctrica.**

Para ello, se han fijado los siguientes objetivos:

- **Incrementar la competitividad** generando **conocimiento en el diseño y fabricación de componentes clave**: baterías, motores, etc. máxime con el hándicap de que los centros de decisión de los OEM están fuera de España.
- Investigar y desarrollar **tecnologías clave** para adquirir un **posicionamiento estratégico** que permita obtener la habilidad para fabricar los productos del futuro.
- Abordar el diseño y fabricación de los componentes del sistema de propulsión eléctrica, con especial énfasis en las baterías, teniendo en cuenta la **sostenibilidad medioambiental** y el ciclo de vida completo. Para ello, se debe tener en consideración la cantidad y procedencia de las materias primas y la energía empleada en su fabricación, así como otros factores ligados a la circularidad.
 - Incidir en la fiabilidad de las baterías (*thermal runaway*), la gestión térmica como clave de la mejora de la fiabilidad y con ello optimización del análisis del ciclo de vida por la reducción del consumo de materiales.
 - Impulsar la investigación en la reutilización (segunda vida) y reciclaje de las baterías, desde las fases de diseño hasta su gestión fin de vida. Promover nuevas líneas de negocio sostenibles y creación de nuevas empresas para esta actividad.
- Apostar por la **sostenibilidad social**, tanto en el desarrollo de nuevas capacidades y el fomento del talento, como en la recualificación y formación continua de los empleados.
- Fomentar la **cooperación** a nivel regional y nacional en el ámbito de la I+D+i.
- Reforzar el **posicionamiento** de la industria española en **cadena de valor críticas**.
 - Contar con la mayor parte de la cadena de valor de la fabricación de baterías, desde el minado, pasando por la fabricación de celdas y baterías, hasta la segunda vida y el reciclaje.
- Investigar y analizar la **fabricación de celdas de baterías**. La fabricación de celdas puede ser un elemento muy importante, dado que es el componente que determina las características clave del producto. La presencia de fabricantes de celda puede hacer que se genere industria alrededor. Por una parte, los suministradores de productos y servicios para estas plantas. Por otra, negocios que aprovechen el suministro de celdas, potencialmente OEMs.
 - Si se cuenta con fabricantes de celdas debería haber un ecosistema de investigación y desarrollo para hacer que no sean meras inversiones oportunistas, si no que se convierta en una industria competitiva a medio y largo plazo, especialmente teniendo en cuenta la velocidad de los cambios tecnológicos.
- Al amparo de las inversiones en plantas de fabricación de vehículos eléctricos y sus principales componentes en territorio nacional, **arrastrar el ecosistema de proveedores de soluciones tecnológicas, maquinaria especializada, ingenierías de integración**, etc., para que esas **inversiones reviertan en gran medida en empresas españolas con tecnología propia**, y así **multiplicar el beneficio económico y social**.

3 Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

3.1 Sistemas tracción eléctrica (motores, inversores, reductora, ...)

Además del motor, otros componentes eléctricos de alta tensión del sistema de propulsión, especialmente la electrónica de potencia, también deben optimizarse para reducir las pérdidas de energía, ya que el sistema de propulsión depende del rendimiento general y la eficiencia de todos los componentes que intervienen en el sistema general y, especialmente, de tendencias contradictorias de cómo cambia la eficiencia con la demanda de energía. A muy baja potencia, las eficiencias del motor eléctrico y del inversor son bajas, mientras que la eficiencia de descarga de la batería es alta. A mayor potencia, las eficiencias del motor eléctrico y el inversor son altas y la eficiencia de descarga de la batería disminuye. Hablar de la eficiencia del tren motriz siempre requiere una **perspectiva general del sistema, un enfoque holístico** e investigaciones relacionadas para equilibrar los componentes individuales y sus propiedades hacia un tren motriz y un BEV más eficientes. El estado actual de la técnica se ha centrado principalmente en optimizar los componentes en su propio nivel funcional y rendimiento general, pero a menudo con menos consideración de la **eficiencia general del sistema**.

Por su parte, mejorar el *packaging* y la integración de dispositivos requiere un **enfoque sistémico**, con énfasis en actividades experimentales (maquetas, vehículos de demostración, aplicaciones piloto, etc.). Como tecnología habilitadora para avanzar en la integración de sistemas, **las herramientas de simulación para sistemas termoeléctricos-mecánicos deben mejorarse** aún más teniendo en cuenta el blindaje electromagnético adecuado de los componentes de alto voltaje. Los nuevos conceptos de *packaging* deben combinarse con sistemas de control apropiados, como por ejemplo nuevas arquitecturas de control optimizadas. En particular, los conceptos de inversor/cargador desempeñarán un papel importante en los futuros vehículos eléctricos e híbridos enchufables. Además, es necesario desarrollar **enfoques modulares** que permitan el diseño de arquitecturas novedosas de vehículos/motores, la identificación de nuevos sistemas y componentes modulares, así como la investigación de arquitecturas flexibles/adaptables por medio de componentes/módulos intercambiables.

La tendencia actual en el sector automoción consiste en **aumentar la densidad de potencia de los convertidores embarcados para minimizar peso y volumen** (por ejemplo, el Departamento de Energía de los Estados Unidos ha fijado objetivos de densidad de potencia de hasta 100 kW/l para 2025). Además, para maximizar aún más la densidad de potencia, existe la tendencia de **integrar máquinas de altas velocidades**. La reducción de costes también plantea la utilización de **esquemas de refrigeración simplificados**, compartiendo el conjunto motor-inversor el mismo circuito de refrigeración por agua/ethylenglicol (comúnmente con una temperatura nominal de 105 C frente a los 65 C de los circuitos de refrigeración convencionales de los inversores), o utilizando soluciones refrigeradas por aire, en general mucho más baratas.

Motores

Es necesario investigar en todos los aspectos del motor, **centrándose en la reducción de costes, peso y tamaño, además de la mejora de la eficiencia**. La reducción de las pérdidas de energía también tendrá un impacto directo en los requisitos del sistema de gestión térmica (Thermal Management System-TMS).

Las máquinas eléctricas aún se encuentran en sus primeras etapas de aplicaciones automotrices. El número limitado de ventas hasta el momento aún no ha desatado el potencial de las técnicas de producción en masa aplicadas a los motores eléctricos. Además de esto, los aspectos relacionados con la modularidad y escalabilidad del tren motriz no se han explorado completamente. En cuanto al rendimiento del tren motriz, aunque los motores eléctricos son inherentemente muy eficientes, **es necesario reducir el espacio que ocupa el tren motriz dentro del vehículo**. La miniaturización y la reducción de peso de los motores eléctricos ofrecen una ventaja competitiva, siendo una clara tendencia el **aumento de las velocidades de los motores eléctricos**. Cuando sea adecuado, la **integración funcional con otros componentes de la transmisión** debería servir para mejorar la modularidad. Los **motores multifásicos eficientes, de alta velocidad de rotación y libres de tierras raras** deben ser el objetivo en este contexto, equipados con **módulos de electrónica de potencia optimizados y miniaturizados basados en semiconductores de banda ancha (por ejemplo, SiC o GaN)** para admitir una mayor temperatura de funcionamiento, mayor voltajes y frecuencia de conmutación de alta velocidad adecuada.

En lo referente a la **minimización de las emisiones de partículas de los frenos**, se debe optimizar el control del perfil de desaceleración, limitando aún más su uso: esto se puede lograr **ampliando la capacidad de regeneración** del sistema de tracción, explotando las oportunidades de las **corrientes de alta velocidad** con el desarrollo de la carga rápida y optimizando la combinación con frenado por fricción para evitar eventos que produzcan partículas.

Inversor AC/DC - Convertidor DC/DC

Actualmente, los módulos de electrónica de potencia se basan principalmente en dispositivos de silicio, siendo el inversor un elemento voluminoso que necesita una asignación de espacio significativa en el vehículo. Las tecnologías de silicio tienen limitaciones significativas en términos de temperatura operativa, así como pérdidas asociadas con el aumento de las frecuencias de conmutación. Está claro que se debe llevar a cabo una migración a **materiales de banda ancha (Wide Band Gap – WBG)** con la próxima generación de vehículos eléctricos. Estas tecnologías de banda ancha ofrecen un potencial significativo para **reducir las pérdidas y el volumen** de las futuras soluciones de e-drive, y también permiten las **frecuencias de conmutación necesarias para las máquinas de alta velocidad**. Sin embargo, es necesario desarrollar la madurez de tales soluciones, lo que requiere un esfuerzo significativo en diferentes niveles dentro de la cadena de suministro para permitir soluciones robustas y asequibles.

La **carga rápida de baterías** altamente eficiente, es decir, la recarga enchufable, la carga inalámbrica/inductiva y el frenado regenerativo, **combinados con estrategias de control predictivo**, también deben ser abordados por los desarrollos de la electrónica de potencia

(con soluciones necesarias tanto para aplicaciones ligeras como pesadas). La **I+D en electrónica de potencia de mayor voltaje** es un factor clave en el cambio hacia sistemas de mayor voltaje, que pueden ser necesarios para adaptarse a la carga ultrarrápida. Se necesitan **nuevos materiales semiconductores, como SiC o GaN**, lo que requiere investigación para aumentar las capacidades a nivel de dispositivo, incluido un mayor voltaje, reducción de costos y capacidades de fabricación.

Cargador de a bordo

En lo referente a los cargadores de a bordo, se requiere de electrónica de potencia con nuevas tecnologías (como SiC y GaN) y sistemas de control para perfiles de voltaje/corriente dedicados que **minimicen el envejecimiento de la batería**. Los conectores que manejan corrientes superiores a los estándares de 350 A y los sistemas de gestión de baterías (*battery management system* o BMS) que permiten la carga a voltajes de hasta 1500 V fomentarán la aceptación de **baterías embarcadas del tamaño apropiado mediante paradas de recarga más cortas**.

Para la carga contractual y los pagos relacionados, se debe asegurar que existen protocolos de comunicación acordes con la infraestructura de carga, para **permitir que múltiples proveedores de servicios de movilidad eléctrica se conecten con el vehículo**. Esto incluirá la interfaz hombre-máquina (HMI) del lado del vehículo para permitir que el usuario introduzca sus preferencias, tales como estado objetivo de carga (*State of Charge - SoC*) en un tiempo prefijado para carga V2G a baja potencia.

Gestión térmica

La gestión térmica es fundamental desde un punto de vista de seguridad y también de la autonomía. En cuanto a lo primero, la gestión térmica es fundamental en los eventos térmicos (*thermal run-away*), ya que limitan la vida de la batería y ponen en riesgo la seguridad. En lo segundo, una mala gestión térmica destruye por completo la autonomía.

La **estrategia de control e intercambio térmico** en cada componente a refrigerar (e-motor, electrónica de potencia, batería, cargadores, pilas de combustible y componentes...) debe abordarse con un **enfoque holístico a nivel de vehículo**. Esto abrirá nuevas formas de diseño, lo que permitirá que los componentes electrónicos funcionen a temperaturas más bajas y, por lo tanto, estén menos estresados térmicamente, con una vida útil más larga, altamente compactos, integrados y de menor costo (condiciones de funcionamiento de temperatura menos exigentes). Esto también contribuirá a una carga rápida, mejorando la eficiencia y las condiciones térmicas de la batería y los cargadores. Los efectos acústicos, dentro y fuera del vehículo, para estos sistemas también deben abordarse, ya que pueden ser la principal perturbación acústica que queda después de retirar el motor de combustión interna.

Se debe lidiar con el intercambio de gradiente de baja temperatura (las temperaturas de los componentes electrónicos en funcionamiento son más bajas que en un motor de combustión interna) que limita la eficiencia de las soluciones actuales.

Gestión energética

La optimización del sistema debe apuntar simultáneamente a lograr la mayor eficiencia general posible en los ciclos de homologación a tanto actuales y futuros (incluidas las condiciones de conducción real), lo que permite soluciones personalizadas con un mejor rendimiento de LCA mediante el uso óptimo de las materias primas. Esto conducirá a soluciones mejoradas para futuros vehículos de pasajeros y comerciales con bajas emisiones de carbono. Además, la optimización del sistema requerirá desarrollos en arquitecturas de control avanzadas y funciones de gestión de energía, incluido el control óptimo para trenes de potencia híbridos y eléctricos, y una mayor capacidad de conducción y durabilidad del vehículo. La adopción de nuevas tecnologías, en particular la conectividad V2X y las funciones de conducción automatizada, topologías y esquemas de control para la reducción de pérdidas a nivel de componentes (electrónica de potencia, motor eléctrico, sistemas de voltaje bajo a medio, batería, etc.), mejorará la aceptación del cliente al reducir el consumo de energía y por lo tanto dando una mejor autonomía del vehículo.

Los conceptos para el **control predictivo de la gestión de la energía** (ascenso, descenso, predicción del tráfico y condiciones de conducción más reales, eventos de carga y zonificación de cero emisiones, etc.), posiblemente junto con la conducción autónoma, necesitan mayor énfasis para permitir aplicaciones del mundo real y mejorar la confiabilidad de la predicción de autonomía. Los datos de tráfico y la gestión de big data para aplicaciones de transporte también desempeñarán un papel en este contexto. Además, los aspectos de seguridad deben considerarse cuidadosamente, identificando las compensaciones entre la máxima recolección de energía y la estabilidad del vehículo. Las consideraciones derivadas de los requisitos de seguridad funcional (ISO 26262) podrían conducir a nuevos requisitos y conceptos.

Reto tecnológico	Tecnología facilitadora
Mejorar la eficiencia global del sistema de propulsión eléctrico. <ul style="list-style-type: none"> - Reducir pérdidas energéticas - Perspectiva sistémica, enfoque holístico. 	Herramientas de modelización del sistema de propulsión eléctrico, que permitan equilibrar los componentes individuales y sus propiedades hacia un tren motriz más eficiente.
Mejorar el packaging y la integración de componentes. <ul style="list-style-type: none"> - Componentes y sistemas modulares - Arquitecturas flexibles/adaptables por medio de componentes/módulos intercambiables. - Sistemas de tracción integrados 	Herramientas de simulación para sistemas termoeléctrico-mecánicos, que tengan en cuenta el blindaje electromagnético adecuado de los componentes de alto voltaje. Arquitecturas de control optimizadas
Reducir el coste, peso y volumen de los motores. <ul style="list-style-type: none"> - Modularidad y escalabilidad de las máquinas eléctricas - Integración funcional con otros componentes del sistema de tracción - Aumento de las velocidades de las máquinas eléctricas. - Disminución del uso de metales raros. 	Máquinas eléctricas de altas velocidades de rotación , más pequeñas y ligeras. Motores multifásicos. Motores de alto voltaje. Motores con bajo contenido en tierras raras.
Sistemas de electrónica de potencia compactos, robustos y altamente eficientes <ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la temperatura operativa - Voltajes más altos - Frecuencias de conmutación de alta velocidad - Estrategias de control predictivo 	<ul style="list-style-type: none"> - Transición a semiconductores de banda ancha SiC y GaN (Carburo de Silicio y Nitruro de Galio). - Sistemas de refrigeración de la electrónica integrados en la gestión térmica del vehículo - Topologías de DC/DCs con Mosfets de SiC con sistemas resonantes en altas frecuencias que

<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de capacidades de fabricación en masa 	<p>consiguen aislamiento galvánico con un tamaño mucho más reducido</p>
<p>Enfoque holístico de la gestión térmica del vehículo eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de alto rendimiento para la gestión térmica del habitáculo. - Integración termo-mecánica de los componentes del sistema de propulsión. - Nuevos sistemas de recuperación y captación de energía, aumento de la capacidad regenerativa en deceleración; aprovechamiento del calor residual. - Consolidación/combinación de los circuitos de refrigeración. - Reducción del ruido en el habitáculo e incremento del confort del pasajero. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemas de bombas de calor que eviten los PFAS (sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas) y optimicen la gestión térmica del vehículo aumentando la autonomía - Sistemas predictivos que evalúen el recorrido a realizar y las necesidades energéticas del mismo priorizando los diferentes elementos del sistema para mejorar el confort y la autonomía - Sistemas distribuidos de calefacción que permitan adaptar la generación de calor a las necesidades individualizadas en cada momento
<p>Arquitecturas de control y funciones de gestión energética avanzadas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrategias de gestión energética inteligente. - Control predictivo que tenga en consideración el tráfico, la pendiente o las zonas de bajas emisiones, entre otros. - Gestión de la demanda energética de los sistemas auxiliares. - Requisitos de seguridad funcional (ISO 26262) 	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de procesado Big Data. - Inteligencia Artificial para la caracterización de datos y predicción/optimización. - Espacios de Datos. - Conectividad V2X y funciones de conducción automatizada.

En base a la anterior identificación de retos tecnológicos y las tecnologías facilitadoras, se establece la siguiente priorización estratégica:

- Fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en las tecnologías facilitadoras que permitan avanzar en el estado del arte y solventar los retos tecnológicos descritos.
- Impulsar proyectos de demostración de mejora de la eficiencia energética global del sistema de propulsión eléctrico.
- Desarrollar soluciones de gestión térmica del vehículo que tomen en consideración los requerimientos de los componentes del sistema de tracción, así como los de climatización de la cabina, adoptando un enfoque holístico.
- Impulsar arquitecturas de control y funciones de gestión energética avanzadas.
- Incentivar el diseño y desarrollo de sistemas de electrónica de potencia compactos, robusto y altamente eficientes.
- Investigar nuevas soluciones en máquina eléctricas para reducir su coste, peso y volumen.
- Incentivar la creación de nuevas empresas o la mejora de las capacidades de las existentes para diseñar, desarrollar y fabricar los componentes del sistema de tracción eléctrica, tales como las baterías o los motores eléctricos y la electrónica de potencia y de control asociada.

3.2 Sistemas de almacenamiento de baterías para vehículo eléctrico

En Europa, dentro de esta década, donde sea tecnológica y económicamente viable, todo lo que se pueda electrificar se electrificará, lo que hará que la tecnología de las baterías sea uno de los facilitadores clave más importantes para la transición hacia la energía verde, facilitando las tecnologías nuevas y existentes. Las aplicaciones variarán ampliamente de la mayoría de los vectores en el sector del transporte (incluidos: bicicletas eléctricas, scooters, motocicletas, turismos, furgonetas, camiones, autobuses, barcos, barcos, tranvías, maquinaria pesada, robótica, drones y vectores no vistos actualmente).

A nivel mundial, los sectores del transporte y la energía contribuyeron, respectivamente, con el 16% y el 23% de las emisiones globales en todo el mundo en 2017. En la Unión Europea, se considera que las emisiones del transporte son aproximadamente el 25%, con un 60% de estas provenientes de vehículos ligeros. Al permitir la electrificación del transporte y el uso de energías renovables como fuente confiable de energía, el uso de la tecnología de baterías tiene el enorme potencial de reducir las emisiones globales en aproximadamente un 30% para 2030.

Sin embargo, el ritmo de esta transición energética disruptiva depende en parte de la disponibilidad de celdas de batería, que actualmente se adquieren en grandes cantidades como componentes básicos de Asia.

Es especialmente importante que Europa aumente significativamente la producción de baterías para el sector de la automoción a fin de garantizar la sostenibilidad económica continua de este sector. Además, la sostenibilidad ambiental debe estar en el centro de la producción europea de baterías, para abordar las ambiciones de la transición hacia la energía verde.

Por su parte España, una potencia europea e internacional en la fabricación de automóviles, tiene la oportunidad de capturar una porción significativa de las futuras fábricas de baterías que necesita Europa, posicionándose internacionalmente y aumentando el valor añadido. Los anuncios recientes por parte de algunos grupos internacionales, así como de iniciativas de origen nacional, constituyen un punto de partida prometedor a este respecto.

La investigación y la innovación son una piedra angular importante para construir cualquier industria competitiva duradera basada en la tecnología, y son necesarias para obtener una ventaja competitiva, sostenibilidad y desarrollar la experiencia y los conjuntos de habilidades necesarios para llevar los productos y procesos desde el concepto hasta la preparación para el mercado.

Las inversiones en la investigación de baterías y la infraestructura de investigación asociada deben ser significativas y continuas en el tiempo, cubriendo las prioridades de investigación tanto a corto como a largo plazo. Uno de los principales diferenciadores de las baterías producidas en Europa será la sostenibilidad, con una baja huella de carbono y un enfoque optimizado de economía circular en todos los pasos de la cadena de valor.

En este contexto identificamos seis grandes retos tecnológicos para el ámbito de baterías, que se listan a continuación:

1.- Materiales avanzados para baterías

- Baterías ion Litio (gen 3): cátodos avanzados tipo NMC con bajo contenido en cobalto, LFP dopado con manganeso (LMFP), ánodos de silicio y otros.
- Baterías de estado sólido (gen 4): electrolitos sólidos y semisólidos, ánodos de litio metálico y grafito/silicio de alta capacidad (Li ion SSB)
- Baterías ion Sodio
- Abastecimiento y procesamiento sostenibles de materias primas

2.- Nuevos conceptos y tecnologías de baterías

- Baterías de metal-aire seguras de alto rendimiento, azufre metálico, acuosas (iones metálicos, iones no metálicos), sistemas no acuosos multivalentes (Ca, Mg, Al, Zn, etc.)
- Tecnologías de batería sin ánodo
- Baterías híbridas supercap
- Baterías a base de materiales baratos y abundantes

3.- Diseño y fabricación de baterías (celdas)

- Diseño sostenible de celdas y baterías; Implicaciones en el diseño de celdas, fabricación, selección de materiales y aplicación debido a la materia prima reciclada
- Producción sostenible de pilas y baterías; Tecnologías (de producción) flexibles; Escalado e industrialización de procesos y productos
- Digitalización: Impacto en la cadena de valor de las baterías por estandarización de datos y Pasaporte Digital (ver apartado específico más adelante).

4.- Ingeniería de baterías para movilidad

- Sistema de batería; Alojamiento; Diseño para 2º uso, Mantenimiento y Fin de la primera vida
- SW, BMS, EE; predicción de SoX; BMS avanzado interoperable: multipropósito avanzado en el sistema de administración de baterías y diagnóstico de baterías (mantenimiento remoto, resolución de problemas, seguridad, predicción temprana de fallas, administración de operación optimizada para la vida útil)
- Nuevos dispositivos y conceptos para sistemas de refrigeración y gestión térmica; conceptos térmicos altamente integrados capaces de mantener la densidad de potencia y el aumento rápido de la carga

Con respecto al *Thermal runaway* hay que señalar la mayor importancia que se le da a este aspecto en el diseño de las baterías y sus componentes. Este es un evento con consecuencias que pueden provocar daños personales muy dramáticos. Los problemas se minimizarán mediante un diseño adecuado, pero también con componentes que aumenten el tiempo de propagación y protección. Componentes y soluciones que se están en fase de desarrollo y que son claves para la seguridad del VE.

- Modelado avanzado y gemelos digitales para baterías

Es necesario contar con las capacidades para la incorporación rápida de los nuevos conceptos de celdas y de baterías a los diseños, y sea de nuevos productos como de los productos existentes, reduciendo el *time to market* de estas innovaciones. Para ellos es necesario que exista esa capacidad de ingeniería que incluya todos los aspectos: normativo, safety, estructural, térmico, termofluidodinámica, E/E, algorítmico...

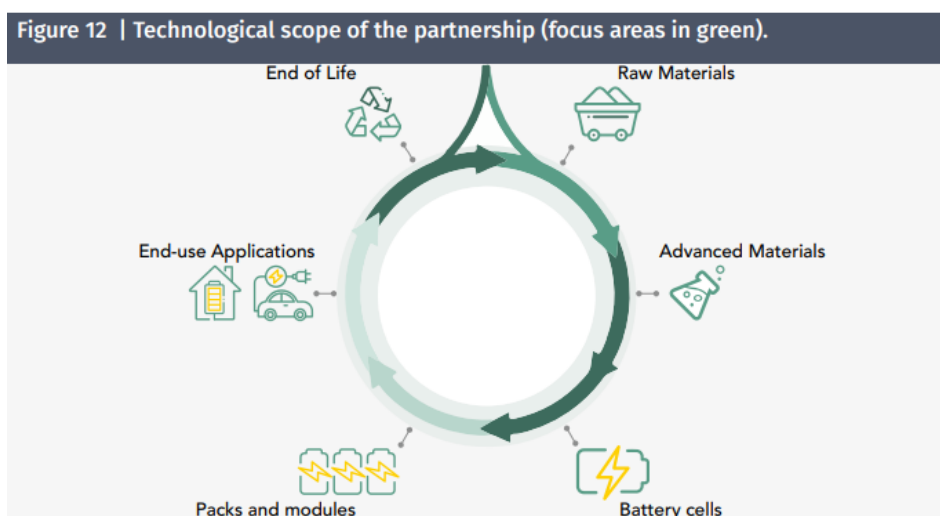
5.- Conceptos avanzados de recarga e interoperabilidad de baterías

- Sistemas de carga: Rápido, inalámbrico
- Carga de alta potencia (>50kW)
- Carga inteligente y bidireccional
- Cambio de batería
- Vehículo a red (V2G)

6.- Reciclado y fin de vida

- Procesos de reciclaje para baterías de metal de litio (Li) y otras nuevas tecnologías emergentes; Reciclaje directo
- Reutilización en segunda vida antes del reciclado.
- Logística, clasificación y recogida; *Track & Trace* de productos y su uso a lo largo de su vida útil
- Seguimiento de la huella ecológica

Figure 12 | Technological scope of the partnership (focus areas in green).



Reto tecnológico	Tecnología facilitadora
-1.- Materiales avanzados para baterías	- Nuevos materiales de alta disponibilidad y bajo coste, sostenibles y reciclables.
-2.- Nuevos conceptos y tecnologías de baterías	- Nuevos materiales de alta disponibilidad y bajo coste, sostenibles y reciclables.
-3.- Diseño y fabricación de baterías (celdas)	- Digitalización integral del proceso de diseño y fabricación de electrodos y celdas.

	- Gemelos digitales de líneas de producción
3.1 Diseño y fabricación del pack de baterías	<p>3.2 Nuevos sistemas para BM</p> <p>3.3 Nuevos sistemas para la refrigeración de las baterías</p> <p>3.4 Nuevos sistemas de protección de las baterías (crash,)</p>
-4.- Ingeniería de baterías para movilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización integral del proceso de diseño y fabricación del battery pack y sus componentes - Ecodiseño: diseño que facilite el mantenimiento, la reconfiguración de cara a segunda vida, y el desensamblaje previo al reciclaje. - Tecnologías de comunicaciones con la nube para incremento de la “inteligencia” de la electrónica de la batería, de cara a actualización, mantenimiento, gestión de flotas, etc. - Diseño integral de <i>battery packs</i> con todas las tecnologías necesarias e integradas y orientadas a producto industrial.
-5.- Conceptos avanzados de recarga e interoperabilidad de baterías	...
-6.- Reciclado y fin de vida	<ul style="list-style-type: none"> - Digitalización de las baterías a lo largo de su ciclo de vida completo. - Nuevas tecnologías de reciclado de baterías con mínimo impacto medioambiental y elevada tasa de recuperación. - Diseño del pack de batería para desensamblado y reutilización
- 7. Battery passport	<ul style="list-style-type: none"> - Tecnologías de seguimiento y trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro - Tecnologías de gestión de datos descentralizados avanzadas y compartidas y compatibilidad con plataformas digitales europeas e internacionales

El Battery passport y sus Principales Retos en la Economía Circular

La adopción de prácticas de economía circular es esencial para abordar los riesgos asociados con las materias primas críticas utilizadas en la producción de las baterías y garantizar la resiliencia de la cadena de suministro. Esto se convierte en un requisito fundamental en un mundo cada vez más centrado en la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Para esto, la implementación de tecnologías de seguimiento y trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro puede ayudar a monitorizar el flujo de materias primas y productos, facilitando la adopción de prácticas de economía circular

En el marco de la regulación de la Unión Europea (UE) para el diseño ecológico de productos sostenibles, se ha destacado la necesidad de un ["Digital Product Passport" \(DPP\)](#) como parte integral de esta visión- El DPP se presenta como una herramienta que recopilará, organizará y almacenará información de productos de manera eficiente y segura. Esto, a su vez, promoverá la circularidad, la sostenibilidad y el cumplimiento legal en la gestión de productos.

Uno de los desafíos más significativos radica en la implementación de estándares globales para el DPP, asegurando que sea una plataforma universalmente accesible y efectiva. La regulación de la UE sobre baterías, específicamente el *"battery passport"* según el Artículo 65 y el Anexo XIII, establece un conjunto integral de información que debe estar disponible en esta herramienta. Un aspecto crucial es que todos los actores en la cadena de valor de las baterías deben participar en estas prácticas, lo que potencialmente implica la reconfiguración de modelos de negocio en la industria.

En el contexto de la economía circular, el reciclaje y el segundo uso de las baterías de vehículos eléctricos son estrategias clave para extender su vida útil y reducir su impacto ambiental. El *"battery passport"* desempeña un papel fundamental al proporcionar información esencial sobre cada batería al final de su vida útil, facilitando así la implementación de estas estrategias. Existen diversas iniciativas de *battery passport*, como el proyecto ["Battery Pass"](#) promovido por el gobierno alemán, el proyecto europeo [CIRPASS](#) y el proyecto ["ReSource"](#) de la Global Battery Alliance . Estas iniciativas demuestran la creciente conciencia y compromiso internacional en este campo.

Sin embargo, uno de los principales retos que enfrenta el *"battery passport"* es la prueba de su flexibilidad y resiliencia, asegurando su armonización en los países miembros de la UE, incluida España, y su alineación con otras iniciativas internacionales similares. Además, el *"battery passport"* no se limita a la identificación de las baterías, sino que también proporciona contextualización en términos de estándares, lo que puede facilitar un proceso de certificación si es necesario. Esto implica desafíos relacionados con la definición y cumplimiento de estos estándares. Finalmente, otro gran obstáculo se refiere al intercambio y la propiedad de datos, ya que la gestión de la información en el *"battery passport"* plantea cuestiones cruciales en términos de quién posee y controla los datos relacionados con las baterías y cómo se compartirán entre los diversos actores involucrados.

Para superar todos estos retos es necesario aportar y desarrollar soluciones tecnológicas capaces de gestión avanzadas de datos descentralizados y compartidos abordando cuestiones de propiedad y acceso a datos, garantizando la confidencialidad y la integridad de la información.

En resumen, el *"battery passport"* es una herramienta esencial en la transición hacia una economía circular y sostenible, pero enfrenta una serie de desafíos significativos relacionados con estándares globales, participación de la industria, armonización internacional, certificación, y gestión de datos. Su éxito dependerá en gran medida de cómo se aborden y resuelvan estos retos en los próximos años.

Baterías híbridas xHEV

Todos los conceptos indicados anteriormente para las baterías EV, son válidos también en el desarrollo de las baterías híbridas xHEV:

- Desarrollo de nuevas químicas (NMC, LFP, o mezcla de ambas – NMC/LFP), que nos pueden aportar una mejor:
 - Potencia
 - Capacidad
 - Reciclabilidad
- Reducción del Carbon full print, realizando la fabricación de las baterías y sus componentes en España o regiones próximas
- Thermal runaway: simulación, ensayos para aumentar la detección del fenómeno y la alerta al pasajero en el interior del vehículo (humos, incendios, explosión)

Estanqueidad baterías: protección completa contra el polvo / 1 metro de inmersión en agua durante 30 minutos (IP67): no es el caso en la mayoría de las baterías actuales.

3.3 Sistemas de generación de energía eléctrica embarcada con H2

Los sistemas de propulsión que emplean una pila de combustible como unidad de conversión de energía de vectores de energía química renovable en energía eléctrica, es una solución para viajar largas distancias (mayor autonomía) y ofrecer una propulsión eléctrica sin emisiones contaminantes de escape.

El vehículo de pila de combustible (FCEV) es una posible opción de sistema de propulsión para vehículos heavy-duty principalmente (camiones, autobuses, etc.) y, en ciertos casos, también para vehículos light-duty.

Los desafíos actuales son los costes y la infraestructura de abastecimiento de combustible; además de los límites operativos de la pila de combustible. Esto último implica que sea importante considerar la gestión de energía del sistema, el dimensionamiento adecuado de los sistemas de pilas de combustible, el almacenamiento de energía y los componentes del sistema de propulsión, especialmente el tamaño de la batería en comparación con el tamaño de la pila de combustible. Además, para aumentar la vida útil del sistema, se debe trabajar sobre la potencia de operación, el rendimiento y la degradación de la pila de combustible causada por problemas térmicos.

El reto de reducir los costes se basa en una combinación de mayor volumen de producción y desarrollo tecnológico para mejorar las técnicas de producción y automatización, reducir los costes de material por unidad de producción (en concreto, los costes de los metales preciosos utilizados como catalizadores en las pilas de combustible y la fibra de carbono en los depósitos) y mejorar los diseños a nivel de pila (por ejemplo, las capas de catalizador) y de componentes del sistema BoP (por ejemplo, el suministro de aire).

La implantación a nivel nacional de vehículos de pila de combustible implica fijar una serie de objetivos estratégicos para la industria española de gran potencial e interés, como son:

- Fomentar el desarrollo de las empresas nacionales de componentes y auxiliares del sector de automoción con capacidades tecnológicas que puedan ser evolucionadas

a la ingeniería y fabricación de sistemas de pilas de combustible, tanques de almacenamiento, etc., para romper la dependencia tecnológica del exterior que nos coloca en situación de desventaja competitiva, poder surtir la demanda nacional y convertirse en exportadores de tecnología.

- Incentivar la I+D+i en nuevas tecnologías de pila de combustible más eficientes en coste por kW, libres de catalizadores con metales preciosos. Aprovechamiento de las capacidades existentes en Centros Tecnológicos Nacionales para la generación y transferencia de conocimiento.
- Impulsar el despliegue de la red de hidrogeneras e hidrolíneas (HRS) necesarias para cumplir con la AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation) para una distancia máxima de 200km tanto en red básica como en TEN-T y con capacidad mínima de 1 t/día y equipadas al menos con un dispensador de 700 bares.
- Potenciar de manera urgente el despliegue de la infraestructura de hidrógeno para lograr un efecto tractor de su uso y resolver el problema huevo-gallina que impide su desarrollo. Trabajar en la red de distribución del hidrógeno.
- Promover proyectos piloto de vehículo demostradores para divulgar su conocimiento por el público general y lograr mayor adopción de la tecnología.
- Trabajar en el desarrollo de cadenas híbridas de tracción del vehículo eléctrico de pila de combustible optimizadas para diferentes casos de uso (vehículo utilitario, industriales, heavy duty, etc.), ocupando los casos de movilidad eléctrica no cubiertos con los vehículos eléctricos de baterías.
- Diseñar planes de formación en tecnologías del hidrógeno para técnicos del sector de la automoción.
- Fomentar la elaboración de planes estratégicos en empresas de fabricación de componentes que incluya la introducción de productos para el vehículo de pila de combustible.
- Favorecer la aceptación social de estos vehículos de pila de combustible mediante campañas divulgativas.
- La consecución de estos objetivos implica además la superación de una serie de retos tecnológicos:

Reto tecnológico	Tecnología habilitadora
Pilas de combustible de mayor fiabilidad y ciclo de vida	I+D+i en tecnología electroquímica de las pilas de combustible. Sistemas de control de estado de salud de la pila de combustible.
Sistema de pilas de combustible de menor coste	Tecnologías de fabricación automatizadas, introducir digitalización. Estandarización.
Aumento de la eficiencia del sistema de pila de combustible	I+D+i en la gestión térmica de los dispositivos. Hibridación de sistemas.
Mejoras de los componentes del balance de planta, disminuyendo su coste	Desarrollo de la industria de fabricación de componentes. Estandarización
Mejora de los sistemas de almacenamiento de H2 a bordo	Desarrollo de nuevos materiales más ligeros y resistentes para los depósitos a presión. Desarrollo de tecnologías innovadoras de almacenamiento.

Mejorar el ACV de los sistemas de pilas de combustible	Disminuir la presencia de materiales críticos. Reciclaje de materiales de los stack de pilas de combustible, así como de los depósitos de almacenamiento.
Sistemas de pilas de combustible seguros	Integración de sistemas de monitorización continua de estado estructural de los depósitos, detección de fugas.
Aumento de las aplicaciones de uso de las pilas de combustible	Integración de pilas de combustibles en diferentes tipologías de vehículo, empleo como rango extender, empleo como APU, empleo para generación de energía auxiliar
Correcto mantenimiento y reparación de vehículos de pila de combustible	Formación de técnicos especialistas en sistemas de pilas de combustible.

3.4. Red eléctrica y estaciones de intercambio de baterías

El **desarrollo en el país de la infraestructura de carga** necesaria para el despliegue definitivo del Vehículo Eléctrico es por un lado imprescindible para conseguir la confianza de los usuarios de VE ante la llamada “ansiedad de autonomía”, y por otro una oportunidad de desarrollar una tecnología nacional y un ecosistema de empresas innovadoras y centros tecnológicos-Universidades que pueda competir en el mercado internacional en diseño, desarrollo, homologación y fabricación de cargadores de vehículo eléctrico Off-board en diversas potencias y capacidades.

Los fabricantes de automóviles (OEM) están entrando en la comercialización de cargadores Off-board con sus propias marcas, pero no están aprovechando el ecosistema de proveedores Tier 1 y Tier 2 existente para el vehículo de combustión.

La **tecnología V2G (Vehicle to Grid)**, permite incluso convertir toda la flota de vehículos que disponga de esta capacidad en un nuevo vector de acumulación de energía cuando la generación de energía en la red proviene de fuentes renovables.

El despliegue de este tipo de vehículos (muchos actuales ya lo permiten) junto con el despliegue de cargadores off board V2G con protocolo estándar unificado de comunicación OCCP permitiría una mayor capacidad a nivel de país para poder aprovechar la energía que actualmente se está generando con fuentes renovables poder verterla a la red cuando fuera necesario, compensando a los usuarios y permitiendo que a nivel global si son muchos los vehículos conectados que se deje de ser necesario emplear fuentes de generación de energía más contaminante.

Puede suponer hasta un refuerzo de la infraestructura de la red eléctrica, aportando en caso necesario energía en puntas de consumo de forma descentralizada.

Los cargadores V2G también constituyen un potencial de competitividad para las industrias, porque permite en los cargadores que se instalen en ellas que pueda a su vez compensar energía reactiva (incluso sin vehículo conectado), y realizar el llamado “Peak Saving” (reducir la potencia

contratada y compensar los picos que la superen empleando la energía almacenada en las baterías de la flota de vehículos eléctricos de las empresas conectados.)

En cuanto a la **carga estática por inducción** de vehículos eléctricos (carga de oportunidad): supone un reto tecnológico del que ya existen demostradores desde hace años y de que la industria de proveedores del automóvil tiene que estar al corriente.

En lo referente a la **carga dinámica por inducción** de vehículos eléctricos (carga en movimiento): Existen ya demostradores en Europa, y fabricantes como Stellantis tienen ya circuitos de prueba en Italia.

La influencia del Vehículo Eléctrico para la Red Eléctrica y el despliegue de **estaciones de intercambio de baterías** para la nueva movilidad eléctrica supone una oportunidad para todo el ecosistema de proveedores de las OEM para poder diversificar sus productos, y no depender de unas marcas determinadas como sus principales clientes.

Los estándares europeos CCS de carga rápida de VE en corriente continua conductivo y el nuevo estándar para inducción constituyen una oportunidad para que tanto las empresas como los centros proveedores de conocimiento puedan desarrollar nuevos productos que sirvan para la carga de cualquier vehículo fabricado o diseñado con el estándar europeo.

Hasta que se desarrollen las baterías económicas de gran autonomía, el intercambio de baterías mediante estaciones de carga de motos eléctricas e incluso coches permite un cambio ágil y rápido para aumentar la autonomía.

En cuanto a instalación de estaciones de intercambio de baterías:

- Iniciativas de estandarización de baterías (interoperables entre diferentes marcas): SBMC.
- Regulación técnica específica para instalación de racks de intercambio de baterías.
- Consideración de racks de intercambio de baterías en los cupos de obligatoriedad de instalación.
- Inclusión de los racks de intercambio de baterías como puntos de infraestructura de recarga subvencionables en las líneas de ayuda y planes de incentivo destinados a fomentar el despliegue de infraestructura de recarga.
- Concepto “Battery as a Service”. Apoyo a nivel nacional, autonómico y local a la implementación de proyectos piloto para integración de sistemas de intercambio de batería.

4 Impactos esperados

Impacto en el empleo

Según CLEPA se prevé que 501.000 empleos de la industria auxiliar europea relacionados con la producción de componentes para motores de combustión interna serán redundantes si esta tecnología se elimina progresivamente de aquí a 2035. Y de este medio millón de puestos de trabajo, el 70%, unos 359.000 empleos, se podrían perder en tan sólo 5 años, de 2030 a 2035. A cambio, se esperan crear 226.000 nuevos empleos en la producción de cadenas cinemáticas para vehículos eléctricos. Esto no es suficiente para contrarrestar las pérdidas de empleo, con

una pérdida neta de 275.000 puestos de trabajo para 2040. Es decir, un 43% menos de puestos de trabajo.

En España las oportunidades de creación de empleo vendrán condicionadas a la creación de nuevas plantas de producción y a la localización de funciones de I+D, diseño y desarrollo de soluciones eléctricas y electrónicas.

También será necesario proponer planes de transformación para aquellos puestos de trabajo dependientes del motor de combustión.

Impacto en la competitividad y la sostenibilidad

La capacidad de generación de energía de origen renovable en territorio nacional se puede convertir en un factor competitivo y sostenible diferenciador de las fábricas españolas respecto a otros países de nuestro entorno.

Oportunidad a nivel nacional en el sector de vehículos de categoría L:

Fábricas a nivel nacional

Mejora de la competitividad de las empresas de automoción estatales mediante la mejora de sus capacidades, favoreciendo su resiliencia a largo plazo.

Impulso a la cadena de valor ampliada, fomentando la adquisición de maquinaria, ingeniería y servicios de empresas nacionales.

Impacto social

Democratización del acceso al vehículo eléctrico (transición justa)

Impulso a la recualificación del personal empleado en fabricación o montaje de vehículo de combustión.

Inversión en la formación de los profesionales requeridos en ámbitos vinculados a las tecnologías habilitadoras, en ámbitos ligados a la electrónica, electricidad, química y la programación, entre otros.

Impacto medioambiental

Renovación del parque móvil, especialmente en núcleos urbanos. Para ello será necesario mantener incentivos a la compra.

Reducción del impacto medioambiental de la industria española, mediante adaptación de procesos circulares en el diseño, fabricación y tratamiento de final de vida de los componentes.

Impacto en el potencial de innovación e investigación español

- Atracción de talento cualificado y centros de desarrollo e investigación.
- Impulso a la I+D en áreas transversales apalancables a otros sectores de movilidad y/o energéticos.

Fuentes de información (no exhaustivo)

- [EUCAR Strategic Vision for Sustainable Propulsion - EUCAR](#)
- [ERTRAC-Fuels-Powertrains-Research-Needs-Mapping-Final-Version-December2022.pdf](#)
- [2Zero-SRIA-webversion-2022.pdf \(2zeroemission.eu\)](#)
- [Roadmap - Battery 2030+](#)

- https://batterieseurope.eu/wp-content/uploads/2022/09/batteries_europe_strategic_research_agenda_december_2020_1_0-3.pdf
- [Clean Hydrogen JU SRIA - approved by GB - clean for publication \(ID 13246486\).pdf \(europa.eu\)](#)
- <https://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2021/11/20201027-SRIA-CHE-final-draft.pdf>
- [BATT4EU-SRIA](#)
<https://clepa.eu/mediaroom/an-electric-vehicle-only-approach-would-lead-to-the-loss-of-half-a-million-jobs-in-the-eu-study-finds/>

GT2. SISTEMAS DE PROPULSIÓN CON COMBUSTIBLES NEUTROS EN CARBONO Y VEHÍCULOS HÍBRIDOS

1. Factores que afectan a los sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono y vehículos híbridos. Tendencias 2030

La industria española de automoción tiene una fuerte relevancia económica y social para España, así como un elevado efecto tractor sobre el resto de las industrias y sectores. Representa el 10% del PIB y casi 2 millones de puestos de trabajo en total están ligados al sector. Exporta más del 80% de su producción, llega a facturar un 2% en I+D+i y aporta un 15% de la recaudación fiscal.

Durante la última década, el sector automoción, un sector tradicionalmente muy exigente y competitivo, ha estado inmerso en un profundo cambio que deriva de la evolución de las tendencias sociales y legales promovidas por la necesidad de frenar el cambio climático y reducir el impacto ambiental del sector transporte.

Esta transformación del sector hacia la búsqueda y apuesta por el desarrollo de tecnologías menos contaminantes, supuso un aumento en la presión y competitividad del sector, que ha sido incrementado durante los últimos años por, primeramente, la crisis de la Covid-19 y, seguidamente, por las crisis de chips y semiconductores y la Guerra de Ucrania.

Adicional a lo anterior, durante los últimos cinco años, la Unión Europea ha promovido un cambio industrial y social hacia una tecnología cero emisiones, la movilidad eléctrica, incluyendo también, desde hace un año, tecnologías de hidrógeno.

Pese a este contexto tan inestable, durante los últimos tres años el sector automoción se ha volcado en la transformación hacia este nuevo concepto de movilidad, convirtiendo este nuevo concepto en una prioridad y destinando gran parte de sus recursos a estas nuevas líneas de investigación: *nuevas plataformas de movilidad y el vehículo conectado, vehículos compartidos, conducción autónoma, y micromovilidad personal.*

Así, los factores y tendencias que afectan a los sistemas de propulsión alternativos y vehículo híbrido son:

1. Contexto político y normativo: acelerado y confuso
2. Empresas operadoras y vehículo individual. Movilidad de bajas emisiones para todos
3. Dependencia de mercados extranjeros
4. Infraestructuras de repostaje asociadas

Políticas de movilidad: cambios acelerados, y confusos

Desde que, en 2014, el Gobierno de España elaborase la Estrategia de Impulso del Vehículo con Energías Alternativas (VEA) para incentivar la compra de vehículos más sostenibles, que empleaban tecnologías de reducción de emisiones (como el add-blue) o funcionasen con tecnologías híbridas, eléctricas o de gas, hasta nuestros días, estos incentivos han ido variando.

El compromiso adquirido con Europa implicaba la reducción del envejecimiento del parque móvil para reducir las emisiones de CO₂ a través de ayudas que promovían la adquisición de vehículos nuevos que cumplieran la normativa de emisiones vigente. Cuatro años después de la publicación de la Estrategia, la aceptación de este tipo de ayudas fue mucho menor a lo esperado (74.5 M€ en comparación con los 1.000M€ otorgados en Alemania)

Si bien previo a la crisis sanitaria provocada por el coronavirus ya existía cierta preferencia política hacia el vehículo eléctrico, esta se vio mucho más marcada tras esta crisis sanitaria. Con la ralentización general de la vida cotidiana y empresarial, y la necesidad de reinversión de la industria surgieron nuevas oportunidades y políticas que impulsaban la descarbonización del sector, centrando las líneas de acción en el desarrollo del vehículo eléctrico y todo su entorno (baterías, cargadores, infraestructura de recarga, generación eléctrica, etc.), así como el impulso de tecnologías conexas que ya habían iniciado las empresas, como la conectividad, inteligencia artificial aplicada, vehículo autónomo, etc.

Esta tendencia se ha visto reflejada en todos los Acuerdos, Planes y Programas procedentes de la Unión Europea, como el acuerdo para prohibir la venta de vehículos de combustión a partir de 2035. Si bien, con las muestras de desacuerdo de algunos de los principales países de la Unión, las últimas publicaciones manifiestan la apertura de mercado a otras tecnologías basadas en e-fuels o combustibles de origen renovable y combustibles sintéticos como el hidrógeno.

En este sentido, el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) expuso que la línea de trabajo seguida es hacia alcanzar una movilidad limpia, segura, digitalizada, adaptada y accesible a todos los colectivos y, además, en el entorno urbano, vertebrada por el transporte público. Este Ministerio está trabajando en el desarrollo de un marco regulatorio entorno a la distribución de los Fondos Next Generation, una oportunidad económica inigualable que permitirá transformar la economía y movilidad española

De todo lo anterior, puede extraerse que, durante la última década, las políticas sectoriales han seguido una tendencia clara hacia una movilidad descarbonizada, eficiente, inteligente, conectada y tecnológicamente neutral; si bien, la necesidad de desarrollo tecnológico y de expansión de infraestructuras genera desconcierto general y, con ello, una ralentización de la penetración de estas tecnologías alternativas en el parque móvil nacional.

Empresas operadoras y vehículo individual. Movilidad de bajas emisiones para todos

Cada vez más, empresas e individuos, están concienciados con la necesidad de reducir el impacto ambiental de su actividad; una muestra de ello son los datos publicados por las asociaciones del sector, que muestran un incremento de la adquisición de vehículos que incorporan tecnologías híbridas y eléctricas, así como, todas las declaraciones realizadas por las Direcciones Generales y de Comunicaciones de grandes fabricantes de vehículos

como Volvo, Renault o Nissan, que coinciden en que se está produciendo un cambio en la movilidad que les está impulsado a proponerse ambiciosos objetivos de descarbonización de su catálogo de productos.

Aunque este impulso de nueva movilidad resulta satisfactorio, la paulatina desaparición de algunas tecnologías de las ayudas públicas a conceder para la adquisición de vehículos o la primera prohibición de venta de motores de combustión en 2035 y la posterior inclusión de los biocombustibles y combustibles sintéticos, está generando desconcierto en la sociedad, especialmente en lo que al transporte de mercancías y pasajeros se refiere.

Aunque los últimos datos publicados no hacen referencia al transporte de vehículo pesado, es precisamente este segmento del transporte el más señalado como emisor de contaminantes. Dado que el transporte por carretera es uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero (GEI) en la Unión Europea, y que la tecnología de propulsión eléctrica no está lo suficientemente desarrollada, en especial en determinados nichos de mercado, como son los vehículos pesados, es necesario diversificar el uso de distintas tecnologías existentes y pasar de los combustibles fósiles y derivados del petróleo a combustibles renovables neutros en carbono. Estos pueden ser líquidos, como los biocombustibles o los combustibles sintéticos basados en hidrógeno en vehículos de combustión interna (ICEV por sus siglas en inglés); biometano, biopropano o hidrógeno en vehículos de combustión de gas, electricidad en vehículos eléctricos de batería (BEV) o hidrógeno en vehículos de pila de combustible.

Las empresas operadoras del sector, están demandando soluciones bajas en carbono con las que impulsar la descarbonización, mejorar su huella de carbono y poder acceder a zonas de bajas emisiones, si bien, la tecnología existente puede resultar poco adecuada a la actividad empresarial o suponer una inversión elevada.

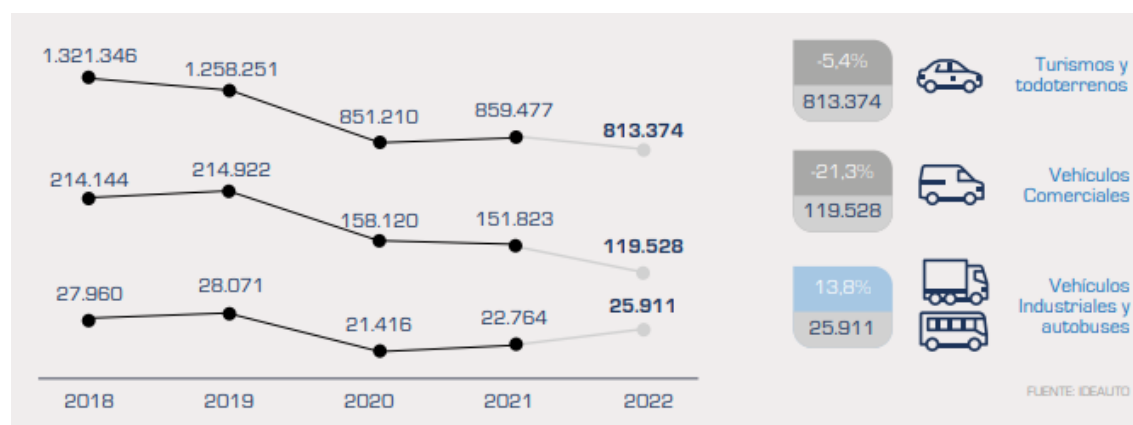
Dependencia de mercados extranjeros

España es uno de los países europeos con mayor coste energético; con un precio de la electricidad tan alto, las empresas han optado, casi tradicionalmente, por externalizar parte de su proceso productivo en países con mano de obra y la energía más barata para optimizar costes, adquiriendo materias primas específicas y equipos o productos intermedios de bajo valor (como chips).

Ya con la declaración de pandemia provocada por la Covid-19, se puso en evidencia esta dependencia con los productos sanitarios de primera necesidad, que dejaron al sistema sanitario sin equipos de protección individual (batas o mascarillas, por ejemplo) y otros equipos como respiraderos que obligaron al Gobierno a comprarlos a países asiáticos a un elevado precio pero que también impulsaron la solidaridad y la capacidad de adaptación y resiliencia de las empresas españolas, las cuales pararon sus producciones y las adaptaron a la fabricación de este tipo de productos.

Esta dependencia quedó, de nuevo, patente con la notoria falta de chips y semiconductores que frenó la industria nacional y ralentizó la recuperación económica arrastrada tras la crisis sanitaria.

Esta falta de microchips supuso la ralentización de la producción industrial general, tanto del sector del equipamiento informático y de telefonía, automoción, aeronáutico, etc. En el sector automoción en concreto, aunque inicialmente solo resultaba en un retraso en la entrega de vehículos, finalmente supuso que algunas plantas de fabricación tuvieran que llegar a parar la producción por falta de materia prima; este hecho ha envejecido el parque móvil ya que tanto empresas como particulares han optado por vehículos de segunda mano.



Evolución de matriculaciones por tipo de vehículo (Fuente: Informa anual ANFAC 2022)

Este contexto global generó una ralentización de la recuperación y crecimiento económico nacional y europeo, poniendo en relevancia la necesidad de que Europa aumente y diversifique su industria tecnológica; un cambio cultural y de tendencia que la Unión Europea ha abordado con la creación de líneas de inversión especializadas. En este sentido, España, por ejemplo, publicó un PERTE de semiconductores y se están promocionando nuevas industrias entorno a la nueva movilidad y su cadena de valor.

Infraestructura de repostaje asociada

Una de las principales barreras que se han encontrado todas las nuevas tecnologías a lo largo de la historia de la movilidad ha sido la infraestructura de transporte.

Ya con la entrada de las tecnologías bajas en carbono como el gas natural, el autogas y el eléctrico en 2014, todas las estrategias nacionales se centraban, además de en la expansión de la propia tecnología, en la realización de grandes inversiones para aumentar la infraestructura de repostaje o recarga que pudieran dar respuesta a la demanda esperada.

La UE también desarrolló en 2014 una normativa que fija los requisitos mínimos de implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, que se concretan en un **Marco de Acción Nacional (MAN) de Energías Alternativas en el Transporte**. Los requerimientos en cuanto al suministro se resumen en el transporte por carretera son:

- Gas natural comprimido (GNC): en 2020 en aglomeraciones urbanas, y en 2025 cada 150 km en la red básica de la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T).
- Gas natural licuado (GNL): en 2025 cada 400 km en la red básica de la RTE-T.
- Electricidad: en 2020 en aglomeraciones urbanas, y en 2025 en la red básica de la RTE-T.

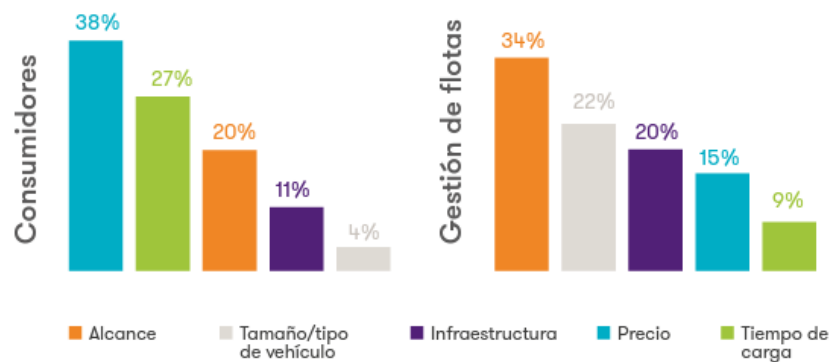
- Hidrógeno (opcional): evaluar la necesidad de puntos de repostaje en 2025 para garantizar la circulación, incluyendo enlaces transfronterizos.

Este marco de acción fue revisado 5 años después, en 2019, y entre las acciones del **Fit for 55** de 2021 se incluyó una revisión que se elevaría a Regulación reforzando los objetivos en línea con el Pacto Verde Europeo, objetivos que han vuelto a ser revisados en 2022 y 2023.

Aunque la tendencia es creciente, y pese a los esfuerzos de la administración por promover tecnologías alternativas, la lenta expansión de la infraestructura de recarga y repostaje han frenado las ventas de tecnologías innovadoras bajas en carbono; la sociedad sigue prefiriendo utilizar tecnologías tradicionales con métodos de reducción de emisiones (como vehículos diésel con addblue) pero con una red de suministro de combustible muy expandida a que la reducción de emisiones suponga cambios en sus hábitos por emplear una tecnología con una escasa red de suministro, un hecho .

En este sentido, las tecnologías alternativas como el empleo de biocombustibles que permiten alcanzar unas emisiones netas cero, y de combustibles sintéticos con bajo contenido en carbono, son una solución de disponibilidad inmediata. Sus similitudes con los combustibles tradicionales permiten una rápida expansión de su infraestructura de recarga (pueden emplear la ya existente) sin suponer cambios en los hábitos de consumo.

Principales preocupaciones a la hora de adquirir un vehículo eléctrico



Fuente: Castrol

2. Visión y objetivos

Los principales objetivos que se plantean, derivados del despliegue de la presente Agenda de Prioridades Estratégicas en el área de sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono y vehículos híbridos, son los siguientes:

Promover un mix energético para el parque móvil, que abarque todas las necesidades de los distintos segmentos que lo conforman

Con las sucesivas crisis que se han vivido durante los últimos años, ha quedado más patente que nunca, que el sector automoción debe ser integrador de tecnologías dotando de

adaptabilidad y resiliencia a la industria nacional. Esto solo es posible a través de un equilibrio y una evolución tecnológica y política paralela que permita dar solución a toda la población, particular y empresarial.

Se debe apostar por un mix energético, con un enfoque tecnológicamente neutral, que aproveche las ventajas de las tecnologías bajas o neutras en carbono ya existentes (e-fuels o biocombustibles), y que dan respuesta a un segmento de mercado mucho más amplio que aquellas que aún están en desarrollo, como el hidrógeno y la tecnología eléctrica. De esta forma, los operadores, empresariales y particulares, con independencia del segmento de mercado de ocupen, podrán optar ya por una solución adecuada sus necesidades particulares y que sea medioambientalmente respetuosa.

Este mix energético permitiría seguir aumentando la infraestructura de recarga de vehículo eléctrico y dar tiempo a la multitud de proyectos de vehículo eléctrico y de hidrógeno (y toda su tecnología asociada) que se están llevando a cabo a terminar y poder ser puestos en mercado, a la vez que, por ejemplo, las empresas con flotas de vehículos comerciales y vehículos pesados van reduciendo su huella de carbono optando por tecnologías basadas en biocombustibles que pueden aprovechar la infraestructura de repostaje ya existente en nuestro país.

Un mix energético facilitará, no solo que cada operador, particular o empresa, elija su tecnología más acorde a sus necesidades, sino también dar tiempo a las nuevas tecnologías a alcanzar un nivel de desarrollo tal que puedan ser implantadas en cualquier segmento del transporte, con independencia del peso, distancias a recorrer, etc.

Contribución a una sostenibilidad económica, medioambiental y social real inmediata del sector automoción

Toda industria debe luchar por desarrollar una actividad sostenible a nivel económico, medioambiental y social, y debe trabajar por abarcar toda la casuística presente en su sector garantizando una evolución resiliente.

El Marco 2030 de Energía y Clima y el Objetivo 55 (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a 2030 de, al menos, un 55% respecto a los niveles de 1990) indican que para alcanzar los objetivos planteados es necesario proporcionar un marco coherente y equilibrado para alcanzar los objetivos climáticos de la UE que garantice una transición equitativa y socialmente justa; mantenga y refuerce la innovación y la competitividad de la industria de la UE garantizando al mismo tiempo unas condiciones de competencia equitativas con respecto a los operadores económicos de terceros países; y sustente la posición de liderazgo de la UE en la lucha mundial contra el cambio climático.

Si se aplica este principio al sector automoción queda patente que no pueden dirigirse todos los esfuerzos a una única tecnología ni a un único segmento del transporte; **se debe apostar por la neutralidad tecnológica** que ofrezca un amplio abanico de soluciones para que todos los agentes implicados puedan reducir su huella de carbono. Es por ello que los sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono, como los biocombustibles de segunda generación y los combustibles sintéticos, cobran especial importancia.

El mercado de la tecnología eléctrica o de hidrógeno, muy potenciadas durante los tres últimos años, no están lo suficientemente desarrolladas como para poder ser incluidas en la movilidad pesada, por ejemplo, o son demasiado costosas para pequeñas empresas o particulares o tienen aún un bajo nivel de despliegue de infraestructura de recarga; sin embargo, existen tecnologías con una huella de carbono neutra, desde el punto de vista del ‘pozo a la rueda’ que pueden contribuir no solo a la descarbonización paulatina de este tipo de vehículos más pesados y a la mejora de la calidad del aire, sino también a su sostenibilidad económica.

En cuanto a la sostenibilidad ambiental, y pese a que la regulación actual solo considera los gases de efecto invernadero emitidos desde el foco (tubo de escape) obviando etapas como la producción o la energía operativa, el uso de biocombustibles o combustibles neutros en carbono son especialmente interesantes cuando se aborda el ciclo de vida WTW (*Well to Wheel*, o del pozo a la rueda), y es que no solo reducen las emisiones de un sector altamente dependiente de combustibles fósiles (transporte, especialmente el transporte pesado), sino que también suponen una expansión más sencilla y económica que reutiliza los residuos, potenciando la economía circular.

Impulsar el desarrollo tecnológico y su integración a nivel legal, social, económico e industrial.

Aunque los sistemas propulsivos híbridos y neutros en carbono son tecnologías relativamente maduras aún tienen mucho camino por recorrer para alcanzar el grado de desarrollo tecnológico de los motores de combustión interna tradicionales.

Con el surgimiento de la aplicación de los biocombustibles en la movilidad urbana, así como con el desarrollo de nuevos combustibles sintéticos, los fabricantes del sector deben estudiar los medios mecánicos o electrónicos para la mejora del rendimiento de sus productos que garantice las emisiones neutras.

Además, con el auge de conceptos como la reciclabilidad y el ecodiseño (práctica que busca reducir el impacto ambiental de los productos a lo largo de su ciclo de vida, desde su diseño hasta su eliminación), la industria de la automoción está ya haciendo un gran esfuerzo en integrar estos conceptos en sus productos, con componentes complejos y de dimensiones críticas, buscando así mantener su competitividad y su posicionamiento.



Beneficios del ecodiseño

En cuanto a los combustibles con nuevas composiciones y propiedades es necesario impulsar el estudio de su producción almacenamiento y transporte.

En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima reconoce que los biocombustibles constituyen la tecnología renovable más ampliamente disponible a corto plazo y con un gran potencial uso en el transporte, especialmente en sectores como el de los vehículos pesados y el de la aviación, donde la electrificación presenta dificultades actualmente. Por su parte, la Ley de Cambio Climático y Transición Energética contiene un artículo dedicado a los combustibles alternativos sostenibles en el transporte, con especial énfasis en biocombustibles avanzados y otros de origen no biológico.

En España existen entidades que trabajan en el desarrollo de motores y otros componentes de última generación que permitan aumentar el porcentaje de uso de estos biocombustibles, como bioautogás (biopropano) en el parque móvil nacional.

Aunque los biocombustibles son relativamente nuevos, sus similitudes con combustibles de origen fósil simplifican mucho algunos estudios, si bien es necesario continuar los estudios entorno a su producción, legalización y certificación del origen, que ofrezcan esa seguridad a las empresas del grado de descarbonización por el que están apostando.

Por su parte, los nuevos combustibles sintéticos como el hidrógeno están aún en fases muy preliminares de desarrollo y explotación; si bien con la publicación de las últimas normas y

ayudas públicas ya se están ejecutando multitud de proyectos para soslayar los inconvenientes y barreras actualmente existentes en torno a este combustible.

Por otro lado, para garantizar la rápida adopción de los combustibles renovables neutros en carbono es importante hacer constar tanto a la industria como a los consumidores que el uso de los mismos se verá respaldado a largo plazo por una legislación y políticas coherentes. De forma que solo se logrará la extensión de su utilización si las medidas legislativas e incentivos son coherentes con los objetivos de penetración de los biocombustibles en el transporte. Por ejemplo, la propuesta de Reglamento sobre los límites de CO₂ para vehículos pesados ha de ser revisada para incentivar el uso de los combustibles renovables, de forma que se mida desde el punto de vista ‘del pozo a la rueda’ en lugar de en el tubo de escape, que favorece claramente a los vehículos eléctricos sin tener en cuenta los beneficios medioambientales de todo el ciclo de vida de los combustibles renovables ni la aportación de los mismos al parque de vehículos existente.

Es necesario que la Administración pública cree un sistema de certificación de origen para estos combustibles, así como potencien la implantación de tecnologías con *e-fuel* en nuevos vehículos o vehículos usados mediante retrofit, que contribuya y empuje a descarbonizar el sector automoción.

Esta falta de normativa, este empuje unidireccional hacia la tecnología eléctrica no se está realizando en paralelo a la evolución tecnológica ni industrial; las grandes empresas fabricantes están realizando importantes inversiones hacia esa electrificación que dejarán a las empresas pequeñas que tradicionalmente han trabajado con sistemas de combustión interna, sin opción de supervivencia, además de una pérdida de empleo por la tendencia a la automatización y a la fabricación de precisión, así como a que no existen programas dirigidos a la recualificación de personal.

Este marco regulatorio sólido y el impulso adecuado desde las administraciones públicas permitiría a las tecnologías eléctrica y del hidrógeno a desarrollarse en mejor medida, a abordar las barreras de penetración en mercado como la producción o la infraestructura de recarga o repostaje.

Especialización y atracción de talento

La nueva movilidad, una movilidad más conectada, segura, inteligente y medioambientalmente respetuosa, está impulsando cambios en hábitos y productos, pero también cambios en procesos fabriles, cada vez más automatizados.

Este nuevo contexto, más tecnificado, tiene que venir acompañado de una recualificación de los trabajadores del sector; es decir, es necesario redefinir o actualizar los programas formativos que hasta ahora formaban a los trabajadores sector, así como crear otras nuevas líneas formativas más específicas que exploten los conocimientos adquiridos desde 2014, año en el que comenzó el verdadero impulso de la nueva movilidad con la promoción de combustibles alternativos, y que permitan responder a las nuevas necesidades del sector automovilístico industrial nacional.

Se exponen a continuación algunas de las carencias detectadas:

- Faltan perfiles especializados en la electrónica de control de vehículos que utilizan energías alternativas (híbridas, eléctricas, GLP, GNC, hidrógeno ...)
- Faltan mecánicos cualificados en vehículo industrial y con conocimientos prácticos de las tecnologías alternativas
- No existen formaciones específicas para el uso del hidrógeno en automoción, las existentes son muy genéricas y (algunas) orientadas a las *fuel cell*
- La formación dual electromecánica o multidisciplinar está muy poco desarrollada e implantada

Desarrollar cadenas de valor nacionales completas

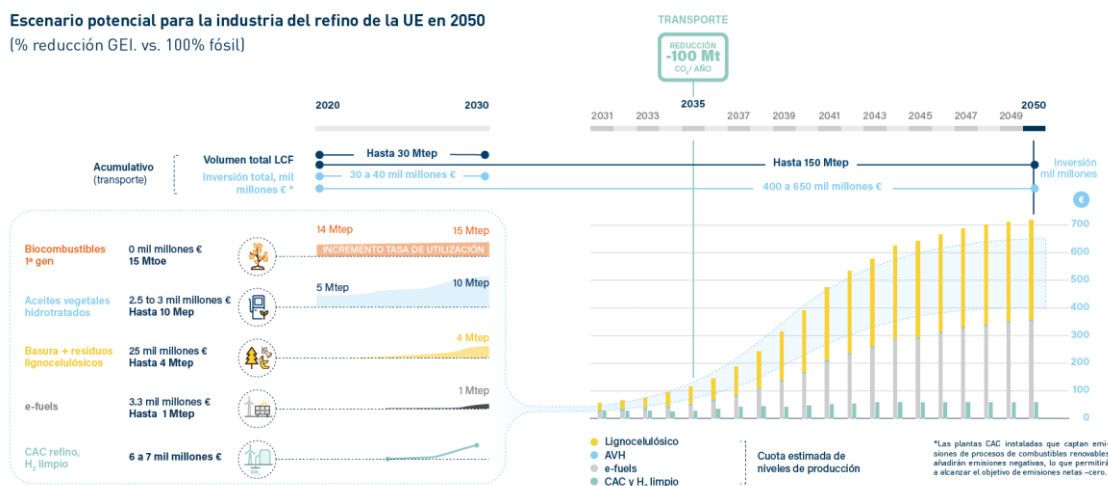
El desarrollo de sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono e híbridos requiere un enfoque integrado de toda la cadena de valor. Desde la producción de los combustibles renovables y sintéticos y su distribución, hasta la entrega del vehículo “llave en mano”. Es importante, en este sentido, que los niveles de escalabilidad de producción de estos combustibles alcancen los niveles apropiados para lograr un CTO atractivo para el consumidor de modo que se active de forma paralela la oferta y la demanda de los mismos.

En este sentido, la Unión Europea tiene un papel privilegiado para la producción de biocombustibles, ya que la industria del refino prevé importantísimas inversiones en los próximos años que lograrían una reducción de 100 Mt de CO₂/año de emisiones en el sector del transporte para 2035, lo equivalente en CO₂ que se deja de emitir al poner en circulación 50 millones de vehículos eléctricos. Según el informe de Fuels Europe “Clean fuels for all” (2020),

Los ecocombustibles desempeñarán un papel crítico en la transición energética y en la consecución de la neutralidad de carbono en todos los medios de transporte, al tiempo que se prevé que la demanda global de combustibles líquidos competitivos aumente progresivamente. Junto con la electrificación y las tecnologías basadas en el hidrógeno, los ecocombustibles seguirán siendo esenciales incluso más allá de 2050, aportando importantes beneficios a la economía y la sociedad europea.

Este mismo informe asegura que, para 2050, la disponibilidad de 150 Mt de eco-combustibles podría suponer dejar de emitir más de 400 MtCO₂/año. Si a esto se le añade la captura y el almacenamiento de carbono (CAC) y la captura de las emisiones derivadas de la producción, combinándolo con la electrificación y las tecnologías de hidrógeno, se lograría la completa descarbonización del transporte por carretera.

Escenario potencial para la industria del refino de la UE en 2050
[% reducción GEI. vs. 100% fósil]



Fuente: "Clean fuels for all". Fuels Europe (2020).

Por otro lado, España tiene un papel muy relevante para la producción de biocombustibles como el bioGLP, del cual ya existen tres grandes plantas de producción con una capacidad de producción total de 385 kt anuales. Para optimizar su potencial y promover su desarrollo, es necesario contar con un marco regulatorio favorable y reconocer explícitamente estos combustibles como una solución en la descarbonización del transporte.

El escenario que propone la industria del refino plantearía la total independencia energética europea en 2050 y lograría importantes cuotas de autonomía en el suministro de combustibles renovables los próximos años.

Por otro lado, es importante señalar la necesidad de contar con una cadena de suministro segura y eficiente que garantice la competitividad del sector de la automoción español. España es el segundo país europeo productor de vehículos y el cuarto con mayor producción de componentes. Conseguir seguir generando más valor en la industria, dependerá del impulso de redes de producción locales que aseguren el acceso a las materias primas y eviten interrupciones en la cadena de suministro del sector. Así, localizar estas cadenas de producción también supondrá importantes beneficios medioambientales al evitar las emisiones procedentes de la distribución deslocalizada de estos productos.

Por todo ello, es muy importante implicar a las PYMES innovadoras en el del sector y aprovechar las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías bajas en emisiones, híbridas y con combustibles neutros en carbono como palancas de creación de empleo, especialmente en pequeñas y medianas empresas, atendiendo a su problemática específica.

Integración de las energías híbridas y alternativas a nivel institucional y legislativo

El sector de la automoción está plenamente comprometido con los objetivos de neutralidad climática y ha hecho grandes inversiones para desarrollar tecnologías de propulsión híbridas y con combustibles alternativos neutros en carbono, para lograr la rápida descarbonización de los vehículos y adaptarse a los estándares de emisión de las

normativas 'Euro'. Por tanto, es necesario que los esfuerzos de la industria estén respaldados por normativas estables y coherentes con el desarrollo tecnológico. A su vez, estos cambios requieren de políticas nacionales que incentiven su implantación, para que los consumidores opten por este tipo de soluciones que pueden suponer una reducción inmediata de las emisiones contaminantes en nichos de mercado de difícil electrificación, como es el transporte pesado de servicios urbanos o vehículos agrícolas en zonas más rurales y despobladas.

En la actualidad, los combustibles neutros en carbono son la mejor opción para alcanzar las cero emisiones netas de forma rentable, ya que pueden aprovecharse las infraestructuras de suministro existentes. Por eso es imprescindible que se reconozca de forma específica en todas las normativas relativas a la descarbonización de vehículos la contribución de los combustibles alternativos neutros en carbono y las tecnologías híbridas con un enfoque tecnológicamente neutral y de acuerdo con los cálculos de reducción de emisiones en toda la cadena de valor del vehículo, desde su fabricación y uso hasta su posterior reciclado.

3.- Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

En el reto por reducir las emisiones de efecto invernadero del sector transporte, la electrificación es una de las soluciones que presenta un mayor impulso desde las administraciones. Algunas de las tecnologías para electrificación que se están desarrollando actualmente son aquellas basadas en baterías o en pilas de combustible; Se trata de buscar un mix energético en donde es necesario impulsar otras soluciones que puedan llegar al mercado. Entre estas soluciones se encuentran principalmente los combustibles sintéticos y el desarrollo de motores de combustión interna propulsados principalmente por biogases (Gas natural y Biopropano) así como hidrógeno, además de seguir desarrollando sistemas de almacenamiento.

Para alcanzar los objetivos definidos en el punto anterior, se plantean cuatro ejes estratégicos de acción:

3.1 Impulso de la industria de producción y uso de combustibles sintéticos

Los combustibles sintéticos se consideran una pieza crucial en las estrategias de economía circular, contribuyendo en la reducción de uso de recursos y en el aprovechamiento de residuos. Para la elaboración de estos combustibles se utiliza electricidad procedente de fuentes renovables que, mediante un proceso de electrólisis, separa las partículas de oxígeno e hidrógeno del agua, dando lugar al llamado hidrógeno renovable.

Por otro lado, se captura CO₂ del aire o de una instalación industrial. Finalmente, en una planta destinada a la producción de combustibles sintéticos, se utiliza el hidrógeno renovable y el CO₂ para fabricar carburantes sintéticos con prácticamente cero emisiones netas.

Ámbitos de desarrollo:

1. Procesos de generación de combustibles sintéticos, cero emisiones netas de gases de efecto invernadero.

Es necesario investigar los mejores métodos para la producción de los nuevos combustibles, asegurando una calidad mínima en los procesos de obtención, que aseguran que su uso en los sistemas de propulsión mantiene unas condiciones de funcionamiento constantes.

2. Desarrollo del sistema de suministro

Para que los nuevos combustibles sean competitivos y tengan una buena penetración en mercado es necesario que la red de suministro y repostaje esté expandida por todo el territorio nacional; así, es necesario dedicar esfuerzos entorno a las necesidades de adaptación de la infraestructura existente para el transporte de biocombustibles como el bioGLP, y, en el caso del hidrógeno, analizar la adecuación el blending de hidrógeno renovable y para su uso en motores de combustión interna.

3.2 Potenciación del uso de los biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles derivados de fuentes orgánicas como la biomasa y residuos orgánicos. Constituyen una de las principales soluciones para reducir las emisiones de la movilidad de manera rápida y eficiente en los próximos años.

Para alcanzar un mix energético adecuado a las distintas necesidades de la sociedad es necesario analizar el potencial de evolución técnica del motor de combustión interna alimentado con estos biocombustibles con el fin de que puedan ser utilizados, bien como combustible, bien como generadores de energía para vehículos electrificados como los híbridos paralelos, híbridos serie o de rango extendido.

Ámbitos de estudio

1. Nuevos materiales

En función de las características de la combustión de los nuevos combustibles, de las necesidades de determinados componentes y buscando, siempre, la combustión más eficiente, se debe estudiar el uso de nuevos materiales o aleaciones para la fabricación de componentes de motor de combustión de biocombustibles o combustibles sintéticos: camisas de cilindro, culatas, bloque motor, sistema de inyección, colectores de admisión, válvulas

2. Electrónica de control de la combustión

Investigación de la electrónica de control de la combustión de los nuevos carburantes, así como investigación aplicada sobre el control de los sistemas híbridos eléctrico-motor de combustión alimentados por combustibles renovables. Es muy importante el desarrollo de mapas específicos de calibración para cada uno de los combustibles planteados para poder optimizar consumos y potencias de los motores y de esta manera ir en línea con el uso de componentes fabricados con nuevos materiales y aleaciones.

3. Sistemas de postratamiento y normativa de emisiones

El uso de combustibles de origen renovable en la automoción es una puerta abierta por la Unión Europea muy recientemente, esperando poder alcanzar unas emisiones netas cero de GEI.

Se han de abordar nuevos sistemas de postratamiento de desarrollo específicos para el uso de los nuevos combustibles, teniendo en cuenta temperatura y composición de gases de escape.

De forma paralela al desarrollo tecnológico, para que este tipo de movilidad sea realmente adecuado al objetivo medioambiental definido por las políticas europeas, es necesario establecer un marco entorno a las emisiones. Este nuevo marco regulatorio debe establecer las emisiones que serán permisibles para la homologación de estas tecnologías.

Combustibles sintéticos / e-fuels

Los combustibles sintéticos permiten una descarbonización >80% con los motores ICE y los sistemas híbridos actuales, tanto para vehículos para pasajeros como para los LCV.

PROS

- Infraestructura existente
- Descarbonización inmediata del “tanque a la rueda”
- Combustibles drop-in

CONTRAS

- Coste de producción → las petroleras tienen que invertir en el I+D+i para obtener un coste razonable
- ICE BAN 2035: demostración de su factibilidad en 2026, para que la comunidad europea revea la cláusula prevista a tal efecto en la normativa

En consecuencia, un grupo motopropulsor híbrido (xHEV) con combustible sintético /e-fuel es una alternativa seria a obtener una huella de carbón neutra (Tn CO₂) de la cuna a la tumba similar a la de un vehículo eléctrico, de una forma mucho más barata y accesible a todos los consumidores. Además, permitiría asegurar la perennidad más allá de 2035 de la industria del automóvil, tan importante en España.

3.3 Nuevos motores de combustión interna: Biopropano e Hidrógeno

El hidrógeno se ha convertido en el combustible promesa para alcanzar los objetivos europeos de reducción de emisiones para la movilidad el biopropano es una de las soluciones actuales y ya existentes con ciertas plataformas ICE ya desarrolladas y en el mercado.

En ambos combustibles, además de abordar su producción y romper las barreras de la complejidad y el elevado coste productivo, es necesario abordar el desarrollo de nuevos motores que complementen los sistemas eléctricos y de pila de combustible, permitiendo ofrecer un mayor catálogo tecnológico a la sociedad.

Ámbitos de desarrollo

1. Análisis de la tecnología existente

Para apoyar un rápido desarrollo del sector y que este sea medioambientalmente respetuoso, es necesario analizar la tecnología existente, buscando similitudes que permita aprovechar una gran infraestructura de fabricación ya existente, se conseguiría una alta capacidad de producción de vehículos sin emisiones de efecto invernadero que presentaría además un consumo de materias críticas muy inferior al requerido por las alternativas de baterías y pilas de combustible. En este sentido, las áreas de estudio serían:

- Análisis de la combustión de hidrógeno y del biopropano, así como de los efectos sobre los materiales de los combustibles renovables.
- Comparación de la combustión de hidrógeno y del biopropano con el resto de los combustibles tradicionales y biocombustibles y los efectos de esta sobre los materiales.
- Análisis de las adaptaciones necesarias para que los motores de combustión interna actuales puedan utilizar combustibles renovables. Investigación aplicada y procesos de adaptación requeridos.
- Estudio del funcionamiento de los motores de combustión interna alimentados con los distintos combustibles renovables y rediseño u optimización, en su caso.

2. Desarrollo de nuevos motores

Impulso de investigación y desarrollo de nuevas configuraciones de motores de combustión de hidrógeno, integrando, en la medida de lo posible, nuevos materiales más respetuosos con el medio ambiente e incluyendo la reparabilidad y la reciclabilidad en los diseños.

De hecho, un motor de hidrógeno destinado a LCV (Vehículo Comercial Ligero, LCV de sus siglas en inglés) puede obtener emisiones muy reducidas (<1g CO₂/Km) y cumplir las emisiones del CLOVE B, más restrictivas que la propuesta publicada para la norma Euro7.

Así, el desarrollo de nuevos motores basados en este tipo de combustibles renovables son una alternativa más que interesante y adecuada a la gama más pesada de la movilidad, desde los LCV hasta los HDV (vehículo de gran tonelaje, o Heavy Duty Vehicles), no solo porque económicamente se espera que resulten mucho más económicos de adquirir, sino también porque la duración de la carga y la autonomía será más similar a la ofrecida por los combustibles tradicionales que los tiempos de recarga actuales de los vehículos eléctricos.

Si bien, como se ha comentado ya a lo largo del capítulo, presentan una gran barrera, y es, la infraestructura de carga, la producción de combustible y su transporte.

3. Sistemas de postratamiento y normativa de emisiones

Al igual que en el caso de las tecnologías de biocombustibles, de forma paralela al desarrollo tecnológico, para que este tipo de movilidad sea realmente adecuado al objetivo medioambiental definido por las políticas europeas, es necesario establecer

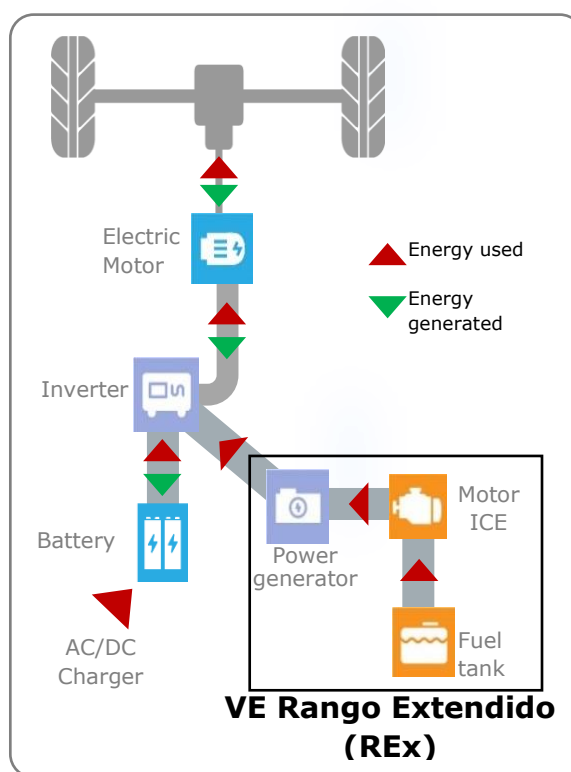
un marco entorno a las emisiones. Este nuevo marco regulatorio debe establecer las emisiones que serán permisibles para la homologación de estas tecnologías.

4. Range extender y combustibles sintéticos / e-fuels

Definición de un Vehículo Eléctrico de Rango Extendido (VE-REX):

ANEXO II del Real Decreto 2822/1998, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.

- Tracción exclusivamente eléctrica
- Recarga de la batería con una fuente eléctrica externa (plug-in)



La principal ventaja de los vehículos eléctricos de Rango Extendido es que son una solución técnica que recoge lo mejor de dos mundos: modo de funcionamiento 100% eléctrico para los desplazamientos diarios en las ciudades, y con una gran autonomía en desplazamientos interurbanos (similar a los vehículos de combustión tradicionales).

El Vehículo Eléctrico de Rango Extendido permite obtener la etiqueta Cero de la DGT.

Efectos positivos

Los VE Range Extender suponen un paso significativo hacia un futuro más limpio y sostenible en la industria de la automoción, conlleva numerosos beneficios e impulsan una transición hacia formas más sostenibles de movilidad aportando soluciones a los desafíos medioambientales y tecnológicos asociados.

Desarrollar nuevas tecnologías tienen el objetivo de conseguir vehículos más eficientes, reduciendo el consumo de combustibles fósiles, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación atmosférica asociada, y contribuyendo directamente a la lucha contra el cambio climático y mejora la calidad del aire en las ciudades.

En relación con lo anterior, a continuación, se muestran algunos beneficios medioambientales relativos al proyecto:

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero: Una de las ventajas más destacadas de los vehículos de rango extendido es el aumento de la eficiencia energética, reduciendo un el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Destacar también la disminución de la huella de carbono en todo el ciclo de vida del vehículo, equivalente a un BEV si se utiliza como combustible e-fuel de origen renovable.

- Reducción de la contaminación del aire: ayudan a mejorar la calidad del aire en entornos urbanos. Al mejorar la eficiencia y disminuir el consumo de los motores de combustión interna que sirven de generador para el motor eléctrico, colaboran a reducir estos contaminantes, lo que se traduce en una atmósfera más limpia y saludable para todos.

En este sentido, al trabajar el motor de combustión de forma estacionaria como generador, permite su mejorar su diseño para trabajar en su punto óptimo de funcionamiento (mínimo consumo), además de reducir la generación de CO, NO_x, NMHC, PM y NH₃ ante ambientes más desfavorables.

Beneficio al tejido industrial de España y transformación suave del tejido industrial ICE

El desarrollo de esta nueva generación de grupo motopropulsores de Rango Extendido será altamente beneficiosa para el sector de la automoción (OEM's y toda la industria auxiliar) permitiendo:

- Nuevas líneas de negocio que facilitarán la creación de empleo de calidad ligado a estas nuevas tecnologías, así como la transformación progresiva del útil industrial existente relativo a los vehículos con motores de combustión interna y sus puestos de trabajo hacia este tipo de vehículos eléctricos de rango extendido.

- Permitirá a España competir en un nuevo mercado en plena expansión (según las proyecciones a nivel mundial, que prevén doblar el tamaño en apenas 4 años, y en el que China está tomando el liderazgo).

- Facilita la transición hacia formas de movilidad más sostenible, facilitando la implantación del vehículo eléctrico en tanto se desarrolla la red de cargadores de uso público y uso privado, al ofrecer la doble posibilidad para cargar la batería: bien a través del cargador embarcado en el vehículo para conectarlo a la red eléctrica, o bien a través de la APU (Auxiliary Power Unit), que es un ICE desarrollado específicamente para este uso.

- Al tener una batería más pequeña que un BEV tradicional, y por tanto, reducirse el coste total del vehículo, se podrá popularizar y extender la implantación del vehículo eléctrico en nuestro país.

Ventajas TÉCNICAS del Vehículo Eléctrico de Rango Extendido:

- Reducción significativa del consumo de combustible y de emisión de CO2
- Reducción de las emisiones contaminantes, NOx principalmente
- Menor huella de carbono que un BEV en el ciclo de vida completo (cambiar PHEV por REX en la gráfica), permitiendo el uso de combustible neutros en carbono (e-fuels de origen renovable, biofuels, ...)
- Aprovechamiento de energía en modo regenerativo en las deceleraciones
- Sensación de conducción idéntica vehículo eléctrico “EV feeling”, con entrega de potencia inmediata y progresiva.
- Mayor robustez y menor complejidad mecánica:
 - las variaciones de velocidad y potencia las realiza directamente el motor eléctrico.
 - la puesta a punto del motor térmico en modo estacionario es más sencilla, y además, con una mayor fiabilidad, durabilidad y tiempo entre revisiones.
- Baterías de Litio más pequeñas que un vehículo eléctrico BEV.
- Motor de combustión ICE optimizado para minimizar el consumo (optimizado para funcionamiento en únicamente uno o dos puntos de funcionamiento, en modo estacionario para modo generador).
- Se pueden aplicar nuevos conceptos de motores de combustión “no convencionales” (HCCI, pistones opuestos,...).

El mercado Range extender está claramente en crecimiento y es una tecnología en expansión en US y en China (entre otros países) y puede ser una clara alternativa al vehículo eléctrico.

3.4 Sistemas de almacenamiento de combustibles

Los biocombustibles y los combustibles sintéticos no están implementados aún en la sociedad; se encuentran aún en fase de desarrollo y expansión de la red de producción y suministro.

En este sentido, una de las líneas que es necesario abordar es el impulso de los sistemas de almacenamiento de combustibles. Si bien es cierto que los biocombustibles (biogás o biopropano), por sus similitudes químicas con los combustibles actuales, no requieren nuevos sistemas de almacenamiento, no es así el caso del hidrógeno. Este combustible tiene, como principales barreras de penetración en el mercado, la producción y su almacenamiento; es necesario investigar y desarrollar métodos de almacenamiento de hidrógeno, que permita el funcionamiento de vehículos de combustión de hidrógeno, de pila de hidrógeno e híbridos.

Además, en el futuro, la tecnología de motores de combustión interna desarrollada podría servir, también, como un extensor de rango para vehículos eléctricos, mejorando así la capacidad del sistema de almacenamiento de energía del vehículo. El vehículo resultante sería un híbrido que utiliza baterías, el motor de combustión interna y un depósito de combustible renovable. Esta solución también ayudaría a reducir la dependencia de metales raros y materiales críticos, ya que reduciría las baterías necesarias en el vehículo sustituyéndolas por una tecnología con un menor requerimiento de metales raros y materiales críticos.

4.- Impactos esperados

Tal como dicta la Estrategia de Movilidad del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) solo “Priorizando la movilidad cotidiana, la equidad económico-social, la eficiencia energética, y la lucha contra el cambio climático, tratando de minimizar la contribución del transporte a las emisiones contaminantes, tanto de viajeros como de mercancías. Fomentando los modos limpios, la economía circular, la resiliencia climática y la movilidad universal.” se alcanzará la sostenibilidad social, económica y ambiental en el área de la movilidad

Actualmente la búsqueda y desarrollo de nuevas tecnologías bajas o neutras en carbono o cero emisiones es una carrera contrarreloj en la que participan multitud de empresas de todos los países del mundo; establecer una buena estrategia que impulse, integre, optimice y permita, a las tecnologías más maduras de bajo impacto ambiental algunas de las cuales ya están disponibles y tienen una (relativamente) sencilla expansión, ofrecer un valor añadido, puede ser clave en la mejora del posicionamiento del país en un sector tan importante para el PIB nacional como la automoción.

En el empleo y su cualificación

El surgimiento de las tecnologías digitales, autónomas o la inteligencia artificial, están transformando la industria y algunos de los puestos trabajos. Una profesionalización de esos puestos de trabajo es necesario para adecuar y mantener el empleo. El empleo de la industria de la automoción tiene la necesidad, y la oportunidad de recualificar y especializar a su personal, mejorando la calidad del empleo.

Así mismo, el continuo estudio y desarrollo de nuevas tecnologías de movilidad está generando nuevas necesidades formativas y nuevos perfiles cualificados y especializados que, en muchos casos, no se encuentra.

Es necesario actualizar la oferta formativa nacional y atraer el talento nacional residente en países extranjeros para poder dotar al mercado de esos nuevos conocimientos.

Así mismo, el catálogo actual de tecnologías existentes, así como la no centralización de esfuerzos en dos únicas líneas (eléctrica y de hidrógeno) impulsará el crecimiento económico de las empresas, que necesitarán hacer inversiones en nuevas líneas productivas y, con ello, se impulsará también la contratación de personal de distintos niveles de cualificación para atender toda la cadena productiva asociada.

Así, la iniciativa busca generar conocimiento sobre el uso de estos combustibles de nueva generación en los motores de combustión y toda su industria asociada.

En la competitividad

Las líneas estratégicas expuestas abarcan una gran parte de la industria de la automoción, tanto fabricantes de componentes como de sistemas de combustión en sí, quien podrán beneficiarse ampliando su catálogo de productos al futuro parque tecnológico automotriz, así como impulsará el desarrollo de nuevas industrias basadas en la hibridación tecnológica.

En ese mismo nivel de impacto, el proyecto tractor propiciará la producción de una nueva generación de combustibles cero emisiones netas desarrollados y fabricados a nivel nacional, mejorando el posicionamiento de dichas empresas en el mercado energético global.

Así, las líneas expuestas impulsarán la economía industrial en:

- Mejora del posicionamiento del sector automoción a nivel nacional y europeo e incremento del aporte al PIB del sector
 - o Una industria innovadora y pionera genera perfiles profesionales altamente cualificados y valorados a nivel industrial.
 - o Productos innovadores de alto valor añadido a disposición del tejido industrial europeo
- Aseguramiento de la rentabilidad de empresas de reparto de sectores como el HORECA, actualmente en riesgo por el incremento de entregas, las restricciones derivadas de las zonas de bajas emisiones, la pérdida de carga y mayor tiempo de recarga derivadas de la tecnología eléctrica.
- Sistemas de propulsión flexibles, con potencial uso en otros sectores (generadores eléctricos, unidades de potencia auxiliar para el sector aeroespacial, maquinaria agrícola, etc.)
- Inversión en nuevos equipos e instalaciones para la incorporación de nuevas líneas de negocio en empresas y/o adaptación de las líneas tradicionales a la nueva movilidad

Este impacto ya fue, en parte, recogido por la Estrategia de movilidad del MITMA que indicó que:

Este potencial económico representa una enorme oportunidad para el tejido empresarial y de innovación español. España dispone de una red de infraestructuras excelente, tanto física como digital, de una posición líder en ensamblaje y componentes de automoción y en el lanzamiento del 5G, así como de un tejido competitivo de empresas en el sector de máquina-herramienta, productos del acero, químico, y equipamientos móviles, entre otros. También cuenta con ciudades líderes en el proceso de transformación medioambiental y digital. Existe además una capacidad de crecimiento de nuestras empresas tecnológicas (start-ups, micromovilidad, automoción, etc.).

Cabe mencionar, finalmente, la aplicación del proceso de combustión de combustibles renovables, particularmente el hidrógeno, a otros procesos industriales energéticamente

intensivos como la fabricación de cemento, producción de acero, de ladrillos... en cuyo caso el potencial sería superior.

En la sostenibilidad ambiental

La mejora, implementación y desarrollo de las tecnologías comentadas favorecerá una reducción del impacto ambiental de todo el sector automoción a través de la potenciación de un sistema llave-cerradura, en la que exista una gama amplia de tecnologías disponibles que permita la elección de una y otra según necesidades del usuario.

Esta reducción del impacto es especialmente relevante en el área del transporte de mercancías y pasajeros, del transporte pesado, ya que:

- Los biocombustibles son la solución actual para la descarbonización de un sector en el que la tecnología eléctrica no es eficiente o está lo suficientemente desarrollada
- Diversificación y neutralidad energética, con soluciones de propulsión para todas las necesidades de la industria del transporte

Adicional a lo anterior, y gracias a la difusión, potenciación e implementación de conceptos como biocombustibles, ecodiseño, reciclabilidad o retrofit, favorecerá la economía circular a través de la revalorización de residuos, la renovación y revalorización del parque móvil o la prolongación de la vida útil de los materiales empleados.

Social

La movilidad y el transporte es un eje transversal de la sociedad; la pandemia de la Covid-19, la huelga de transporte acontecida en 2021, y las posteriores guerra de Ucrania y crisis de chips y semiconductores, pusieron en relevancia la importancia de la movilidad y el transporte en nuestra sociedad, para garantizar el acceso y el mantenimiento de los servicios esenciales y el abastecimiento de todo tipo material (sanitario, alimentario, y otros materiales como combustibles, material industrial, etc.) jugando un papel crucial para el tejido empresarial y la vida cotidiana; es por esto que ofrecer un abanico amplio de tecnologías es clave para alcanzar una sociedad equilibrada, sostenible y resiliente.

Así, alcanzar un mix energético adecuado, y unas tecnologías seguras, eficientes y maduras, generará un impacto social positivo en los siguientes aspectos:

- Mejora de calidad del aire y la salud de la población. Una movilidad basada en tecnologías basadas en combustibles de origen renovable y sintéticos, neutros en carbono, así como eléctrica y la hibridación de las mismas, promoverá una mejora de la calidad de aire de las ciudades, reduciendo el perjuicio a la salud de su población.

La actividad de transporte contribuye a los episodios de contaminación atmosférica y agrava sus efectos en la salud pública. Atendiendo a los datos de calidad del aire europeo de la Agencia Europea de Medio Ambiente, hasta 6.800 muertes prematuras anuales en nuestro país son atribuibles al NO₂ y 23.000 a las partículas finas conocidas como PM_{2,5}. De estas emisiones contaminantes, el transporte es responsable el 42% de las emisiones nacionales de óxidos de nitrógeno – precursores del ozono troposférico– y el 9% del material particulado fino, con una

cuota relevante en los ámbitos urbano y metropolitano. Por tanto, la transformación del transporte urbano es imprescindible para la protección de la salud y la mejora de la calidad de vida en las ciudades a través de la mejora de la calidad del aire y la reducción del ruido, todo ello en coherencia con el Programa Nacional de Control de la Contaminación Atmosférica.

- Una movilidad basada en un amplio abanico de tecnologías al alcance de todos, un transporte sostenible, y con unos beneficios fiscales atractivos ofrecerá a países extranjeros, una imagen de un país más limpio, seguro y sostenible, un *plus* para la atracción de inversión de empresas internacionales
- El impulso de la industria entorno a la nueva movilidad generará un enriquecimiento generalizado, a través de la generación de nuevos puestos de trabajo, el impulso económico, mejorando el PIB



En el potencial de innovación e investigación español

Durante los últimos años, se está promoviendo notablemente el vehículo eléctrico o de pila de combustible, pero estos vehículos no son aptos para todos los segmentos de la movilidad ni están al alcance de todo el mundo; no son transversales.

Para estos segmentos de la movilidad, las tecnologías híbridas y basadas en combustibles neutros en carbono son tecnologías más económicas que la eléctrica o de pila de combustible y tienen un nivel de desarrollo avanzado, aunque aún tienen margen de mejora.

Para que estas mejoras puedan desarrollarse e implantarse en la industria, es necesario que el tejido empresarial y la administración pública den continuidad al esfuerzo en I+D realizado hasta la fecha a través de líneas de financiación públicas que fomenten la colaboración público-privada para investigar en:

- Métodos de producción, transporte y uso de biocombustibles, no únicamente centrados en la industria de la automoción; siendo vectores energéticos neutros en

carbono, el análisis de los mismos y de su aplicación en otros sectores también puede resultar interesante (generación energética, por ejemplo)

- Desarrollo de proyectos en el ámbito del uso y almacenamiento en vehículos, desde turismos hasta vehículo pesado o agrícola, de biocombustible
- Impulso de proyectos de investigación y desarrollo de aplicación de hidrógeno en movilidad, en pila de combustible, como combustible, o híbrido con otras tecnologías
- Impulsar proyectos de demostración con entidades locales de tecnologías alternativas en transporte, donde la electrificación no sea económica ni técnicamente posible

Así mismo, para promover la penetración en el mercado de este tipo de tecnologías neutras en carbono, se debería considerar el efecto positivo del uso de tecnologías neutras en carbono a través de beneficios fiscales iguales o similares a los promovidos hasta la fecha para los vehículos cero emisiones, ofreciendo a los actores del transporte obtener un incentivo por su impulso a la descarbonización.

El progreso en el desarrollo de motores de combustión interna con emisiones netas de CO₂ nulas abrirá la posibilidad de que las capacidades tecnológicas e industriales de España se enfoquen en un futuro de bajas emisiones de carbono. Este enfoque no solo incentivará el avance de los componentes del motor o del vehículo, sino que también fomentará la creación de una infraestructura para la producción y el transporte de combustibles renovables, como el hidrógeno y los combustibles sintéticos de origen no biológico (producidos a partir de CO₂, H₂ y energías renovables).

En este sentido, se busca analizar el empleo en motores de combustión interna de combustibles renovables, tales como el hidrógeno verde, los combustibles sintéticos (ya sean de origen biológico o no-biológico) producidos utilizando energías renovables o mezclas de ambos, como podría ser hidrógeno con BioGLP, y construir así una alternativa de cero emisiones netas.

Referencias

- [Informe anual 2022. ANFAC](#)
- [Observatorio de Transporte y la Logística en España. Informe Anual 2022](#)
- [BioGLP y rDME: el futuro. Asociación del Gas Licuado](#)
- [Estrategia de Movilidad del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana](#)
- [La nueva movilidad: revolución y desafíos. II Observatorio de la movilidad sostenible. 2021](#)
- [Marco de Acción Nacional español de energías alternativas en el transporte. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Octubre 2014](#)
 - [Revisión del Marco de Acción Nacional. Fit for 55. Revisiones 2021 a 2023](#)

- [Clen fuels for all. Fuel Europe. 2020](#)
- [Plan Nacional Integrado de Energía y Clima \(PNIEC\) 2021-2023. Enero 2020. Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico](#)
- [Plan de Automoción 2020-40. Liderando la movilidad sostenible. Informe ejecutivo. ANFACHoja de ruta del Hidrógeno. Octubre 2020. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico](#)

GT3. MOVILIDAD CONECTADA, COOPERATIVA Y AUTÓNOMA (CCAM)

1 Factores que afectan a la Movilidad Conectada, Cooperativa y Autónoma (CCAM). Tendencias 2030

El **vehículo del futuro** deberá ser rediseñado para albergar nuevas tecnologías, componentes inteligentes y funcionalidades que modifiquen la experiencia de usuario gracias a la conectividad y la automatización, incrementen el confort y la seguridad de los ocupantes y todo ello de forma medioambientalmente sostenible.

La **Movilidad Cooperativa, Conectada y Automatizada**, en adelante **CCAM**, es un enfoque **integrado de la movilidad** que combina la cooperación entre vehículos, la conectividad a través de las tecnologías de comunicación y la automatización de funciones de conducción, reconfigurando nuestra forma actual de viajar y movernos. Esto implica que los vehículos se comuniquen entre sí, con la infraestructura vial y con otros usuarios, permitiendo una nueva forma de coordinar y cooperar la gestión del tráfico y la movilidad.

La automoción se encuentra inmersa en un **profundo proceso de transformación** en el cual las nuevas soluciones de movilidad impulsadas por la CCAM traerán numerosos **beneficios** para toda la ciudadanía:

- **Seguridad:** reducirá el número de muertes en carretera y accidentes causados por errores humanos, contribuyendo a la “Visión cero” de la UE que pretende conseguir para el año 2050 que haya cero víctimas mortales y cero heridos graves en accidentes.
- **Medioambiente:** reducirá las emisiones contaminantes y la congestión del tráfico.
- **Inclusión:** garantizará una movilidad inclusiva y un acceso equitativo a las mercancías.
- **Competitividad:** reforzará la competitividad de la industria europea a través del liderazgo tecnológico y la creación de empleo.

Actualmente ya existen vehículos con sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS) que intervienen en situaciones de peligro, pero en el futuro estos sistemas tendrán una visión 360º del entorno que les rodea, lo que permitirá reducir considerablemente los tiempos de reacción y tomar el control del vehículo durante periodos prolongados, o incluso en algún momento, no necesitar intervención humana.

Entre los beneficios y aplicaciones de la CCAM destaca que la **conducción automatizada** puede llegar a duplicar la capacidad de las infraestructuras viales, suavizar el flujo de tráfico y permitir el uso de las carreteras en horas no punta para el transporte de mercancías.

Por otra parte, la CCAM facilitará la integración de los **servicios de movilidad compartida** con el transporte público y las plataformas de movilidad como servicio (MaaS). Esto proporcionará movilidad accesible a las personas discapacitadas o que no pueden o no desean conducir,

además de ofrecer soluciones de transporte y entrega de mercancías de bajo riesgo para la salud, especialmente importante en situaciones epidémicas como la pandemia de COVID-19.

Se espera que el uso de CCAM compartidos aporte múltiples beneficios, entre ellos: servicios flexibles, personalizables, más extendidos y accesibles, reducción de la contaminación acústica y atmosférica y mejor uso del espacio urbano, al tiempo que proporciona una experiencia de viaje más segura, cómoda e integrada.

En cuanto **al transporte de mercancías**, actualmente existen problemas debido a la escasez de conductores y la demanda de mejores condiciones de trabajo. En este sentido, la automatización en el transporte de mercancías puede aumentar la productividad y mejorar la eficiencia, permitiendo el transporte de mayores cantidades de mercancías con el mismo tiempo de tránsito e incluso ahorrando energía. El “platooning” y niveles más altos de automatización pueden aumentar la resistencia de las cadenas de suministro al requerir menos intervención humana.

También se espera que la CCAM mejore la **eficiencia operativa de los nodos logísticos**, integrando el transporte por carretera con otras operaciones logísticas; por ejemplo, si se conoce de antemano la llegada de camiones a una terminal, la planificación puede ser más eficiente al evitar la congestión. Además, los sistemas autónomos podrían facilitar las **operaciones de última milla** entre los centros logísticos y las terminales portuarias, lo que reduciría las barreras actuales para el transporte intermodal.

Europa tiene una oportunidad única de consolidar su papel de liderazgo en la movilidad conectada, cooperativa y automatizada frente a la creciente competencia en las cadenas de valor y los mercados mundiales. La **Oficina Europea de Patentes (OEP)** afirmó en un informe reciente que el número de solicitudes de patentes europeas relacionadas en el área de CCAM está creciendo 20 veces más rápido que para otras tecnologías. El estudio muestra que **Europa representó el 37,2% de todas las solicitudes de patentes** relacionadas con tecnologías de vehículos de autónomos en la OEP entre 2011 y 2017, por delante de China (3%), Japón (13%) y Estados Unidos (33,7%).

Factores clave

A pesar del impacto positivo de la implementación de la CCAM, su despliegue todavía no se ha producido debido a que existen factores, más allá de los retos tecnológicos, que no lo permiten y en los que es necesario realizar un mayor esfuerzo:

- **Demanda insuficiente** debido al desconocimiento por parte de la sociedad de los beneficios potenciales de la movilidad basada en CCAM.
- **Bajos niveles de inversión en I+D** ya que la financiación pública en I+D y la inversión privada en tecnologías CCAM están fragmentadas y resultan insuficientes para mantener e incrementar el liderazgo en el despliegue de CCAM. El conocimiento de estas tecnologías, su validación, evaluación del impacto y valoración por parte de los usuarios permitirá mejorar la competitividad a nivel internacional.
- **Madurez tecnológica insuficiente** de las soluciones CCAM para su transferencia al mercado y adopción generalizada. Esto depende de dos factores principales de complejidad: el tráfico y la velocidad del vehículo. Es necesario abordar formas de tráfico complejas a velocidades menores para limitar el riesgo de accidentes.

- **Falta de una visión y estrategia común** y a largo plazo que tenga en cuenta a todos los agentes implicados. Es fundamental que los esfuerzos de I+D se coordinen y orienten hacia el ecosistema en su conjunto, a la vez que cumplen con una visión a largo plazo en la que el valor principal se orienta a los beneficios sociales de la CCAM.
- **Limitadas acciones piloto y de demostración**, debido a la necesidad de una cadena de valor intersectorial amplia y bien coordinada, que requiere de una gran interacción entre las partes interesadas públicas y privadas. Es obligatorio crear entornos de cooperación eficientes, económicamente rentables y transparentes entre las autoridades locales y regionales, y el sector privado para desarrollar sistemas interoperables y condiciones de operación inclusivas y accesibles.

Para lograr vencer estos factores y conseguir acelerar el despliegue de la CCAM es necesaria la **coordinación** entre todos los agentes y usuarios implicados en **la I+D+i, la normalización y la reglamentación**, asegurando que las inversiones a nivel local, regional, nacional y de la UE, tanto de naturaleza pública como privada, se complementen entre sí.

Cabe destacar la importancia de la **creación de entornos de referencia en carretera abierta** que permitan diseñar, ensayar y desplegar las diferentes tecnologías y funcionalidades asociadas, que incluyen tanto las tecnologías embarcadas en los vehículos, como las tecnologías asociadas a las nuevas infraestructuras de carreteras inteligentes y conectadas. Estos entornos se deben complementar con laboratorios y herramientas de simulación que permitan probar la enorme variedad de tecnologías y escenarios a contemplar.

Tendencias 2030

La digitalización, y en particular, tecnologías como ITS-G5, las redes 5G y su evolución hacia 6 y 7G, la Inteligencia Artificial, el IoT, y los componentes y sistemas electrónicos, desempeñarán un papel fundamental en el desarrollo de la CCAM. Con los nuevos participantes de la industria de la digitalización en el mercado de la movilidad, las reglas del mercado podrían cambiar drásticamente y obligar a los actores industriales más consolidados a emprender cambios radicales con lo que esto repercute en la mano de obra, las inversiones y los modelos empresariales.

Para mantener los beneficios económicos a largo plazo en este ámbito, es obligatorio mantenerse a la vanguardia de la innovación. Esto cobra especial relevancia para conseguir mantener el posicionamiento por delante de, por ejemplo, EE. UU. y China como principales competidores de Europa.

A continuación, se resumen 3 de las principales tecnologías cuyos avances están permitiendo el despliegue de soluciones basadas en CCAM:

- **La conectividad**, con la implantación del 5G: los futuros avances en este campo, incluida la evolución (tecnológica y social) hacia el 6G y, más adelante, el 7G, serán esenciales para un uso eficaz y eficiente de las tecnologías CCAM. Las comunicaciones V2V y V2I fiables, basadas en 5-7G, son requisitos clave para la CCAM. Esto está vinculado a la eminente necesidad de disponer de mapas HD precisos, disponibles y actualizados.

- **La Inteligencia Artificial (IA):** que puede facilitar un mayor desarrollo de la CCAM. Especialmente cuando se aprovechan las oportunidades que ofrece la IA para avanzar en el enfoque de nuevos algoritmos y optimización de sistemas, teniendo en cuenta la seguridad, la comodidad, la eficiencia del transporte y el consumo de energía. La interacción con el usuario utilizando inteligencia artificial, por ejemplo, mediante lenguaje natural, también tendrá un papel importante. Gracias a esta tecnología la adopción de soluciones de movilidad habilitadas para CCAM puede aumentar en gran medida.
- **La puesta en común de datos** en toda Europa y entre los distintos agentes de la industria es un factor clave para la CCAM. Se están dando pasos hacia la aplicación práctica, con proyectos financiados por la UE como L3-Pilot y Hi-Drive. Se está trabajando para determinar qué intercambio de información es absolutamente necesario para garantizar el intercambio de datos para un fin determinado. La privacidad, la protección y la gobernanza de los datos, así como el desarrollo de un enfoque conjunto para hacer frente a las ciberamenazas, desempeñarán un papel importante en el futuro de la CCAM.

Existe, además, un trabajo por hacer en el ámbito de la regulación. ¿Quién es responsable en caso de accidente, el vehículo o el conductor? ¿Cómo se combinan en el tráfico vehículos autónomos conectados con convencionales? El hecho de que el software sea vital para el funcionamiento adecuado de cientos de sistemas y el encargado de definir y diferenciar la experiencia de cliente hace que los fabricantes tradicionales se integren verticalmente y tomen el control sobre desarrollos que antes se encargaba a proveedores.

El punto de partida para el despliegue de CCAM debe ser la comprensión de las necesidades de los usuarios y los aspectos sociales de la movilidad, junto al avance de las tecnologías y la demostración de la madurez a gran escala.

También son necesarias las Tecnologías Clave Facilitadoras (KEY – Key Enabling Technologies) para mejorar las soluciones, aplicadas a aspectos como la detección, la fusión de sensores y la mejora de los sistemas de seguridad.

La integración global del sistema de transporte complementa la interacción segura entre las personas y las máquinas y las necesidades de la gestión del tráfico y las flotas para proporcionar apoyo a las infraestructuras físicas y digitales. Además, antes de realizar demostraciones a gran escala, es necesario validar el funcionamiento seguro y resistente de los sistemas. Para ello, es fundamental disponer de laboratorios y entornos de referencia adecuados y de último nivel.

Por último, todas las actividades deberán estar vinculadas a través de la coordinación de todas las partes interesadas, lo que garantiza la alineación, la interoperabilidad y la aceleración de la adopción de la innovación, un ejemplo de esta coordinación son los grupos de trabajo (Clústeres) definidos por el Partenariado europeo CCAM.

Tejido nacional

En este proceso de transformación en el que se encuentra todo el sector de automoción, tanto de Europa como del resto del mundo, la industria española juega un papel relevante,

y se enfrenta a una transformación radical derivada de los nuevos esquemas de movilidad, las exigencias medioambientales, la necesidad de digitalización y el cambio en la demanda de los usuarios.

Para que la industria de automoción española siga siendo competitiva en los mercados globales, es necesario invertir en I+D+i en aquellos ámbitos que resulten diferenciadores para la atracción de futuros proyectos y apostar por los nuevos esquemas de movilidad, invirtiendo en proyectos colaborativos con participación de las administraciones públicas y con agentes de otras cadenas de valor (TICs, Infraestructuras, logística, etc.).

Afortunadamente, **en España existen las condiciones favorables** para abordar estos retos y responder a las necesidades de la movilidad del futuro:

- **Un sector de automoción fuerte**, ya que el sector español representa el 10% del PIB nacional y el 18% de las exportaciones, situándose actualmente en la 2ª posición en Europa y la 9ª mundial en fabricación de vehículos.
- **Compañías multinacionales líderes** en innovación, desarrollo y fabricación de componentes para automoción, con sus sedes y centros de decisión e I+D en España.
- Alrededor de estas compañías tractoras se encuentra un **rico ecosistema** compuesto por pymes proveedoras de tecnologías y start-ups, universidades y centros tecnológicos punteros, etc.
- El **territorio español ofrece una amplia diversidad de condiciones**, de conducción, combinando ciudades de diferente dimensión con entornos rurales, entornos con diferentes condiciones atmosféricas y físicas de terreno, y áreas transfronterizas con Portugal y Francia para aspectos de interoperabilidad.
- Presencia de entidades relevantes, muy activas en innovación y tecnologías emergentes en **cadenas de valor** relacionadas como son logística, energía, TICs, infraestructuras, etc.
- Experiencias previas exitosas de colaboración con las Administraciones competentes en materia de movilidad inteligente.

2 Visión y Objetivos

Con la elaboración de esta Agenda de Prioridades Estratégicas en relación con la Movilidad Cooperativa, Conectada y Autónoma se persiguen los siguientes objetivos estratégicos:

- **Impulsar la innovación y la competitividad del sector:** Establecer una agenda de prioridades estratégicas permite impulsar la innovación en el sector de automoción español, fomentando el desarrollo de tecnologías avanzadas en conducción autónoma y conectada. Esto contribuirá a mantener la competitividad de la industria de automoción y movilidad en el contexto global y promover el liderazgo tecnológico, atrayendo nuevos proyectos.
- **Estimular la colaboración y la cooperación a lo largo de toda la cadena de valor:** identificando áreas relevantes de colaboración entre fabricantes de vehículos, proveedores de componentes y de tecnología, centros tecnológicos, universidades,

administraciones, etc. y extendiendo esta colaboración a otros sectores como infraestructuras, TICs, logística, energía, etc. sin los cuales el despliegue de CCAM no podrá hacerse efectivo.

- **Contribuir al establecimiento de marcos regulatorios adecuados**, gracias a la identificación de los desafíos regulatorios y legales que deben abordarse para el despliegue exitoso de la conducción autónoma y conectada. Se busca establecer marcos normativos claros y adaptados, considerando aspectos como la responsabilidad legal, la protección de datos y la ciberseguridad.
- **Generar conocimiento en torno a tecnologías esenciales** en la conducción autónoma y conectada, tales como inteligencia artificial, algoritmos, metodologías de test y validación, fusión de datos, sensórica, tecnologías de comunicación, etc.
- **Impulsar la formación y el empleo**: La conducción autónoma y conectada requiere nuevos perfiles profesionales y habilidades específicas. Al establecer una agenda de prioridades, se pueden identificar las necesidades de formación y capacitación en el sector de automoción español, promoviendo programas educativos y de formación para preparar a los trabajadores y aprovechar las oportunidades de empleo generadas por estas tecnologías.
- **Mejorar la seguridad vial y la eficiencia en el tráfico**: La conducción autónoma y conectada tiene un impacto significativo en la sociedad gracias a la reducción de los accidentes de tráfico y a la mejora del confort en la conducción, que lleva asociada también una mejora desde el punto de vista medioambiental.

En definitiva, la elaboración de esta agenda de prioridades estratégicas busca identificar y potenciar aquellos aspectos diferenciadores del ecosistema de automoción y movilidad español para lograr un posicionamiento destacado. Se pretende impulsar la colaboración y la innovación, aprovechando las fortalezas y capacidades del sector español, para el desarrollo y lanzamiento de nuevos proyectos en el ámbito de la CCAM. Esto permitirá no solo avanzar en la transformación de la movilidad y el despliegue de la conducción autónoma y conectada, sino también fortalecer la posición de España como un actor relevante en este campo, generando oportunidades de crecimiento económico y empleo en el sector de la automoción y la movilidad.

Para la identificación de las prioridades estratégicas, se establecen tres ámbitos:

- **ADAS y Conducción Autónoma**

Se centra en ampliar y mejorar los sistemas ADAS y la conducción autónoma. Se busca desarrollar nuevas arquitecturas que permitan una mayor integración y procesamiento de datos en tiempo real, optimizando así la toma de decisiones y la ejecución de acciones en los vehículos autónomos. Además, se propone trabajar en la ampliación de los Operational Design Domains (ODD), definiendo las condiciones en las cuales los vehículos pueden operar de manera segura y eficiente. Asimismo, se enfoca en el desarrollo de sistemas avanzados basados en inteligencia artificial, como el aprendizaje profundo, para una mejor comprensión de los entornos de conducción. También se buscan sistemas de interacción hombre-máquina más sofisticados y se propone establecer frameworks para la validación y verificación de los sistemas de ayuda a la conducción, garantizando la seguridad funcional y la ciberseguridad.

- **Conectividad e Infraestructura Inteligente**

Se proponen tecnologías de comunicación avanzadas, como el 5G y siguientes 6 y 7G, para facilitar una comunicación segura y confiable entre los vehículos, las infraestructuras y los servicios externos. Asimismo, se propone adaptar las infraestructuras viales para ser más compatibles con la conducción autónoma, instalando sensores y sistemas de gestión del tráfico que optimizan el flujo vehicular. Además, se proponen nuevos servicios y aplicaciones relacionados con la movilidad, que mejoren la experiencia del usuario, promoviendo una movilidad más eficiente y confortable.

- **Gestión de la movilidad**

En este ámbito se proponen soluciones para una gestión eficiente de las flotas de vehículos autónomos, desarrollando soluciones de seguimiento, control y planificación de rutas optimizadas. También se promueven modelos de movilidad compartida, como el carsharing, que reducen la necesidad de posesión individual de automóviles y contribuyen a una movilidad más sostenible y a la reducción de la congestión en las ciudades. Además, se busca la integración de diferentes modos de transporte en plataformas y aplicaciones, facilitando la planificación y reserva de viajes multimodales. De esta manera, se promueve una mayor eficiencia en el uso de los vehículos y una transición más fluida entre diferentes modos de transporte.

3 Prioridades Estratégicas y Tecnologías Facilitadoras

A continuación, se detallan las prioridades establecidas en cada uno de los bloques indicados anteriormente, incluyendo una descripción, ámbitos de desarrollo, listado de posibles casos de uso, cuando aplique, y tecnologías habilitadoras.

3.1. ADAS y conducción autónoma

3.1.1 Nuevas arquitecturas para vehículos inteligentes (Software Defined Vehicles)

El Software Defined Vehicle (SDV, por sus siglas en inglés) representa la consecuencia de la continua transformación del automóvil, que ha evolucionado de ser principalmente un producto basado en hardware a convertirse en un dispositivo electrónico sobre ruedas centrado en el software. Esta transición es la respuesta a la creciente demanda de flexibilidad y adaptabilidad en la industria automotriz. Los vehículos ya no son simplemente máquinas mecánicas, sino plataformas tecnológicas altamente sofisticadas

Una de las características principales del SDV es su capacidad para activar nuevas funciones de manera individual, ajustándose a las necesidades específicas de cada conductor. Esto significa que, en el futuro, los propietarios de vehículos podrán personalizar su experiencia de conducción mediante la adición de características y mejoras a medida que estén

disponibles. Esta flexibilidad representa un cambio radical en la forma en que percibimos y utilizamos nuestros automóviles, convirtiéndolos en productos altamente adaptables

Las ventajas del SDV son numerosas y significativas. En primer lugar, al tratarse de un enfoque basado en software, los automóviles se vuelven más inteligentes y conectados, lo que permite una mayor interacción con el entorno y otros vehículos. Además, los propietarios podrán recibir actualizaciones a través de la transmisión inalámbrica (OTA), que abarcan desde parches de seguridad hasta mejoras en el sistema de entretenimiento, así como ajustes y monitorización de las capacidades esenciales del vehículo, como el tren motriz y la dinámica del automóvil. Esta capacidad de mantenerse actualizado sin requerir visitas al taller aumenta la comodidad y la seguridad del conductor

Sin embargo, no debemos pasar por alto los desafíos que plantea la implementación del SDV. La creciente dependencia del software conlleva riesgos en cuanto a la ciberseguridad y la privacidad de los datos, que deben abordarse de manera exhaustiva. Además, la transición hacia un enfoque más centrado en el software requiere una adaptación significativa tanto en la industria como en la regulación, lo que puede ser un proceso complejo. A pesar de estos desafíos, el SDV promete revolucionar la forma en que percibimos y utilizamos nuestros vehículos, brindando una mayor flexibilidad y personalización a los conductores mientras avanzamos hacia una movilidad más conectada y eficiente.

3.1.2 Definición de ODDs para la aplicación de los diferentes sistemas de autonomía

La Sociedad de Ingenieros automovilísticos (SAE, en inglés), revisó en 2021 los distintos niveles de autonomía para sistemas ADAS y de conducción autónoma, permitiendo que el desarrollo y comercialización de este tipo de sistemas se realiza por fases.

La mayoría de los sistemas existentes se encuentran en un nivel 2 de automatización, con algunos más avanzados en niveles 3 y 4, pero aún existen muchas limitaciones técnicas que restringen las capacidades de dichos sistemas. Debido a estas limitaciones, es necesario definir un dominio operacional de diseño (ODD, en inglés), esto es definir bajo qué condiciones estos sistemas están diseñados para funcionar. Sin embargo, no existe aún una estandarización de dicho proceso, siendo necesario desarrollar una metodología que permita definir ODDs con métricas representativas que permiten tanto a reguladores como clientes finales evaluar o comprender el comportamiento de estos sistemas.

La importancia de los ODD radica en su capacidad para establecer límites y restricciones claros. Al definir los ODD, podemos delimitar los escenarios de conducción en los que los vehículos autónomos pueden funcionar sin problemas. Esto nos permite desarrollar algoritmos y sistemas de control específicos que se adapten a esas condiciones y tomen decisiones coherentes y seguras.

Los ODD también son cruciales para la validación y pruebas de los sistemas autónomos. Al tener una comprensión clara de los escenarios en los que el vehículo operará, podemos

diseñar pruebas exhaustivas y realistas para verificar el rendimiento y la seguridad de los sistemas autónomos en situaciones reales.

Además, los ODD son esenciales para establecer expectativas realistas sobre las capacidades de los vehículos autónomos. Al definir claramente los límites y restricciones de los ODD, podemos evitar expectativas excesivas o peligrosas de los conductores y garantizar una transición segura entre la conducción autónoma y la conducción manual.

Una vez un ODD esté definido, éste debe ser utilizado para controlar que los sistemas no se utilicen fuera de su ODD. Habría que observar la información disponible y determinar si estamos dentro o fuera del ODD. Esto se haría de forma automática para sistemas de nivel 3 y 4, y por el conductor para niveles 1 y 2. El trabajo y la definición adecuada de estos ODD será fundamental para el avance en sistemas más avanzados de seguridad y ayuda a la conducción en la próxima década, permitiendo la inclusión de funciones más automatizadas en entornos más restringidos.

3.1.3 Sistemas de conducción autónoma en entornos controlados sin personas a bordo (i.e. valet parking, entornos logísticos, etc.)

La implementación de sistemas de conducción autónoma en entornos controlados sin personas a bordo marca un paso inicial fundamental en la adopción de vehículos autónomos. Uno de los primeros pasos en la adopción de vehículos autónomos puede ser la automatización del transporte de mercancías, eliminando por completo la necesidad de intervención humana en la operación. Esto no solo representa un avance tecnológico, sino también una solución eficiente para la logística y el transporte en entornos específicos.

En entornos logísticos o controlados, tales como zonas de parking, almacenes o instalaciones industriales, la ventaja de implementar vehículos autónomos radica en la limitación de situaciones variables y complejas que pueden ocurrir en comparación con el tráfico abierto en las carreteras. Aquí, la previsibilidad es alta y las condiciones son más estables, lo que facilita la programación y anticipación de las acciones del vehículo autónomo.

La automatización del transporte de mercancías en entornos industriales, además de brindar eficiencia y precisión, mejora significativamente la seguridad en estas instalaciones. La manipulación y movimiento de materiales dentro de un entorno industrial puede representar un riesgo para la salud de los operadores humanos en caso de accidente. La adopción de vehículos autónomos reduce este riesgo al mínimo, garantizando una operación más segura y eficaz en estas áreas críticas de producción y logística.

Además, la capacidad de realizar tareas como el estacionamiento autónomo de vehículos en espacios reducidos contribuye a optimizar la gestión de recursos y espacios en instalaciones industriales, en parkings públicos o en espacios multitudinarios, mejorando la eficiencia y la seguridad en general.

Algunos ejemplos de casos de uso con niveles altos de automatización tales como Automated Valet Parking, Platooning, Shuttles de última milla, etc. han sido demostrados

en proyectos financiados por la Comisión Europea como AUTOPILOT¹ o L3PILOT², entre otros.

Por último, cabe mencionar la importancia de regulación por parte de la Comisión Europea y de los Estados Miembros que requiere el despliegue de estos servicios³. En este sentido se están realizando avances, como la aprobación en 2022 del reglamento EU2019/2144 que introduce una serie de sistemas avanzados obligatorios de asistencia al conductor y establece el marco jurídico para la homologación de vehículos automatizados y totalmente sin conductor en la UE (L3 y L4)⁴ y que se introducirá progresivamente entre 2024 y 2029.

Las actuaciones propuestas en este ámbito teniendo en cuenta las prioridades para los próximos años y la evolución de la normativa, son las siguientes:

- Desarrollo y validación de funciones para casos de uso como los mencionados anteriormente, que permitan desplegar los servicios cuando la normativa se apruebe.
- Investigación y desarrollo de nuevas funcionalidades en entornos logísticos que respondan a las necesidades de seguridad, eficiencia y productividad, aprovechando las capacidades que ofrece la conectividad y la automatización.
- Realización de pilotos en entornos controlados que permitan garantizar la robustez de los sistemas y funcionalidades desarrollados.

3.1.4 Sistemas de navegación y control cooperativos y adaptativos a cualquier vehículo y condición (i.e. meteorológica, de tráfico o infraestructura)

La variabilidad de las condiciones de circulación y los posibles problemas de deterioros o falta de disponibilidad de las infraestructuras suponen otro gran reto para los sistemas ADAS, al aumentar la complejidad a la hora de diseñar y actuar en los distintos ODD posibles.

Si hablamos de circulación, poder intercambiar información con los vehículos del entorno gracias al V2V, tales como ruta a seguir, intención de tomar salidas, cambios carril o de velocidad, averías, detección de accidentes, deterioros en el pavimento, etc, puede ayudar a mejorar la fluidez del tráfico y reducir el número de accidentes al tener un conocimiento del entorno y de su evolución en tiempo real. Además, ayudará a los servicios implicados para actuar lo más rápida y eficientemente posible de cara a restaurar las condiciones de circulación normales. De igual manera, el hecho de disponer de esta información por la parte de la infraestructura ayudará a la toma de decisiones, mejorando así la circulación. Un ejemplo es el de no tomar la decisión de poner un semáforo en rojo si no hay ningún

¹ <https://autopilot-project.eu/>

² <https://l3pilot.eu/>

³ <https://www.ccam.eu/paving-the-way-to-driving-automation-in-eu/>

⁴ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_4312

vehículo ni peatón que necesite paso, lo que agilizaría la gestión del tráfico haciendo de una manera inteligente.

Las condiciones del entorno son fundamentales a la hora de conducir. No es lo mismo circular en un día sin nubes, con el suelo seco y una visibilidad perfecta, que hacerlo un día muy lluvioso, donde tendremos que extremar las precauciones debido a que la maniobrabilidad del vehículo se puede ver comprometida al igual que la visión. Para ello, contar con un posicionamiento GPS preciso en unos mapas con la resolución necesaria (mapa HD), y disponer de información meteorológica actualizada podrá ayudar a ir variando las condiciones de circulación (adaptando la velocidad, por ejemplo) lo que puede mejorar la gestión del tráfico en este tipo de circunstancias. Por otro lado, la inclusión de sensores en los vehículos a los que les sean transparentes este tipo de condiciones meteorológicas adversas, unido a los nuevos algoritmos de fusión sensorial, hará que la percepción siga siendo óptima y se puedan evitar situaciones de riesgo.

Es muy importante disponer de unos mapas correctamente actualizados donde la información sobre límites de velocidad, peligrosidad de giros, proximidad de rotondas, cruces, peajes, colegios y de demás elementos estén correctamente localizados e identificados para que la información esté disponible de forma veraz, la adaptación del vehículo a dichas situaciones y adapte la toma de decisiones.

Si hablamos de sistemas de conducción autónomo nivel 3, 4 y 5 también debemos adaptar los distintos sistemas a cualquier vehículo y condición. Concretamente aquí nos centramos sobre los sistemas de navegación y control que se encarga de la toma de decisiones y actuación sobre el vehículo. Este tipo de sistemas tienen como información lo siguiente: Localización y estado actual del vehículo, identificación y predicción del comportamiento de los distintos obstáculos, así como información topográfica, vial, límites de velocidad a través de un mapa digital.

La planificación es capaz de determinar la trayectoria más adecuada y segura para llevar un coche desde su ubicación actual hasta su destino deseado. Esta trayectoria incluye tanto el camino a seguir como la velocidad asociada a cada uno de los puntos de dicha trayectoria, y varía en tiempo real según cambia el tráfico o situación alrededor del vehículo. Es una parte esencial del sistema de conducción autónoma que permite que el vehículo tome decisiones informadas sobre cómo moverse en el entorno en el que se encuentra de forma eficiente y segura.

Control, por otro lado, toma dicha trayectoria de referencia (posición y velocidad deseadas) y lo traduce en distintas señales de actuación. Son los algoritmos encargados de actuar sobre los actuadores del vehículo (volante, freno y acelerador) de forma que la trayectoria deseada se siga con el menor error posible. Este a su vez, se divide en control longitudinal y lateral.

Ambos sistemas, navegación y control, deben ser adaptables tanto a las distintas necesidades del cliente, condiciones de tráfico/meteorológicas, así como a los distintos tipos de vehículos. El sistema de planificación debe ser capaz de gestionar la gran multitud de situaciones de tráfico que podría encontrar, decidir la maniobra más adecuada en cada momento y planificar la trayectoria y velocidad más óptima a seguir por el control. Además,

debe tener en cuenta distintos objetivos/preferencias definidas por el propio cliente o por identificación de distintas situaciones de tráfico. El control, por su parte, deben ser robustos y adaptables a la cantidad de situaciones en las que se puede encontrar el vehículo; tanto meteorológica, como de tráfico o distintas preferencias de conducción del cliente. Además, debe ser capaz de autocalibrar los algoritmos de control según las dinámicas de los distintos vehículos, permitiendo la generalización de dichos algoritmos para cualquier tipo de vehículo

3.1.5 Sistemas avanzados basados en IA para comprensión de entornos

En los últimos tiempos, hemos sido testigos de un avance sin precedentes en el ámbito de la inteligencia artificial. En especial, los sistemas avanzados basados en IA para la comprensión de entornos han emergido como una pieza clave en el desarrollo de tecnologías que prometen revolucionar múltiples sectores, siendo uno de los más destacados el de los sistemas inteligentes de transporte.

El papel de la tecnología en el mundo del transporte ha sido innegable, y hoy, gracias a una variedad de sensores avanzados, los vehículos están equipados con la capacidad de captar y procesar información de su entorno en tiempo real. Sensores de imagen, radares, lidar y ultrasonidos, entre otros, permiten a los vehículos construir un mapa detallado de su entorno, detectando desde obstáculos inmediatos hasta condiciones climáticas adversas.

Este entendimiento del entorno se potencia, en gran medida, por el auge del deep learning y otros modelos avanzados de IA. Estas técnicas permiten a las máquinas aprender y discernir patrones complejos basados en enormes volúmenes de datos, simular el razonamiento humano y tomar decisiones en milisegundos. Y, sin duda, este progreso en inteligencia artificial va de la mano con los avances en capacidad de computación, lo que posibilita procesar y analizar estos grandes conjuntos de datos de manera eficiente.

Para que estos sistemas de IA sean efectivos, es crucial entrenarlos con bases de datos extensas y variadas. Estas bases de datos, compuestas por miles de horas de grabación de carreteras, situaciones de tráfico y condiciones climáticas, permiten que los modelos de IA aprendan a reconocer y reaccionar adecuadamente ante cualquier eventualidad.

Hoy, existen prototipos de vehículos que no solo son capaces de reconocer su entorno, sino también de navegar por él de manera autónoma. Esta realidad anticipa una inminente revolución en la manera en que nos desplazamos y transportamos mercancías. Si bien el objetivo final es el coche autónomo generalista, capaz de operar de manera segura en cualquier contexto, ya estamos viendo la implantación de vehículos sin conductor en entornos más controlados o para situaciones específicas, lo que nos acerca cada vez más a ese futuro deseado.

3.1.6 Sistemas de interacción hombre máquina para supervisar y ayudar al conductor y mejorar la experiencia de usuario

En este tipo de sistemas es necesario la existencia de una interfaz hombre máquina que supervise tanto al conductor como al vehículo, para mejorar la seguridad, eficiencia y experiencia del usuario. Dicho supervisor debe disponer de una interfaz gráfica a través de la cual el usuario tendrá opción de elegir distintas opciones de conducción y consumo. Un modo suave por ejemplo conllevaría una conducción más confortable y un consumo más moderado, mientras un modo sport pues tiene un comportamiento más agresivo y consecuentemente consume más. Dicho modos o parámetros suponen cambios en los algoritmos que componen los sistemas ADAS y de conducción autónoma

La intervención o no del conductor viene determinada por dicho supervisor según sea la situación y el nivel de automatización del vehículo. Los modos auto, alerta o emergencia definen el nivel de atención necesario por parte del conductor dentro del vehículo. Un sistema capaz de detectar el comportamiento del conductor dentro del vehículo es necesario para comprobar si la atención necesaria se da o es necesario activar algún otro sistema de alerta.

3.1.7 Definición de framework para validación y verificación de sistemas de ayuda a la conducción

Todos los datos extraídos durante los rodajes en carretera abierta son utilizados como input para los distintos medios de validación y verificación para los sistemas de ayuda a la conducción. De esta manera, los casos de uso empleados en la validación de los sistemas de ayuda a la conducción que se extraen de dichos rodajes aumentan significativamente. Esto se hace aún más relevante en las plataformas de integración electrónica, donde se es capaz de llevar a cabo validaciones con la mayoría de componentes, tanto a nivel HW como a nivel SW del vehículo.

La motivación principal de este nuevo framework para validación y verificación es conseguir que los sistemas sean cada vez más robustos, desde un punto de vista de la seguridad funcional (ISO26262) como de las limitaciones propias de los sistemas de ayuda a la conducción (SOTIF ISO21448)

3.1.8 Seguridad funcional (safety) en el desarrollo SW

La seguridad funcional en el sector de automoción es la implementación de medidas de protección para eliminar o mitigar los peligros causados por los fallos o el comportamiento no deseado de un sistema a nivel de vehículo.

La norma ISO 26262 proporciona a los fabricantes de automóviles y a sus proveedores una serie prácticas y guías para ayudar a garantizar que la seguridad funcional se logre en cada paso del diseño del producto. Otras normas como la ISO 21448 (SOTIF) complementan la

primera ampliando el número de requisitos por medio del análisis del sistema y la reducción de los estados no seguros y/o desconocidos, y resulta un elemento clave a la hora de establecer los requisitos de seguridad en conducción autónoma.

Sin embargo, a pesar de que la seguridad funcional en el desarrollo software en la industria está, como vemos, bastante bien establecida, las nuevas tendencias que afronta el sector (algunas de las cuales listamos en este mismo documento) provocan que sea necesario revisar la aproximación que se sigue en la misma. La evolución de las arquitecturas vehiculares hacia un modelo en el que el SW y el HW están cada día más desacoplados, tal y como hemos visto en 3.1.1, o la introducción de manera masiva de algoritmos de inteligencia artificial y autoaprendizaje, sistemas cooperativos, sistemas predictivos, etc. plantea como hemos dicho una serie de desafíos entre los que podemos encontrar los siguientes, sin limitarnos a ellos:

- Aislamiento y planificación de la ejecución de aplicaciones críticas y no críticas conviviendo en sistemas embarcados comunes (SoC). Arquitecturas SW robustas, máquinas virtuales, hipervisores, etc.
- Coexistencia de seguridad funcional con algoritmos de inteligencia artificial y sistemas de autoaprendizaje o *machine learning*. Los estándares actuales plantean una metodología donde los requisitos y los diseños de los elementos HW y SW del vehículo tienen un comportamiento que puede modelarse en forma de requisitos y la respuesta que dará ante ciertos estímulos puede predecirse. Sin embargo, los algoritmos de toma de decisiones basados en IA y/o ML requieren un proceso de validación mucho más amplio ya que la respuesta del sistema varían en función de mínimas variaciones en los estímulos de entrada, el histórico, etc.
- Determinación de una base de datos de ODDs (*Operational Design Domains*) diseñados y definidos con un nivel de detalle suficiente que se minimicen el número de eventos y estados desconocidos que puedan impactar la seguridad funcional del software desarrollado (tal cual se indica en la ISO 21448 o SOTIF), tanto a la hora de diseñar el sistema como, sobre todo, a la hora de validarlo.
- Actividades y entornos de validación y simuladores capaces de entregar las herramientas necesarias que permitan verificar que los exigentes requisitos de seguridad que las aplicaciones de los vehículos conectados y autónomos requieren pueden cumplirse antes de lanzarse al mercado. La complejidad de los sistemas de CCAM y la prueba y validación de dichos sistemas supone el mayor desafío para la industria, de acuerdo a recientes encuestas. Realizar una validación únicamente basada en *driving tests* no es suficiente y por tanto se precisa una combinación de los mismos y simulaciones y validaciones estadísticas. De ahí que sea tan importante la definición de ODDs. Este punto está íntimamente ligado a lo explicado en el apartado 3.1.7.
- Aseguramiento de la seguridad funcional del vehículo como sistema completo a lo largo de su ciclo de vida, frente a las actualizaciones (tanto funcionales como de seguridad) de cada uno de los elementos que forman el mismo.
-

Durante los próximos años el sector deberá dar soluciones a estos y otros retos por medio de nuevos estándares y soluciones técnicas y estratégicas.

3.1.9 Ciberseguridad y supervisión para garantizar condiciones de mínimo riesgo

En los últimos años, con el auge de la conectividad, la movilidad y las experiencias de trabajo remoto la ciberseguridad ha cobrado cada vez más importancia en diferentes ámbitos. El sector de automoción no es diferente, y en el mismo ha habido un progreso sustancial a nivel de regulaciones y recomendaciones. En marzo de 2021, UNECE WP.29 aprobó la regulación 155 sobre ciberseguridad en el vehículo y la gestión de la ciberseguridad en las empresas del sector. Ese mismo año se liberó la primera versión de la ISO/SAE 21434 que proporciona las recomendaciones necesarias tanto a nivel de políticas y procedimientos como de desarrollo de productos para cumplimiento de la regulación.

Hay una serie de factores que hacen que la ciberseguridad vaya a cobrar aún más importancia en los años venideros dentro de este sector. Especialmente relevante es la paulatina migración hacia el paradigma de *Software Define Vehicle*. Esto implica mayor cantidad de SW en los vehículos, coexistencia en el mismo SoC de sistemas safety critical con otros sin requisitos de safety, aumento de funciones de conectividad (tanto con la nube como con otros vehículos e infraestructura), mayor número de sensores (ADAS o de otro tipo) y por tanto mayor número de elementos que interactúan con el exterior del vehículo y en consecuencia mayor número de vectores de ataque. Asimismo, la posibilidad de añadir funcionalidades nuevas en los vehículos durante su ciclo de vida, lo que puede añadir nuevas vulnerabilidades al sistema, implica que la ciberseguridad deba tenerse en cuenta de forma global y durante todo el ciclo de vida del vehículo. Del mismo modo aumentan el número de datos que se manejan, y la posibilidad de enlazar esos datos con un PII principal hace que sea más necesario reforzar los mecanismos de ciberseguridad del vehículo.

Las prioridades estratégicas giran en torno a unos elementos principales que se enumeran a continuación:

- Establecimiento de sistemas de gestión de la ciberseguridad (CSMS) en las empresas del sector, con una serie de políticas, responsabilidades y roles bien definidos y que se apliquen de forma transversal.
- Cumplimiento con las normativas y regulaciones relativas a ciberseguridad a la hora del diseño, desarrollo y validación y verificación de los sistemas. Esto implica la realización de análisis de riesgos, escaneo de vulnerabilidades, test de penetración, etc. La incorporación de mecanismos y herramientas que favorezcan la eficiencia de estas actividades debería ser prioridad de cualquier empresa del sector, de forma que se pueda contar con herramientas de gestión de las vulnerabilidades transversalmente a los diferentes proyectos, catálogos de amenazas, kits de pentesting, etc.
- Mantenimiento y supervisión de la ciberseguridad del vehículo durante todo su ciclo de vida, como hemos mencionado anteriormente, en estrecha cooperación con la cadena de proveedores. Dicha actividad implica el establecimiento de centros de operación de ciberseguridad (SOCs), equipos de respuesta a incidentes de ciberseguridad de producto (PSIRT) que sean capaces de detectar y dar respuesta a incidentes de ciberseguridad de la manera más rápida posible. Y por

supuesto, realizar las actualizaciones de seguridad pertinentes de forma remota y segura (Secure OTA) durante todo el ciclo de vida del vehículo.

- A nivel de tecnologías, para hacer frente al entorno cambiante y la gran cantidad de datos y servicios que se ejecutan y procesan dentro del vehículo, se hacen necesarios sistemas de detección y prevención de anomalías basadas en IA y ML. De la misma manera, la coexistencia de múltiples aplicaciones y sistemas operativos dentro del mismo SoC implica que, al igual que en el caso de safety, el asilamiento resulta primordial. Para ello se necesitarán técnicas de seguridad por capas o Defense-in-Depth.

3.2 Conectividad e infraestructura inteligente

3.2.1 Uso y aplicaciones del 5G para soluciones CCAM

El organismo encargado de los estándares de las tecnologías de redes de comunicaciones móviles celulares, el 3GPP⁵, empezó (desde 2017) a desarrollar tecnologías especialmente diseñadas para las comunicaciones en vehículos y, de hecho, en las especificaciones 5G, el vehículo conectado es un objetivo prioritario para poder proporcionar los servicios necesarios con la calidad requerida.

Las redes 5G no solo definen nuevas soluciones para la interfaz radio, sino que se apoyan y desarrollan tecnologías de “softwarización” de la red que representan, probablemente, la mayor revolución en las redes desde el nacimiento de Internet. Estas tecnologías complementarias: **SDN (Software Defined Networking)** [Xia2015] que consiste en separar el plano de control y el plano de datos de la red en nodos físicos distintos. La función de control se centraliza en nodos llamados controladores de red, que ofrecen interfaces de programación que permiten a las aplicaciones SDN configurar la red. Con SDN, la red es mucho más flexible y adaptable a necesidades que cambian con el tiempo; **NFV (Network Function Virtualization)** [Mijumbi2016] que traslada funciones de red de dispositivos hardware dedicados a funciones virtualizadas que se ejecutan en hardware de propósito general. Esto proporciona una gran flexibilidad en cuanto a cuándo, dónde, y cómo desplegar las funciones (servicios de red) necesarias en la red; **Segmentación de red o “network slicing”** [Campolo2017] que permite ofrecer diferentes servicios de red (o diferentes redes lógicas) utilizando la misma infraestructura de red física, por lo que es posible proporcionar un servicio de red personalizado para satisfacer distintas necesidades. Con “network slicing” la red puede garantizar requisitos de baja latencia a algunas aplicaciones al tiempo que sirve a las demandas de gran ancho de banda de otras aplicaciones, y sin desperdiciar recursos de red. SDN y NFV son tecnologías habilitadoras para implementar “network slicing” en la red; Soluciones **Muti-access Edge Computing (MEC)** [Spinelli2021] que despliegan una infraestructura TI (Tecnologías de la Información) con capacidades de virtualización en el borde de la red. Esta infraestructura permite desplegar funciones de red virtualizadas y aplicaciones en el borde de la red. Sin embargo,

⁵ 3GPP – The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) - <https://www.3gpp.org/>

debido a que todas estas tecnologías son recientes y están en continua evolución, existen todavía muchos retos en su aplicación para proporcionar servicios basados en comunicaciones a la movilidad conectada, cooperativa y autónoma.

Las soluciones planteadas por el 3GPP para proporcionar los niveles de acceso de las comunicaciones del vehículo conectado con tecnologías celulares, son conocidas de forma conjunta con el nombre de **C-V2X** (Cellular Vehicle-to-Everything): comunicaciones celulares para las comunicaciones entre vehículos y otros actores (otros vehículos, peatones, la infraestructura, o servidores en la red).

Estas comunicaciones C-V2X pueden utilizar la infraestructura a través de la interfaz denominada **5G Uu** o permitir la **comunicación directa** entre vehículos. La *Release 14* del 3GPP (de mediados de 2017) introdujo, por primera vez, comunicaciones D2D (directas) entre terminales específicamente pensadas para la comunicación entre vehículos, mediante la llamada interfaz PC5, y que permiten a los vehículos operar de manera distribuida en ausencia de infraestructura celular (estaciones base) y comunicarse sin transferir los datos sobre la red celular.

El 3GPP está en un proceso constante de mejora de las soluciones C-V2X, teniendo en cuenta los requisitos de servicios cada vez más avanzados. Un hito importante, ha sido el desarrollo de un nuevo estándar C-V2X (*Release 16*) basado en 5G NR (New radio) air interface [Castañeda2021]. **5G NR V2X** introduce funcionalidades avanzadas sobre la interfaz radio 5G NR para soportar casos de uso de conducción conectada y automatizada con estrictos requisitos. Por otro lado, las *releases* más recientes han ido mejorando, entre otros aspectos, el algoritmo de asignación autónoma de recursos radioeléctricos utilizado para las comunicaciones directas entre vehículos (*sidelink communications*) tanto para el modo 4 de LTE PC5 (*Release 15*) como para el modo 2 de 5G NR New radio) PC5 (*Release 16*).

Posibles casos de uso:

- Uno de los objetivos de C-V2X es hacer posibles servicios más allá de los básicos (servicios Day 1) considerados en las redes de corto alcance (802.11p). La combinación de los servicios de comunicación D2D entre vehículos, con servicios URLLC (de ultra-fiabilidad y baja latencia) y servicios con alta demanda de ancho de banda proporcionados desde la infraestructura en redes 5G, abren posibilidades a servicios como la conducción remota (servicio Day 3), asistencia remota en carretera, y muchos otros. Sin embargo, es necesario más trabajo para explorar cómo usar las versiones más recientes de las tecnologías C-V2X para proporcionar estos servicios.
- Servicios de vídeo: Entre los ejemplos de servicios avanzados están los servicios basados en vídeo. El servicio inicial más interesante de vídeo es el de “See-through” (mirar-a-través) en el que un vehículo comparte vídeo con otro, para permitirle “ver” una parte de la carretera que le está oculta (posiblemente por el propio vehículo que envía el vídeo). Muchas técnicas para el envío eficiente de vídeo pueden ser reaprovechadas y adaptadas a estos servicios en redes vehiculares.

Aspectos abiertos:

- Desarrollo de tecnologías para la provisión de servicios URLLC (de ultra-fiabilidad y baja latencia) necesarios para casos de uso de día 2 y día 2,5 con estrictos requisitos de comunicaciones (KPIs).
- Diseño de una nueva generación de algoritmos de asignación autónoma de recursos utilizados para las comunicaciones directas entre vehículos (sin pasar por la infraestructura) y que permitan de forma eficiente el envío de tráfico aperiódico con mensajes de longitud variable.
- Explorar el papel en la provisión de servicios de las distintas interfaces: LTE PC5, NR PC5, y NR Uu, y como pueden combinarse para la provisión de distintos servicios.
- La computación multiacceso en el borde (MEC) ha liberado el potencial de apoyo a los vehículos conectados a través de servicios de coordinación centralizados que se ejecutan cerca del borde de la red, normalmente en centros de datos a pequeña escala que dan servicio a una o varias estaciones base 5G (gNB). La disponibilidad de recursos informáticos en el borde de la red, junto con la baja latencia que ofrecen las redes 5G/6G NR, han demostrado ser adecuadas para aplicaciones de vehículos cooperativos como el platooning.

3.2.2 Estándares de comunicación de corto alcance

Para implementar las comunicaciones en vehículos se han especificado torres de protocolos y arquitecturas. Las torres de protocolos originales estaban basadas en comunicaciones IEEE 802.11p (IEEE 802.11 OCB –“Outside the Context of a Basic service set”-), un modo de funcionamiento del estándar IEEE 802.11 adaptado a las necesidades de las comunicaciones de vehículos.

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), a través de su comité técnico ITS (“Intelligent Transport System”), se encarga de especificar las normas que definen las tecnologías para las soluciones CCAM y, en concreto, ha desarrollado la torre de protocolos ITS-G5, una torre de protocolos para redes de vehículos, habilitando las comunicaciones directas entre vehículos, y entre vehículos y nodos en la infraestructura (RSUs o “RoadSide Units”). Esfuerzos similares han tenido lugar en otras regiones del mundo, como la torre de protocolos DSRC (“Dedicated Short Range Communications”) basada en estándares del IEEE⁶ y de SAE International⁷ en Estados Unidos. Tanto la FCC⁸ como el ETSI reservaron espectro en la banda de 5,9GHz para servicios de comunicaciones en el vehículo conectado.

Dado el interés creciente en servicios de vehículo conectado y autónomo, con requisitos cada vez más estrictos de calidad (fiabilidad, latencia, ancho de banda) los estándares están evolucionando con la introducción de numerosas mejoras (segunda generación de comunicaciones V2X). Es reciente la publicación en el 2022 del estándar IEEE 802.11bd,

⁶ IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers – <https://www.ieee.org>

⁷ SAE international – <https://www.sae.org>

⁸ FCC – Federal Communications Commission – <https://www.fcc.gov/>

evolución del 802.11p, que ha sido incorporado como ETSI EN 303 797 por el ITS-G5 y que busca introducir mejoras sustanciales en el rendimiento de la red, haciendo también posible la interoperabilidad y coexistencia entre los nuevos terminales IEEE 802.11bd con los terminales existentes IEEE 802.11p.

Casos de uso:

1. Seguridad: aplicaciones para la protección de vehículos, los ocupantes de los vehículos, y otros usuarios de las vías. Especial atención se presta a los usuarios vulnerables (VRU – “Vulnerable Road Users”), usuarios no protegidos por una carrocería de un vehículo: peatones, ciclistas y motociclistas.
2. Eficiencia: aplicaciones que permiten mejorar la eficiencia en el uso de los vehículos: permiten ahorrar combustible, tiempo de desplazamiento, o aprovechar mejor las vías para servir a más usuarios con la misma infraestructura. En muchos casos hay solape entre esta categoría y la anterior: por ejemplo, una aplicación que facilita la incorporación de un vehículo a una vía mejora la seguridad y la eficiencia.
3. Percepción colectiva y cooperativa: dónde la compartición masiva de información de sensores será una ayuda fundamental a maniobras complejas, que son un gran reto para vehículos autónomos, como atravesar una rotonda o una intersección (servicios de día 3). Este servicio está siendo estandarizado por ETSI ITS.

Aspectos abiertos:

- Experimentación con las nuevas tecnologías IEEE 802.11bd y su integración en las pilas de protocolos definidas por ETSI para los sistemas de transporte inteligente (ETSI ITS).
- Interoperabilidad y coexistencia entre los nuevos sistemas con IEEE 802.11bd y los sistemas existentes con IEEE 802.11p.
- Mecanismos de control de congestión de red que permitan adaptar el tráfico generado a los recursos de red, que hagan viables el despliegue de servicios vehiculares basados en una compartición masiva de información de sensores como la percepción colectiva y cooperativa (servicios de día 3).
- Incorporación de tecnologías de aprendizaje máquina a las comunicaciones y redes vehiculares que permitan mejorar su rendimiento logrando KPIs más exigentes (en latencia y ancho de banda) e incrementar su seguridad (detección de comportamientos anómalos y fraudulentos).
- Soluciones híbridas: Uno de los planteamientos posibles de cara al futuro es combinar comunicaciones IEEE 802.11p/IEEE 802.11bd con comunicaciones C-V2X (LTE PC5, NR PC5, y NR Uu), para lo que es necesario explorar la forma y la utilidad de esta solución.

3.2.3 Interoperabilidad entre distintos sistemas (embarcados/infraestructura)

La interoperabilidad es esencial para asegurar la conectividad efectiva entre dispositivos y sistemas, especialmente en el caso de vehículos conectados y su integración en el sistema de transporte autónomo.

Se centra en permitir que elementos de comunicación V2X en vehículo, dispositivos, infraestructura y aplicaciones se comuniquen de manera efectiva entre ellos y con otras partes del sistema, sin importar quién los utilice o dónde se encuentren.

La interoperabilidad es crítica en la implementación exitosa de los sistemas de vehículos conectados, ya que la complejidad aumenta a medida que se añaden más elementos y tecnologías al ecosistema. Aunque en el caso de comunicaciones basadas en estándares de corto alcance, la interoperabilidad debería estar garantizada por diseño, no siempre es el caso (ciberseguridad y uso de certificados verificados por entidad común). Si hablamos de comunicaciones de largo alcance nos situamos en el caso contrario, ya que al utilizar un back-end específico para la comunicación, es necesario un esfuerzo de integración cuando intervienen terceras partes.

Es prioritario definir y evolucionar estándares y arquitecturas que reflejen los avances tecnológicos y mantengan la compatibilidad e interoperabilidad entre los diferentes componentes. El desarrollo de estos estándares y protocolos es fundamental para facilitar el intercambio de información entre los sistemas de información y los dispositivos en los vehículos conectados. Estos estándares han de permitir una comunicación eficiente y segura.

Para alcanzar una interoperabilidad efectiva, es necesario un esfuerzo de colaboración entre diversos stakeholders, incluyendo fabricantes de automóviles, proveedores de tecnología, organismos de certificación y agencias gubernamentales. La adopción de estándares y la armonización de protocolos permitirán una integración más fluida de los vehículos conectados en el sistema de transporte, mejorando la eficiencia, la seguridad y la experiencia del usuario.

Por otro lado, en un entorno con un creciente número de sistemas conectados, el testing, validación y certificación adquieren mayor relevancia para garantizar un acceso fiable al transporte. La interoperabilidad, por su parte, ofrece una serie de beneficios, como la mejora de las comunicaciones y el intercambio de información, una mayor eficiencia en los sistemas de transporte, una reducción de costes y una experiencia de usuario más satisfactoria.

3.2.4 Creación circuitos experimentación V2X carretera abierta. Sandbox

Para facilitar el desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas en vehículos conectados y autónomos es necesario disponer de entornos de referencia que permitan la experimentación y validación de nuevos sistemas y servicios en situaciones reales. Un "sándico" es un entorno controlado y seguro diseñado específicamente para la creación de circuitos de experimentación y zonas de prueba y validación de vehículos autónomos y conectados V2X (Vehicle-to-Everything).

El concepto de sandbox proporciona un espacio virtual o físico donde los fabricantes de automóviles, proveedores de tecnología, investigadores y reguladores pueden colaborar para probar y evaluar la interoperabilidad, rendimiento y seguridad de los sistemas V2X. Estas zonas de experimentación ofrecen una infraestructura especializada que simula y

recrea escenarios de tráfico y comunicación en los que los vehículos conectados pueden interactuar con otros vehículos, peatones, infraestructuras y servicios de tráfico.

La creación de circuitos de experimentación V2X en carretera abierta y zonas de test y validación en entornos sandbox estratégicos es fundamental para garantizar que los vehículos conectados V2X cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento exigidos. Estos entornos permiten probar y refinar algoritmos de comunicación, sistemas de detección y respuesta, protocolos de red y aplicaciones de servicios, entre otros aspectos cruciales para una implementación exitosa de los vehículos conectados.

En España, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana trabaja en un sandbox de movilidad enmarcado en la nueva Ley de Movilidad Sostenible⁹ con el objetivo principal de poner en marcha proyectos piloto innovadores, probar modelos de negocio y obtener información para desarrollar el entorno regulatorio. Aparte, existen también algunos entornos de test equipados que han sido utilizados en pilotos de conducción conectada y autónoma en proyectos como, por ejemplo, C-ROADS¹⁰.

Se proponen las siguientes actuaciones prioritarias en este ámbito:

- Fomento de la colaboración público-privada para acelerar la disponibilidad de entornos de referencia que refuercen el interés del ecosistema español de movilidad autónoma y conectada para la industria de automoción y movilidad.
- Apoyo en la puesta en marcha de circuitos de experimentación de conducción autónoma y conectada en carretera abierta en entornos seleccionados.
- Definición de experiencias piloto sobre sandbox que aceleren el despliegue de sistemas y funcionalidades de conducción autónoma y conectada.

3.2.5 National Access Point para publicación de eventos V2X

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los temas de mayor importancia al hablar de comunicaciones V2X es la interoperabilidad. La existencia de un punto de intercambio de información relacionada con la seguridad en carretera, que sea común y abierto a todos los fabricantes y proveedores de servicios V2X, puede ser uno de los puntos más relevantes para la interoperabilidad especialmente en comunicaciones de largo alcance.

Un Punto de Acceso Nacional (NAP) es un nodo en el que los datos relacionados con ITS se concentran y publican en forma de conjuntos de datos. La Directiva ITS 2010/40/UE y sus regulaciones delegadas exigen que cada Estado Miembro Europeo establezca un Punto de Acceso Nacional (NAP) para los datos de movilidad. Actualmente, hay más de 30 puntos de acceso nacionales operativos en prácticamente todos los Estados miembros de la UE, donde los datos relacionados con la movilidad se publican y están disponibles para su uso.

El objetivo de la Comisión Europea es desplegar en todos los países una prestación armonizada y consistente de los servicios de información de tráfico y apoyar la

⁹ <https://www.mitma.gob.es/el-ministerio/campanas-de-publicidad/ley-de-movilidad-sostenible-y-financiacion-del-transporte>

¹⁰ <https://www.c-roads.es/c-roads-spain>

interoperabilidad en toda la Unión, estableciéndose NAPCORE (National Access Point Coordination Organisation for Europe) como la organización formada para coordinar y armonizar las más de 30 plataformas de datos de movilidad actualmente en funcionamiento en toda Europa.

El marco legal base para la creación de los Puntos de Acceso Nacionales y los Organismos Nacionales es la Directiva ITS de la Unión Europea junto con los reglamentos delegados que se crearon a su amparo. En España el NAP es una aplicación web que se crea por tanto bajo el mandato europeo y que recopila la información proporcionada por las entidades de gestión del tráfico del territorio nacional. La información proporcionada, es la recogida en el reglamento delegado 886/2013 de la Comisión Europea que complementa la Directiva ITS 2010/40/UE. En España actualmente el NAP es accesible a través de <http://nap.dgt.es>.

A nivel europeo se está promoviendo entre los Estados que se confíe en las soluciones, normas técnicas y protocolos existentes, como DATEX II, en la implementación de sus puntos de acceso nacionales. DATEX II es uno de los estándares básicos para proporcionar datos que está regulado para servicios ITS. Permitiendo el suministro digital de datos sobre:

- Condiciones del tráfico / uso en tiempo real de la red de carreteras.
- Estado de la red vial (accidentes/incidentes).
- Información de tráfico relacionada con la seguridad.
- Medidas de gestión del tráfico.
- Regulaciones de tráfico.
- Estacionamiento de camiones.
- Infraestructura de repostaje y recarga y su disponibilidad en tiempo real.

Los estándares de contenido de datos de DATEX II se definen en la especificación CEN/TS 16157, mientras que los protocolos de intercambio DATEX II se especifican por separado, lo que permite un uso más flexible de las especificaciones de contenido para su uso con cualquier protocolo de intercambio que pueda definirse. Algunos proyectos como C-ROADS han contribuido al despliegue de servicios cooperativos (V2X) en España, pero es necesario avanzar en la utilización de información según estándares para que ese despliegue tenga una cobertura relevante y contribuya a la mejora de la seguridad y eficiencia del transporte.

3.2.6 Uso del vehículo como nodo sensorial para suministrar información de seguridad y condiciones de tráfico

Pese a que los servicios de día 1 (Day 1) aún no están al mejor nivel de madurez e interoperabilidad, una de las principales novedades al hablar de servicios de día 2 (Day 2) es la introducción de mensajería CPM o Collective Perception Message y nuevas aplicaciones ligadas a la transmisión de la información relativa a los sensores embarcados de un dispositivo equipado con un sistema de comunicación V2X y sus detecciones en tiempo real, por lo que es de esperar una evolución en el medio plazo.

En el futuro la gestión del tráfico se apoyará en la capacidad de los vehículos autónomos y conectados de recopilar información en tiempo real. La viabilidad de usar datos de vehículos en movimiento (FCD por sus siglas en inglés Floating Car Data) provenientes tanto de los propios

sistemas del vehículo (limpiaparabrisas, ABS, etc.) como de la detección que realiza el vehículo de su entorno a través de los diferentes sensores (RADAR, LiDAR, cámaras, etc.) se ha probado ya en diversos proyectos, fundamentalmente media simulaciones.

La enorme cantidad de datos georreferenciados que pueden proporcionar los sensores que equipan los vehículos autónomos y conectados pueden ser útiles, por ejemplo, para la regulación del tráfico en tiempo real, pudiendo resolver mejor incluso algunas situaciones que con métodos tradicionales de gestión del tráfico. FCD tiene un gran potencial para realizar análisis de variables de tráfico tales como la densidad de vehículos, velocidad, incidentes, matrices origen-destino, etc. Además, teniendo en cuenta que la penetración de vehículos conectados y autónomos es cada vez mayor, la calidad de la información será cada vez mejor, y a un coste significativamente menor que el de la instalación de sensores usados habitualmente para gestión del tráfico.

Algunos casos de uso de interés son los siguientes:

- Monitorizar la situación del tráfico en tiempo real: los datos FCD permiten a las autoridades de tráfico monitorizar la situación de tráfico en tiempo real (velocidad de los vehículos, congestión en las carreteras, patrones de tráfico, etc.)
- Detección rápida de incidentes en la vía, tales como atascos, accidentes, etc., lo que permite una respuesta más rápida para mitigar el impacto en el tráfico.
- Planificación de rutas: encontrar rutas más eficientes evitando áreas con tráfico lento o atascos.
- Control de señales de tráfico adaptativo: los datos de FCD se pueden utilizar para ajustar las señales de tráfico en tiempo real, lo que ayuda a optimizar el flujo de tráfico y reducir la congestión.
- Mejora de la seguridad vial: los datos de FCD también pueden ayudar a identificar áreas propensas a accidentes y condiciones peligrosas, lo que puede llevar a una mejora en la seguridad vial.
- Planificación urbana y desarrollo de infraestructura: los datos recopilados a partir de FCD pueden proporcionar información valiosa, ayudando a tomar decisiones informadas sobre la expansión de carreteras y la construcción de nuevas vías.

El principal desafío en este ámbito es obtener el valor óptimo de los datos de movilidad y para ello se hace necesaria la colaboración de fabricantes de vehículos, fabricantes de componentes, proveedores de datos, operadores de carretera y administraciones. Se proponen las siguientes actuaciones:

- Desarrollo de nuevos algoritmos basados en FCD que proporcionen nuevas funcionalidades para los usuarios, relacionadas con la seguridad y la eficiencia en el tráfico.
- Colaboración con centros de gestión de tráfico para evaluar el impacto del FCD en la señalización de tráfico adaptativa y dinámica.
- Despliegue de pilotos en áreas con niveles representativos de penetración de vehículos conectados que puedan enriquecer los modelos basados en FCD.

3.2.8 Despliegue casos de uso enfocados a la protección de usuarios vulnerables

Las soluciones CCAM mejoran la calidad de vida de las personas al aumentar la seguridad y ofrecer soluciones de movilidad sostenibles, pero el éxito del despliegue dependerá de la integración y comprensión de los efectos en las personas, la sociedad y el medio ambiente, y de manera muy especial en su relación con los usuarios vulnerables (VRU por sus siglas en inglés – Vulnerable Road Users).

La Directiva ITS define como VRU a “usuarios no motorizados de la vía pública, como peatones y ciclistas, así como motoristas y personas con discapacidad o movilidad y orientación reducida”. En los últimos años se observan cambios en la movilidad¹¹, como el notable incremento de la micro movilidad, que en 2022 alcanzó los 157 millones de desplazamientos. También hay un aumento de ciclistas en las carreteras, un sector cuyas ventas entre 2020-2023 alcanzaron los 130 millones (40 millones tan sólo en 2023).

Sin embargo, estas cifras han incrementado también la proporción de muertes en carretera, dónde los usuarios vulnerables representan casi el 70% del total de las muertes, siendo los ciclistas los usuarios que experimentan un mayor crecimiento en las cifras de la última década¹². En Francia, cifras de 2022 presentaban un aumento del 30% en muertes en bicicleta respecto al 2019.

Identificar los escenarios críticos para estos usuarios, y buscar soluciones para reducir riesgos y mejorar la seguridad, son aspectos claves para tener en cuenta en el despliegue de los servicios y tecnologías CCAM. La base de la interacción entre vehículos autónomos y conectados y VRU es no sólo detectar objetos o usuarios, sino predecir el comportamiento de los usuarios vulnerables y en consecuencia tomar decisiones.

Un ejemplo de caso de uso es el aviso que puede proporcionar la infraestructura de la carretera a un vehículo que se aproxima a un cruce, con un paso de cebra de escasa visibilidad. La infraestructura puede detectar la presencia del peatón, gracias a sus sensores, y enviar la información al vehículo conectado.

Otro caso de uso, desplegado en un proyecto piloto de la plataforma C-ROADS¹³, se basa en un sistema de alerta que tiene como objetivo detectar situaciones de riesgo para los ciclistas, y advertir a los conductores de vehículos. Se trata de un servicio “Day 1.5” valioso para cuando el conductor está distraído o tiene poca visibilidad, y de manera especial en intersecciones donde los peligros de accidente son mayores.

En el proyecto C-Mobile¹⁴ también se han probado varios casos de uso relacionados los VRU, como los sistemas de avisos que detectan situaciones de riesgo para peatones en intersecciones y advierte a los conductores, por ejemplo, en caso de infracción de señales

¹¹ Vulnerable Road Users Safety Consortium. <https://vrusc.sae-itc.org/>

¹² <https://erticonetwork.com/road-safety-in-the-eu-preliminary-figures-of-2022/>

¹³ <https://www.c-roads-germany.de/english/c-its-services/vru/>

¹⁴ <https://c-mobile-project.eu/>

de tráfico; o los semáforos cooperativos para usuarios vulnerables, también conocido como priorización de semáforos, que adapta la duración de las fases roja/verde a los ciclistas y peatones para un viaje más seguro.

Actuaciones propuestas: las aplicaciones de seguridad vial basadas en ITS han demostrado su eficacia, pero para un beneficio completo de CCAM por parte de la sociedad debe realizarse un mayor despliegue de servicios para VRU, que incluya el desarrollo de nuevas funcionalidades a partir de los casos de uso y la puesta en marcha de proyectos piloto para validar el funcionamiento y necesidades específicas concretas.

3.3. Gestión de movilidad: urbana, interurbana, transporte público y MaaS

Una adecuada gestión de la movilidad en un futuro próximo parte de la base que el automóvil no seguirá siendo un elemento aislado que hace uso de una infraestructura viaria, sino que el automóvil está integrado cada vez más en un sistema de movilidad mucho más complejo e interrelacionado, del que seguirá siendo uno de los elementos fundamentales, pero no el único ni el más destacado. Esto es especialmente cierto en el entorno urbano en el que, desde hace unos años, se están repensando y redefiniendo los usos del espacio público, en correspondencia con los cambios sociales, culturales y económicos, y que poco a poco están consolidando una tendencia bastante clara a reducir la presencia del vehículo privado y priorizar otros modos de movilidad en la ciudad. La industria del automóvil se está adaptando a esta nueva realidad, caracterizada por un elevado grado de incertidumbre y cambios acelerados, pero que al mismo tiempo ofrece nuevas oportunidades de desarrollo de nuevas tecnologías, funcionalidades, soluciones y modelos de negocio que contribuyen a mejorar la movilidad de las personas y el transporte de mercancías. En particular, en este epígrafe se describen estas nuevas oportunidades y tendencias, agrupadas en cuatro ámbitos concretos centrados en la gestión de datos, la gestión de espacios, nuevos tipos de vehículos y nuevos servicios de movilidad.

3.3.1 Gestión de datos

La introducción masiva y despliegue generalizado de las tecnologías de la información y las comunicaciones, también aplicadas a movilidad, tiene como consecuencia el crecimiento exponencial de los datos disponibles, cuya gestión (generación, captación y procesado) supone un reto enorme al que es necesario dedicar recursos específicos, pero que asimismo representa una oportunidad para mejorar y aumentar la eficiencia de los sistemas de transporte en conjunto (gestión de tráfico, seguridad, etc.). En particular, comienza a vislumbrarse el impacto que la Inteligencia Artificial también podría tener en este campo. Se enumeran a continuación algunos de los campos que a este respecto son más relevantes:

- **Adquisición y gestión de datos de movilidad (de vehículos particulares o de flotas, ya sean privadas o públicas) para la toma de decisiones.** La recogida de datos de los vehículos conectados va a permitir que estos se conviertan en una fuente de

información extremadamente valiosa para el análisis de la movilidad. Es necesario afianzar y estandarizar la manera en la que se obtienen estos datos y se suben a la nube para su posterior explotación. La recogida de datos debe ser lo más fiable posible, intentando evitar pérdidas de información cuando estos no se puedan enviar inmediatamente. Mientras que algunos de los datos que se pueden recoger de los vehículos requieren de un análisis o recepción instantáneos, como por ejemplo los avisos de emergencias o accidentes, otros no pierden valor con el tiempo, como los datos asociados a localizaciones concretas: velocidades, aceleraciones, frenadas, etc. Otro punto fundamental para la explotación exitosa de los datos recogidos es su estandarización, de forma que sea posible compartir datos provenientes de distintas fuentes y marcas, o distintos tipos de vehículos. Cuanto más estandarizados estén los datos, mayor provecho se podrá sacar de los mismos.

- **Floating car data** – recolección de datos proporcionados directamente por los vehículos. En relación con el punto anterior, es indispensable la definición clara de qué datos es interesante recuperar de los vehículos, la frecuencia de su muestreo y su tiempo de latencia hasta la adquisición de la información. Para ello, hace falta una visión clara de la función que se va a desarrollar con estos datos y cuáles serán las aplicaciones a las que estén destinados. En línea con esto, y en cumplimiento de la ley de protección de datos, será necesario informar al usuario de los vehículos, ya sean particulares o parte de una flota, de qué datos se están recogiendo y con qué finalidad.
- **Nuevos modelos y centros de gestión de tráfico**, con inclusión de servicios cooperativos (C-ITS) y accesibilidad externa a la información disponible (open data). La gestión del tráfico por los operadores es clave para mejorar la calidad de los servicios prestados a los ciudadanos: más seguridad, reducción de la congestión del tráfico y más información sobre el estado de las carreteras. Los nuevos modelos y centros se beneficiarán de nuevas tendencias y tecnologías (floating car data, sistemas on-board, Inteligencia Artificial, etc.) Los sistemas cooperativos y la conducción automatizada suponen nuevos retos para los operadores, surgirán nuevos modelos de negocio, y tanto operadores como autoridades tendrán que hacer frente a nuevos escenarios, como el paso de servicios públicos a privados, los sistemas como servicios, de la propiedad a la economía colaborativa, etc.
- **Estimación de densidad y velocidad de tráfico. Modelos de simulación mejorados. Digital twins.** Una de las aplicaciones más directas que se pueden obtener a partir de la recogida de datos de los vehículos conectados es el modelado de la velocidad y densidad de tráfico asociados a cada tramo kilométrico de la red de carreteras. Recogiendo la información geolocalizada y temporal de las velocidades de cada vehículo a lo largo de sus trayectos es posible hacer una reconstrucción de las velocidades medias, así como máximas y mínimas de los vehículos que circulan por un determinado tramo de vía. Organizando la información por día de la semana y hora, mes del año, etc. es posible conocer el estado “normal” de cada carretera e identificar problemas puntuales o su evolución a lo largo del tiempo. Los gemelos digitales que modelen el comportamiento del tráfico en las carreteras son una potente herramienta, que permitirá replicar el comportamiento real de manera

precisa, pudiendo simular situaciones hipotéticas, predecir posibles problemas y planificar soluciones a problemas existentes con antelación.

- **Señalización dinámica.** Recopilación de datos del estado del tráfico y la carretera, y adaptación en tiempo real de las condiciones de circulación (p.ej. límites de velocidad variables, gestión de intersecciones, etc.). Las formas avanzadas de señalización del tráfico a menudo se optimizan y autoorganizan para diferentes escenarios en grandes áreas urbanas y metropolitanas donde existe la necesidad de controlar el tráfico y dar prioridad al transporte público. Desde una perspectiva de seguridad, mejorar la sincronización de la señal puede reducir la dispersión de velocidad, reducir la ocurrencia de colisiones traseras, prevenir accidentes resultantes de violaciones de luz roja y proporcionar protección adicional a peatones y ciclistas. Como componente de la Gestión Activa del Tráfico (ATM), los sistemas de Límite Dinámico de Velocidad (DSL) tienen como objetivo mejorar la seguridad del tráfico a través de reducciones en las velocidades medias y en las variaciones de velocidad dentro y entre carriles, y entre flujos aguas arriba y aguas abajo. Además de afectar la seguridad del tráfico, los DSL también podrían tener efectos en un flujo de tráfico más suave, congestión y tiempos de viaje, así como en las emisiones de los vehículos y el ruido de la carretera. Los límites de velocidad variables (VSL) se utilizan a menudo como sinónimo de DSL. DSL o VSL utiliza tecnologías basadas en la infraestructura, como las señales de mensaje variable (VMS) que se utilizan a menudo para informar a los conductores de accidentes, condiciones adversas de la carretera como congestión, obras viales, condiciones climáticas u otros factores que requieren un aumento en la conciencia y una reducción en la velocidad. Estas señales a menudo están automatizadas o semiautomatizadas junto con una estrategia de gestión y control del tráfico y pueden proporcionar información oportuna cuando sea necesario.
- **Mobility data spaces**, que faciliten el intercambio de datos y la interoperabilidad de servicios. Iniciativas como GAIA-X impulsan en Europa la implantación de espacios de datos en diferentes sectores de la economía, y específicamente cuenta con un grupo de trabajo que aborda los principales retos en lo referente a proyectos sobre la compartición y explotación de datos de movilidad. Entre otras acciones, son prioritarios en este punto el establecimiento de estándares, el desarrollo de los componentes técnicos que habilitan los espacios de datos y los primeros proyectos que desarrollen estos conceptos.

3.3.2 Adaptación de espacios y servicios en entornos urbanos

El espacio público, y en especial el referido a las ciudades, se caracteriza por la coexistencia de diferentes modalidades de movilidad, en un entorno progresivamente más complejo en el que debe garantizarse la seguridad de los usuarios de las vías públicas. Las diferentes administraciones públicas y planificadores urbanos aseguran la adecuada gestión del uso del espacio público, según las directrices recogidas en los planes de movilidad urbana sostenible (que priorizan ciertos modos de movilidad frente a otros, establecen espacios segregados frente a espacios compartidos, etc.). Además, a la infraestructura física para la movilidad se le añade una nueva capa de infraestructura digital que permite la

comunicación e intercambio de información entre todos los elementos del sistema. Algunos de los retos y ámbitos de desarrollo en esta temática son los siguientes:

- Integración de **diferentes modos de movilidad en el entorno urbano**. El concepto de intermodalidad tiene como objetivo impulsar un mejor uso de los servicios de movilidad existentes y facilitar la integración de nuevas soluciones, modelos de negocio y modos de movilidad. Esto incluye aumentar la interconectividad y la accesibilidad de los modos de movilidad y los centros en red.
- Gestión de **Zonas de Bajas Emisiones; Zonas de acceso controlado; Zonas especiales (p.ej. zonas escolares); Zonas de carga y descarga**. A través de medidas reguladoras que restringen el acceso de vehículos a un área determinada mediante regulaciones o prohibiciones. Se pueden establecer regulaciones, por ejemplo, para reducir las emisiones (zona de bajas emisiones o zona de cero emisiones) o la cantidad de tráfico (zona de tráfico limitado) o para mejorar la seguridad (regulación por tamaño o dimensión del vehículo). Los vehículos que no cumplan no están permitidos en el área regulada y sus propietarios / usuarios pueden ser castigados con una multa si ingresan.
- **Racionalización del aparcamiento**. Se trata de mejorar la monitorización y uso de los espacios de aparcamiento (en superficie y subterráneo; modos; nivel de ocupación). Una de las opciones que se incluye es el “Automated Valet Parking”, una medida que no requiere de conductor y a través de la cual el vehículo recibe información de la plaza de aparcamiento libre.
- Monitorización y actuaciones en **zonas de concentración y riesgo de accidentes**. Recopilación de información (vehículos de dos ruedas, vehículos de cuatro ruedas -automóviles, camiones, furgonetas-, remolques, etc.); Detención no autorizada o seguimiento de vehículos de interés que sumado al despliegue de infraestructura de movilidad conectada (Semáforos, señales variables) permiten actuar en tiempo real para reducir riesgos de accidentes.
- **Law enforcement** - cumplimiento de la ley, a través de, por ejemplo, sistemas automáticos de control de la indisciplina vial. La policía debe monitorear y detectar violaciones en las intersecciones de tráfico y en las carreteras con un sistema que capture automáticamente una imagen del vehículo que viola las reglas. El video y las imágenes capturadas se almacenan como evidencia para referencia futura. Combinado con la función de reconocimiento automático de matrículas (ANPR), esto se puede utilizar para identificar automáticamente a los infractores y generar sanciones según las regulaciones locales, reduciendo así dichas infracciones y mejorando el flujo de tráfico. Se pueden detectar las siguientes infracciones: detección de infracción de luz roja, detección de infracción de velocidad o infracción de sentido contrario.

3.3.3 Nuevos conceptos de movilidad

Para las diferentes opciones de movilidad, existe ya una tipología de vehículos muy variada, en la actualidad con una presencia muy destacada de los coches. Esta diversidad irá en

aumento, con nuevos conceptos de vehículos con características y funcionalidades adaptados a cada modo de movilidad (desde vehículos de movilidad personal hasta drones). Algunos de los aspectos a tener en cuenta en este ámbito son:

- **Transporte colectivo/alta capacidad.** El crecimiento de la población y la urbanización conducen a un crecimiento de la demanda de transporte para la cual los vehículos públicos actuales no están preparados. Por ello son necesarios nuevos conceptos que permitan superar la capacidad actual de los vehículos y que se integren fácilmente con la infraestructura existente.
- **Micromovilidad - Vehículos de movilidad personal** (patinetes, bicicletas...) Se trata de soluciones de movilidad que ayudan a reducir la congestión de tráfico y la contaminación atmosférica, suponen una opción económica para el usuario y responden a la demanda generalizada de un transporte urbano multimodal.
- **Nuevos tipos de vehículos para transporte de personas y mercancías de última milla.** Se generalizarán los servicios de movilidad y transporte de mercancías compartidos y automatizados que ofrecerán una movilidad “puerta a puerta” tanto para personas como para mercancías. Esto contribuirá a un transporte más sostenible, seguro y adaptado a la demanda.
- **Urban Air Mobility.** La movilidad aérea urbana se plantea como un nuevo sistema de transporte aéreo para pasajeros y mercancías que dé respuesta a las necesidades de movilidad en entornos urbanos muy poblados, gracias al uso de aeronaves eléctricas de despegue y aterrizaje en vertical equipadas con nuevas tecnologías, incluidas las de baterías mejoradas y propulsión eléctrica.
- **Atención a discapacitados y otros VRUs.** Los nuevos conceptos de movilidad deben adoptar medidas para atender a la diversidad y al envejecimiento poblacional, a través de vehículos adaptados y seguros que contribuyan a disminuir las cifras de muertes en carretera. En los centros urbanos, por ejemplo, las estadísticas son contundentes: el 70% de las muertes registradas en carretera corresponden a peatones, ciclistas y conductores de vehículos de dos ruedas (Fuente: EIT UM).

3.3.4 Nuevos servicios de movilidad/modelos de negocio


Por último, los cambios en la infraestructura y los nuevos tipos de vehículos van aparejados a los nuevos servicios y modelos de negocio innovadores, tanto para la movilidad de las personas como el transporte de mercancías. Nuevas demandas sociales, preferencias individuales y normativas públicas confluyen para conformar una movilidad más integrada, sostenible e inclusiva, reclamada como un derecho básico de la ciudadanía. Algunos de los nuevos modelos surgidos en los últimos años, y que se seguirán desarrollando en el futuro, son los siguientes:

- **Carsharing, bikesharing, carpooling.** La forma en la que nos movemos en nuestro día a día está sufriendo una revolución. La razón es clara: los vehículos en propiedad pasan más de un 95% del tiempo aparcados sin uso. Esto los convierte en un recurso muy infrutilizado y hace que el número total de automóviles sea mucho mayor de los que serían necesarios si fueran un recurso compartido, con todo lo que ello conlleva: gastos asociados al mantenimiento de los vehículos, espacio

necesario para su aparcamiento, gasto de recursos para la fabricación de los mismos, etc. Por todo ello, la movilidad en las ciudades cada vez está más enfocada al transporte urbano y un menor uso del vehículo particular, devolviendo el espacio público a los peatones en detrimento de los coches. Acciones tan sencillas como compartir coche a la hora de ir los centros de estudio o trabajo, utilizar bicicletas compartidas para hacer trayectos dentro de la ciudad o utilizar coches compartidos para desplazamientos cortos pueden suponer un gran impacto a gran escala si se convierten en la forma habitual de comportamiento. La descongestión del tráfico de las ciudades, el desplome de los niveles de contaminación y una ciudad más limpia, con menor espacio ocupado por coches aparcados están alcance de nuestra mano.

- **Servicios bajo demanda.** (Demand responsive transport – DRT) Es una forma de transporte público (y en algunos casos también privado) que proporciona opciones de movilidad flexibles entre el transporte masivo clásico y el transporte individual. Es especialmente adecuado para satisfacer las necesidades de movilidad en áreas de baja densidad (por ejemplo, regiones escasamente pobladas) y / o cuando la demanda es baja (por ejemplo, horas nocturnas o fuera de las horas pico). En áreas urbanas densamente pobladas, los servicios bajo demanda tienen el potencial de reducir el uso del automóvil privado al proporcionar una alternativa puerta a puerta. Sin embargo, para ofrecer el nivel de servicio necesario en términos de disponibilidad de vehículos y tiempos de espera reducidos, estos servicios requerirán operaciones de flota a gran escala con altos costos involucrados. Además, los servicios bajo demanda luchan por competir a un costo razonable para la administración pública dada la amplia gama de servicios de transporte público disponibles, opciones de movilidad compartida y vehículos privados.
- **MaaS** - Multimodalidad e integración de servicios disponibles. El concepto de movilidad como servicio crea nuevas formas de utilizar y pagar la movilidad, trasladando al usuario la toma de decisiones a través de soluciones a medida de sus necesidades. Esto implica nuevos modelos de negocio que integren los distintos modelos de movilidad, proporcionando información y con opciones de pago seguras. La MaaS también se considera una estrategia que puede aportar soluciones para avanzar hacia un modelo de transporte más sostenible.
- **Logística interurbana (transporte pesado) y de última milla** acrecentada por el e-commerce. El objetivo principal de la logística interurbana de mercancías es ofrecer servicios logísticos al ciudadano mejores y más personalizados, fomentando el desarrollo económico local. Las principales medidas son la creación y gestión de nuevos centros logísticos y minihubs logísticos urbanos.

A continuación, se incluye una tabla con las prioridades estratégicas y tecnologías habilitadoras involucradas.

		TECNOLOGÍAS HABILITADORAS															
		Inteligencia Artificial	Ciberseguridad	Seguridad Funcional	Tecnologías celulares (5G)	Tecnologías comunicación corto alcance	Sensórica/OT	Sistemas electrónicos	HMI/UX	Desarrollo de SW	Mapas HD precisos	Espacio de datos	Gemelo Digital	Modelos de simulación	Medios validación	Estándares y normalización	
PRIORIDADES ESTRATÉGICAS CCAM	Nuevas arquitecturas para vehículos inteligentes (sdv)																
	Definición de ODDs																
	Sistemas de conducción autónoma en entornos controlados																
	Sistemas de control cooperativos y adaptativos																
	Sistemas avanzados basados en IA para comprensión de entornos																
	Sistemas de HMI para mejorar experiencia de usuario																
	Definición de framework para validación y verificación																
	Seguridad funcional en el desarrollo SW																
	Ciberseguridad y supervisión para garantizar condiciones de mínimo riesgo																
	Uso y aplicaciones del 5G para soluciones CCAM																
	Estándares de comunicación de corto alcance																
	Interoperabilidad entre distintos sistemas																
	Creación de circuitos de experimentación V2X. Sandbox.																
	National Access Point para publicación de eventos V2X																
	Uso del vehículo como nodo sensorial																
	Despliegue de casos de uso orientados a protección de usuarios vulnerables																
	Gestión de datos																
	Adaptación de espacios y servicios en entornos urbanos																
Nuevos conceptos de movilidad																	
Nuevos servicios de movilidad/modelos de negocio																	

4 Impactos esperados

CCAM tendrá un impacto muy relevante según vaya siendo mayor la penetración de vehículos con funciones autónomas, conectadas y cooperativas. Este impacto se reflejará especialmente en los siguientes ámbitos:

- Seguridad vial
- Eficiencia en el transporte
- Medio ambiente
- Nuevas competencias

La cadena de valor tradicional del sector de automoción ha evolucionado hacia una cadena de valor mucho más compleja y multisectorial, con involucración de multitud de actores de sectores como el de infraestructuras, logística, TIC, ITS, energía, etc. necesarios para la viabilidad del despliegue de CCAM y nuevos conceptos de movilidad respetuosos con el medio ambiente. Esta transformación también da lugar a nuevos modelos de negocio.

Impacto en el empleo

La transformación de la movilidad hacia la movilidad autónoma y conectada tendrá un impacto significativo en el empleo, con cambios en la demanda de habilidades y la creación de nuevas oportunidades laborales.

Según un informe de PwC, se estima que la adopción de la movilidad autónoma y conectada podría resultar en una pérdida neta de empleos en áreas relacionadas con el transporte y la logística. Se calcula que, en los próximos 30 años, podrían perderse alrededor de 46.000 puestos de trabajo en España debido a la automatización y digitalización de estos sectores.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que también se proyecta un crecimiento en el empleo asociado al desarrollo, validación y fabricación de nuevos vehículos autónomos y sistemas de conectividad. Se espera un aumento en la demanda de profesionales especializados en áreas como la inteligencia artificial, la ingeniería de software, la ciberseguridad, la realidad aumentada, la telemática y la gestión de datos, entre otras.

El empleo asociado al desarrollo, validación y fabricación de nuevos vehículos autónomos y conectados podría crecer en los próximos años, especialmente en las competencias anteriores aplicadas a:

- El desarrollo de nuevas funciones, sistemas y componentes
- El diseño de medios de verificación y validación en planta
- La validación de las nuevas funciones
- Los centros ITS asociados a las infraestructuras

Además, la adopción de la movilidad autónoma y conectada también creará nuevas oportunidades relacionadas con los nuevos servicios en torno a los nuevos modelos de movilidad y al diseño de nuevas experiencias de usuario.

Es importante destacar que las estimaciones y proyecciones pueden variar y que el impacto en el empleo dependerá de múltiples factores, como la velocidad de adopción de la tecnología, las políticas gubernamentales, la capacidad de adaptación de la fuerza laboral y la evolución de la demanda del mercado.

La transformación hacia la movilidad autónoma y conectada tendrá un impacto en el empleo, con cambios en la demanda de habilidades y la creación de nuevas oportunidades laborales. Si bien se estima una pérdida neta de empleos en ciertos sectores, también se proyecta un crecimiento en áreas especializadas relacionadas con la tecnología y la innovación en la industria de la movilidad.

Por ello es importante apostar por la formación en nuevas competencias a través de formación dual o programas de especialización en CCAM.

Impacto en la sociedad

La transformación de la movilidad hacia la movilidad autónoma y conectada tendrá un impacto significativo en la sociedad en múltiples aspectos. Se estima que el 90% de los accidentes de tráfico son causados por errores humanos. La adopción de la movilidad autónoma y conectada tiene el potencial de reducir drásticamente estos accidentes y salvar vidas.

En cuanto a la eficiencia del transporte, se estima que los vehículos autónomos pueden aumentar la capacidad de las carreteras hasta en un 60%. Se espera que los vehículos autónomos reduzcan el tiempo de viaje en un 10-20% y disminuyan los costes de transporte en un 40% (McKinsey).

La movilidad como un derecho universal es un aspecto importante de esta transformación. Según la Organización Mundial de la Salud, más del 15% de la población mundial tiene

alguna forma de discapacidad. La movilidad autónoma y conectada puede mejorar la accesibilidad y la inclusión al brindar opciones de transporte más accesibles y adaptadas a las necesidades de todas las personas.

La movilidad autónoma y conectada tendrá un impacto positivo en la sociedad, reduciendo accidentes, mejorando la eficiencia del transporte y promoviendo la movilidad inclusiva y sostenible.

Impacto en la competitividad

La movilidad autónoma y conectada brinda una gran oportunidad para aumentar la competitividad de la industria española, especialmente para los fabricantes de vehículos y proveedores de componentes y tecnologías, así como otras entidades de la cadena de valor. Apostar por tecnologías como la Conducción Autónoma y Conectada (CCAM) fortalecerá la posición de las empresas en este sector en constante evolución. La demanda de profesionales especializados en electrónica, software y otras disciplinas relacionadas está en aumento, lo que brinda una oportunidad para el ecosistema español.

España se presenta como un entorno de referencia para la validación de vehículos autónomos y conectados, con una amplia infraestructura de pruebas y condiciones climáticas diversas. Además, la fabricación de componentes electrónicos y el ensamblado de vehículos autónomos y conectados también ofrecen una oportunidad para fortalecer la competitividad de la industria española.

Asimismo, la transformación hacia la movilidad autónoma y conectada impulsará la innovación y el desarrollo tecnológico en España. Las empresas que lideren estas tecnologías tendrán una ventaja competitiva, generando empleo cualificado y contribuyendo al crecimiento económico. La atracción de inversión y talento se verá beneficiada, ya que España ofrece un entorno propicio para la investigación y el desarrollo en este ámbito. La expansión internacional será una realidad para las empresas españolas líderes en la movilidad autónoma y conectada, lo que aumentará su competitividad en el mercado global. La transformación de la cadena de valor del sector también se verá impactada, con una mayor integración entre fabricantes de vehículos, proveedores de tecnología, empresas de software y servicios de movilidad.

La nueva movilidad autónoma y conectada brinda múltiples oportunidades para aumentar la competitividad de la industria española. Apostar por las tecnologías necesarias, aprovechar el ecosistema de conocimiento y validación existente, ser un entorno de referencia en validación, atraer nuevos proyectos de I+D y fabricación, y fortalecer la posición en la cadena de valor son estrategias clave para impulsar la competitividad de la industria de automoción española en esta transformación hacia la movilidad del futuro. Además, las proyecciones y datos respaldan el potencial de crecimiento y la importancia de esta transformación para la economía española.

Impacto medioambiental y en sostenibilidad

La transformación de la movilidad hacia la movilidad autónoma y conectada tiene el potencial de tener un impacto medioambiental significativo y positivo en varios aspectos:

- Reducción de emisiones: La adopción de vehículos autónomos y conectados, especialmente aquellos con propulsión eléctrica, puede contribuir a una considerable reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes locales. Según la Agencia Internacional de Energía, se estima que para el año 2030, los vehículos eléctricos podrían representar aproximadamente el 30% de las ventas globales de automóviles, lo que tendría un impacto significativo en la reducción de emisiones de CO₂.
- Optimización del tráfico y reducción de congestiones: Los vehículos autónomos y conectados están equipados con tecnologías que permiten una mejor gestión del tráfico y una mayor eficiencia en la circulación de los vehículos. Estudios sugieren que la implementación de la conducción autónoma podría reducir las congestiones de tráfico hasta en un 20%, disminuyendo así los tiempos de viaje y las emisiones asociadas a la detención y arranque constantes en atascos.
- Uso más eficiente de los recursos: La movilidad autónoma y conectada puede fomentar el uso más eficiente de los recursos relacionados con el transporte. Según la Asociación Europea de Fabricantes de Automóviles, se estima que los servicios de movilidad compartida, habilitados por vehículos autónomos, podrían reducir la necesidad de vehículos privados hasta en un 80%. Esto no solo disminuiría el consumo de combustible y las emisiones, sino que también liberaría espacio urbano utilizado para el estacionamiento de vehículos.
- Mejora de la seguridad vial: Los vehículos autónomos están diseñados para reducir los errores humanos, que son responsables de la mayoría de los accidentes de tráfico. Según la Organización Mundial de la Salud, se estima que los accidentes de tráfico causan aproximadamente 1.35 millones de muertes al año a nivel mundial. La conducción autónoma tiene el potencial de reducir significativamente este número al mejorar la detección de peligros, mantener distancias seguras y evitar comportamientos riesgosos al volante.

Impacto en el potencial de innovación e investigación español

El futuro de la movilidad autónoma y conectada tiene un impacto significativo en el potencial de innovación e investigación en España. El país cuenta con un ecosistema potente y diverso que puede impulsar nuevos proyectos en este ámbito.

En primer lugar, España cuenta con centros tecnológicos de renombre y universidades de primer nivel, que son pilares fundamentales en la generación de conocimiento y desarrollo de nuevas tecnologías. Estas instituciones educativas y de investigación ofrecen programas especializados y colaboran estrechamente con el sector empresarial para fomentar la innovación en el ámbito de la movilidad autónoma y conectada.

Además, el ecosistema español se enriquece con la presencia de start-ups y pymes que están impulsando la creación y adopción de soluciones innovadoras en este campo. Estas empresas emergentes aportan ideas frescas, agilidad y capacidad de adaptación a los cambios tecnológicos, lo que contribuye al avance y desarrollo de la movilidad autónoma y conectada en el país.

El sector TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación), el sector energético, el sector de infraestructuras y el sector ITS (Sistemas de Transporte Inteligente) también desempeñan un papel crucial en la innovación y la investigación en movilidad autónoma y conectada. Estos sectores aportan conocimientos y recursos en áreas como la conectividad, la gestión de datos, la eficiencia energética y la infraestructura necesaria para la implementación de sistemas inteligentes de transporte.

Además, España es sede del EIT Urban Mobility, una iniciativa europea que impulsa la innovación y colaboración en el ámbito de la movilidad urbana sostenible. Esta red ofrece oportunidades de financiamiento, colaboración y apoyo para proyectos de movilidad autónoma y conectada en el país.

Las ciudades españolas también desempeñan un papel importante en la modernización y adopción de tecnologías de movilidad. La Dirección General de Tráfico (DGT) ha estado promoviendo proyectos y pruebas piloto en ciudades españolas para evaluar y promover la movilidad autónoma y conectada. Estas experiencias previas de relevancia proporcionan una base sólida para futuras implementaciones y mejoras en la movilidad del país.

FUENTES DE INFORMACIÓN (no exhaustivo)

- CCAM Partnership Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) (https://www.ccam.eu/wp-content/uploads/2022/05/CCAM_SRIA-report_web.pdf)
- Concept paper on an open European software-defined vehicle platform for the vehicle of the future (<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/concept-paper-open-european-software-defined-vehicle-platform>)
- <https://erticonetwork.com/road-safety-in-the-eu-preliminary-figures-of-2022/>
- Vulnerable Road Users Safety Consortium. <https://vrusc.sae-itc.org/>
- C-ROADS European Platform (<https://www.c-roads.eu/platform.html>)
- 3GPP – The 3rd Generation Partnership Project (3GPP) - <https://www.3gpp.org/>
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers – <https://www.ieee.org>
- SAE international – <https://www.sae.org>

GT4. ESPACIO INTERIOR

1. Factores y drivers que afectan al espacio Interior del vehículo. Tendencias 2030

La evolución de los desarrollos con los que los agentes de sector de automoción estaban adaptándose estos últimos años para satisfacer las tendencias de la movilidad del futuro, se ha visto seriamente alterada a causa de una serie de factores acontecidos incluso desde antes de la pandemia que paralizó el mundo en 2020:

- Por un lado, el endurecimiento de las regulaciones ambientales en materia de emisiones, especialmente estrictas en la Unión Europea. El cumplimiento de los objetivos regulatorios obliga a una seria transformación de la industria del automóvil y está teniendo profundas implicaciones en todo el ecosistema de la movilidad.
- Por otro, la inminente prohibición de venta de vehículos de combustión interna (ICE), que incluye también a las motorizaciones híbridas, desprecia injustamente los esfuerzos realizados por el sector en los últimos años para desarrollar propulsores ICE de nueva generación con los que se consigue reducir sustancialmente emisiones, no sólo de CO₂ sino también de otros gases y partículas nocivas.
- Al tiempo, se ha agravado también el contexto político y socioeconómico, derivando en problemas de suministro de componentes clave (semiconductores y componentes electrónicos) y de encarecimiento exponencial del precio de la energía, materiales críticos y materia prima básica. Todo ello contribuye a acrecentar la incertidumbre en el mercado de automoción, resultando imposible en este momento hacer previsiones fiables de negocio a medio plazo.
- Estas cuestiones vienen creando un clima de confusión social en el que los usuarios no saben qué tipo de vehículo pueden adquirir sin temor a prohibiciones o a la actual falta de madurez de determinadas tecnologías/infraestructuras, optando por estirar durante más tiempo la utilización de vehículos antiguos y contribuyendo con ello a generar el efecto contrario al deseado (repunte de emisiones contaminantes). Este factor de indecisión de compra se ha agravado considerablemente a raíz de la crisis inflacionaria y el temor a una recesión económica global como consecuencia de las circunstancias descritas.

La suma de todo ello está provocando importantes alteraciones en los índices de fabricación y venta de automóviles, lo que dificulta la realización de previsiones de negocio, contribuyendo a aumentar la presión sobre los precios sin que se pueda esperar que estas expectativas negativas vayan a mejorar en los próximos meses.

A raíz de la situación descrita, los esfuerzos prioritarios de los fabricantes de vehículos en el campo de la innovación se están centrando en completar el desarrollo de sistemas eléctricos de propulsión, sistemas de carga y tecnología de baterías para una mayor autonomía/eficiencia y, paralelamente, en satisfacer los requerimientos impuestos por los nuevos servicios de movilidad y los compromisos de descarbonización en toda la cadena de valor. Dichos esfuerzos se realizan en un escenario de económico adverso, razón por la cual,

es de esperar que los programas estratégicos de innovación reservados para el interior y otras áreas de interés del automóvil estén condicionados a corto plazo por factores críticos entre los que destaca la optimización de costes.

Para los proveedores españoles de componentes ésta no es una situación extraña. El ajuste del coste de cualquier mejora introducida en los componentes que fabricamos es siempre su condicionante principal y determina el resto de los objetivos de nuestros programas de innovación. Sin embargo, en esta nueva etapa el mercado exige contribuir, al mismo tiempo, con objetivos ineludibles de sostenibilidad y el cumplimiento de requerimientos técnicos y funcionales cada vez más complejos.

Por ello, las propuestas estratégicas que afectan al espacio interior de vehículo han de basarse en compensar las limitaciones de coste en los interiores con innovaciones basadas en diseños altamente funcionales y en la integración en los componentes de la inteligencia necesaria para satisfacer las tendencias de futuro, sin desatender aspectos de sostenibilidad, seguridad, calidad y confort a bordo.

El nuevo mercado de automoción demanda componentes con funcionalidades avanzadas en el interior. Para dar respuesta a los requerimientos de digitalización, conectividad y automatización, el vehículo ha de dotarse de un número creciente de sensores, cámaras, radares y otro tipo de elementos que permitan la monitorización del interior/exterior, así como el intercambio de información del vehículo con su entorno. Muchos de esos elementos, así como sus electrónicas de control pasarán a formar parte de las estructuras interiores y, por tanto, tenemos la oportunidad de integrarlos en los productos del espacio interior con objeto de dotarlos de mayor valor añadido.

Por otro lado, con la liberación de espacio y la disminución del grado de atención exigido al conductor, el interior del vehículo se convertirá en ese tercer espacio vital en el que podremos desarrollar actividades complementarias a las que realizamos tanto en el hogar como en el lugar de trabajo. Hasta ese momento, el interior del automóvil irá requiriendo la incorporación de nuevas soluciones de conectividad e info-entretenimiento, al tiempo que habrá que ir replanteando aspectos de confort integral y de mejora de la gestión térmica/energética del vehículo, la optimización de prestaciones funcionales basadas en materiales sostenibles y en nuevas soluciones de integración o modularización de componentes, así como determinadas cuestiones de seguridad y asistencia a la conducción que incluyen, por ejemplo, el desarrollo de funcionalidades de monitorización biométrica o el de sistemas de interacción HMI que hagan posible un control más intuitivo y seguro de las funciones del vehículo.

Como desarrolladores de componentes, debemos asumir en nuestras estrategias la exploración de nuevas tecnologías que nos permitan proveer soluciones complejas de alto valor para nuestros clientes y para el usuario final del vehículo. Debemos asumir también la necesidad de incorporar herramientas de fabricación avanzada a nuestros procesos industriales con objeto de optimizar aspectos de competitividad, flexibilidad y estandarización con los que hacer frente a los nuevos requerimientos y circunstancias del sector, haciendo evolucionar de este modo no sólo los productos sino también la forma de fabricarlos y la de ofrecerlos al cliente.

Tendencias 2030

La industria del automóvil se encuentra experimentando estos últimos años los mayores cambios de su historia. Al igual que el resto de los agentes del sector, como proveedores

de componentes relacionados con el espacio interior del vehículo, hemos de acomodar nuestras estrategias para afrontar una época de evolución disruptiva que tiene su origen en tendencias globales de diferente naturaleza.

Tendencias tecnológicas

Desde hace algún tiempo, las tendencias tecnológicas que marcan el desarrollo del vehículo del futuro se condensan en las siglas “ACES” (*Autonomous driving, Connectivity, Electrification, Shared vehicles*), haciendo alusión a “Conducción autónoma, Conectividad, Electrificación y Vehículos de Uso Compartido”.

La incorporación al vehículo de sistemas avanzados de asistencia (ADAS), está permitiendo la progresiva automatización de la conducción con el objetivo de que, en algún momento, ésta pueda llegar a ser completamente autónoma. Pese a que la automatización total de la conducción tardará en llegar por el alto impacto de las inversiones necesarias que es necesario realizar en las infraestructuras y el tiempo requerido para el desarrollo de nuevos aspectos regulatorios, estas consideraciones son importantes desde el punto de vista estratégico. Por un lado, nos permite trabajar en programas de innovación disruptiva destinados al diseño del espacio interior de nuevos tipos de vehículos. Tal es el caso de los robotaxis, capaces de circular de forma totalmente autónoma en determinados espacios urbanos especialmente habilitados para ello y de los que ya existen algunas experiencias piloto. Por otro lado, la evolución hacia el vehículo autónomo está permitiendo la irrupción de nuevos agentes en la cadena de valor del automóvil (Google, Uber, Siemens, etc.) que, para el resto, pueden convertirse en posibles nuevos clientes, colaboradores o, incluso, competidores.

En paralelo, el vehículo tiende a convertirse en uno más de los dispositivos conectados que tenemos a nuestro servicio, dando lugar al concepto de *smart-car*. La necesidad de comunicación con sus ocupantes, con los vehículos que le rodean y con la propia infraestructura viaria, irá en aumento a medida que evolucionen los nuevos modelos de movilidad y su grado de automatización.

Las tecnologías que hacen posible esa conectividad están reescribiendo las reglas de la industria de automoción y reorganizando nuestras infraestructuras de transporte. Pero el proceso de digitalización no afecta sólo a la conectividad y autonomía del vehículo, sino que afecta por completo a toda su cadena de valor: fabricación, suministro, mantenimiento, etc. Se espera que esa evolución de lugar a la entrada en la cadena de nuevos agentes relacionados con la gestión, intercambio y el análisis de la gran cantidad de información digital que va a girar alrededor del vehículo del futuro.

En cuanto a las tendencias relacionadas con nuevos modos de propulsión, asistimos después de muchos años de desarrollo a la consolidación definitiva del vehículo eléctrico. A esto contribuyen varios factores entre los que destacan la apuesta de China por el liderazgo tecnológico a nivel mundial en materia de electrificación y las rigurosas medidas por las cuales se prohibirá la comercialización de vehículos de combustión e híbridos en la Unión Europea a partir del año 2035.

Desde ahora hasta el año 2030, es previsible que la mayor implantación de la electrificación esté ligada a la movilidad urbana y al auge de los modelos basados en *car-sharing*. Los vehículos destinados a este uso compartido serán, mayoritariamente, de pequeño tamaño (para facilitar su movimiento en la gran ciudad y poder ser empleados durante el tiempo

contratado por una sola persona o un grupo reducido) y tendrán propulsión eléctrica para contribuir a la preservación del medioambiente, evitando las restricciones de acceso al centro urbano debidas a los cada vez más frecuentes y prolongados episodios de contaminación.

Con el tiempo es de esperar que los sistemas de propulsión y almacenamiento energético de vehículos electrificados respondan a tecnologías maduras y posiblemente estandarizadas. En ese momento, el diseño del exterior y muy especialmente el diseño y la funcionalidad del interior del coche, pasarán a convertirse en los principales factores de influencia en la decisión de compra.

Tendencias socioeconómicas y medioambientales

Es un hecho que la posesión de un automóvil ha dejado de ser objeto de interés prioritario para algunos sectores de la población. Esto, unido a las frecuentes restricciones para acceder con el coche al centro de las grandes ciudades, ha hecho proliferar, en los últimos tiempos, el desarrollo de nuevas formas de movilidad en las que el vehículo se utiliza de modo ocasional de forma compartida con otros usuarios e, incluso, el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en la explotación de flotas de vehículos para un uso compartido (*car-sharing*) y/o en la concepción de la movilidad como un servicio (*MaaS, Mobility as a Service*).

Desde el espacio interior del vehículo debemos estar atentos a los requerimientos específicos de esos modos de movilidad. Uno de esos requerimientos se relaciona con aspectos de diferenciación. Los modelos de cada marca deben seguir compitiendo por diferenciarse en el mercado, ofreciendo al cliente un número cada vez mayor de opciones de configuración a nivel de aspecto y de funcionalidad, que pueden llegar a ser, incluso, individualizadas (*customization*). La importancia de la diferenciación afecta también a las flotas de vehículos de uso compartido en el sentido de que los fabricantes deben ser capaces de satisfacer con opciones diferenciales tanto a los dueños de las distintas flotas como a los usuarios del servicio de *car-sharing*.

Un aspecto especialmente relevante que está marcando en los últimos años la evolución del sector de automoción es el relacionado con las ya mencionadas regulaciones medioambientales en materia de emisiones y de generación de residuos. La entrada en vigor de nuevos paquetes legislativos por parte de la Comisión Europea, así como de nuevos procedimientos de medida de emisiones, han obligado a todos los agentes de la cadena de valor del automóvil a establecer ambiciosos objetivos estratégicos para los próximos años con los que contribuir no sólo a una movilidad libre de emisiones, sino también a la descarbonización asociada a los medios y procesos productivos. En esta misma línea se imponen también los valores de la Economía Circular como modelo con el que fomentar el ahorro energético y un aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales.

También a nivel socioeconómico y como consecuencia directa de los efectos de la pandemia, surge la necesidad de atender en el coche nuevas funcionalidades relacionadas con el cuidado de la salud. Se trata de hacer del vehículo un espacio higiénico, saludable y seguro en el que los ocupantes se encuentren protegidos, no sólo frente al COVID, sino también frente a otras epidemias periódicas como la de gripe anual, episodios de alta contaminación o de concentración estacional de alérgenos.

Finalmente, asistimos a una aceleración del envejecimiento de la población como factor especialmente acuciante en Europa. Las personas llegan en mejor estado de salud a edades avanzadas y aunque sus facultades para la conducción se ven disminuidas, sus necesidades de movilidad deben seguir siendo atendidas. En este sentido, el vehículo ha de incorporar funciones orientadas a ese sector de población, con la incorporación de sistemas de seguridad activa, asistencia a la conducción e interacción hombre-máquina (HMI) más intuitivos y centrados más que nunca en el factor humano.

Tendencias industriales

Las grandes tendencias mencionadas en los apartados anteriores tienen sus implicaciones en los propios procesos de fabricación que afectan a los componentes de interior de vehículo, en tanto que:

- Frente a la fabricación en serie, surge la necesidad de suministrar componentes cada vez más específicos (diferenciación), con demandas que pueden ser muy variables, en lugar de grandes volúmenes de componentes indiferenciados.
- Se precisan instalaciones industriales con flexibilidad suficiente para adaptarse a los nuevos requerimientos y en las que se desarrollen procesos estandarizados que permitan producir en diferentes fábricas o distintos países con las mismas condiciones y garantías de calidad.
- Se exigen procesos productivos altamente eficientes con los que hacer frente a consumos responsables de materia prima y de energía, para cumplir con los ya destacados compromisos de descarbonización.

Estas implicaciones han hecho resurgir el interés por las tecnologías de fabricación, dando lugar al concepto de Fabricación Avanzada que comprende el conjunto de actuaciones y herramientas facilitadoras para evolucionar a nuevos niveles de competitividad, ofreciendo al mercado productos diferenciales y/o fabricados de manera distinta, con apoyo especialmente en tecnologías de automatización, digitalización y analítica de datos. Adicionalmente, en el actual contexto de conflictividad, se pone de manifiesto la importancia de proteger los programas de fabricación digital con nuevas y más potentes herramientas de ciberseguridad.

Por último, si algo ha puesto de manifiesto la situación vivida durante la pandemia, la consecuente crisis económica, la crisis de suministro de semiconductores y de materia prima, así como la originada por los recientes conflictos internacionales, es que resulta imprescindible redefinir la cadena de abastecimiento del sector. De alguna manera se ponen temporalmente en duda los modelos *Just in Time* que han regido con éxito hasta ahora y, consecuentemente, las estrategias de las compañías deben contemplar un mayor esfuerzo de colaboración con proveedores cercanos para sacar adelante los próximos programas de fabricación.

Los fabricantes de componentes deben trabajar intensamente en todos estos aspectos, definiendo sus estrategias con el objetivo principal de contribuir a una movilidad más segura, sostenible y accesible, en un tiempo de incertidumbre de mercado que debe ser aprovechado para potenciar la innovación como herramienta clave con la que asegurar el posicionamiento y la competitividad de nuestras empresas en los próximos años.

2. Visión y objetivos

Este documento, elaborado por una amplia representación de los agentes de la cadena de valor del automóvil en España, recoge una visión de las oportunidades que es necesario aprovechar para contribuir al crecimiento de nuestro sector. El bloque de trabajo “Espacio Interior de Vehículo” se centra en los retos y oportunidades que afectan a ese espacio y en la identificación de las prioridades estratégicas a atender en los próximos años, especialmente en materia de I+D+i, para cumplir el objetivo de crecimiento en un contexto internacional cada vez más competitivo.

En el espacio interior del vehículo, los retos y oportunidades se relacionan, por ejemplo, con los siguientes aspectos:

- La electrificación implica retos importantes en el interior, con nuevos requerimientos de aislamiento térmico, aislamiento y apantallamiento acústico, mejora de eficiencia/gestión térmica y energética, se liberan nuevos espacios a los que hay que encontrar funcionalidad, etc. Por otro lado, la disminución del volumen del motor y la necesidad de ubicar grandes conjuntos de baterías cambian la arquitectura tradicional, surgiendo nuevos requisitos de seguridad pasiva que eviten la intrusión del daño en el habitáculo, en el compartimento de baterías, etc.
- Debemos profundizar en las oportunidades que brinda la conectividad y el procesamiento de información digital en nuestros procesos productivos y también en aquellas funcionalidades ligadas a nuestros productos para atender, en la medida de lo posible, nuevos negocios basados en la explotación de datos.
- La sostenibilidad ha de ser un objetivo obligado en todas nuestras actuaciones en tanto que debemos contribuir a los compromisos de descarbonización adquiridos como integrantes de la cadena de valor del automóvil. En este sentido, con nuestras actividades de innovación debemos orientarnos a la investigación de propuestas disruptivas de sostenibilidad: nuevos materiales/arquitecturas con valoración de su impacto ambiental real, soluciones de fabricación que reduzcan consumos, residuos y emisiones, así como tener en consideración aspectos de Ecodiseño que minimicen el impacto ambiental de nuestros componentes cuando el vehículo llega a su fin de vida, ...
- Asistimos a un ciclo económico que invita a volver a lo esencial y la innovación de interiores debe centrarse ahora en tecnologías accesibles y asequibles, así como en aquellas funcionalidades que realmente aporten valor al usuario final. En este sentido, tenemos la oportunidad de dirigir nuestros esfuerzos al desarrollo de soluciones que hasta ahora estaban reservadas a vehículos premium, para hacerlas accesibles por coste en segmentos de gran venta (democratización de funciones de alto valor e impacto en términos de seguridad y confort).
- Es momento de ayudar a la revisión tecnológica de los productos del interior del vehículo para darles un nuevo valor a partir de la implementación de soluciones de integración y modularización de componentes. En ese sentido, los proveedores deben atacar el desarrollo de soluciones de mayor complejidad tecnológica en las que todas las superficies del interior (plásticos, textiles, vidrio, etc.) pasarán a convertirse en superficies inteligentes.

El aprovechamiento de estas oportunidades obliga a estrechar las relaciones de colaboración en materia de innovación con fabricantes OEM y otros proveedores desde las etapas más tempranas del diseño de los proyectos, así como a exprimir el potencial de los conceptos de innovación abierta. Debemos apoyarnos en esos conceptos para crear el ecosistema colaborativo de centros, empresas de base tecnológica y organismos de investigación con quienes poder abordar nuevos retos y oportunidades.

De cara a la propuesta de prioridades, desde nuestro grupo de trabajo centramos nuestro planteamiento en los siguientes cuatro campos objetivo.

Salud, Bienestar y Confort a Bordo

El desarrollo de los nuevos modos de movilidad convierte el interior del vehículo en un espacio vital que demanda nuevas funcionalidades especialmente relacionadas con aspectos de seguridad, confort y experiencia de usuario (UX). Las estrategias de innovación en interiores de automoción deben, por tanto, atender a la investigación en este campo.

Un tema especialmente relevante en la actualidad es el relacionado con la climatización de la cabina de los vehículos eléctricos, incluyendo su relación con los aspectos de gestión térmica del compartimento de baterías y de los conjuntos de electrónica de potencia. Igualmente interesantes son las investigaciones destinadas a optimizar el comportamiento acústico de estructuras y materiales interiores, el desarrollo de soluciones de cancelación de ruido o el de soluciones de audio basadas en altavoces de nueva generación por sus implicaciones en el diseño de componentes.

En este campo deben incluirse también investigaciones destinadas a hacer un aprovechamiento sinérgico de todas las funciones relacionadas con la percepción de confort y bienestar: temperatura, humedad, calidad de aire, iluminación ambiente, etc. así como las destinadas a la higienización de espacios y superficies por su importancia en aspectos de salubridad de especial interés en los modelos de movilidad basados en el uso compartido.

Seguridad, Monitorización y Asistencia a Conducción

Debe profundizarse en el desarrollo de los aspectos de seguridad pasiva y activa que afectan al interior del vehículo tanto a nivel estructural como funcional. Desde el punto de vista estructural, la electrificación del vehículo implica redistribuciones de pesos y espacios así como la integración de nuevos tipos de componentes (baterías, componentes eléctricos y electrónicos de potencia) con especiales requerimientos de seguridad. Todo ello obliga a redefinir materiales y estructuras que, en caso de accidente, minimicen el daño e impidan su intrusión a la cabina.

Igualmente, resulta necesario profundizar en cuestiones de seguridad basadas en nuevas soluciones funcionales. Tal es el caso de las técnicas biométricas de monitorización de conductor y ocupantes por las cuales pueden detectarse estados de atención, estrés o cansancio para actuar sobre el conductor con funciones de asistencia; puede detectarse la presencia de ocupantes en las diferentes plazas del vehículo e, incluso, puede identificarse a los pasajeros a bordo para regular sus preferencias personales en determinadas funciones.

En este mismo campo deben incluirse otros aspectos de seguridad, como los relacionados con soluciones antideslumbramiento, generación de señales de alerta y asistencia mediante funciones de iluminación dinámica o tecnologías de proyección de información,

nuevas soluciones de iluminación funcional en el habitáculo, soluciones de HMI e infotainment centradas en las personas para un uso más intuitivo y seguro, etc.

Superficies Inteligentes

Como ha sido mencionado, las superficies interiores del vehículo tienden a convertirse en superficies inteligentes en las que integrar materiales activos que dan lugar a nuevas soluciones de sensorización y/o actuación sobre superficies plásticas, textiles o de vidrio.

En ellas, se integran, además, soluciones de iluminación avanzada para la recreación de escenarios capaces de influir en los estados cognitivos y emocionales de conductor y ocupantes.

Un campo especialmente relevante para contribuir al desarrollo de superficies inteligentes es el relacionado con las tecnologías de impresión funcional de tintas conductoras y materiales dieléctricos con las que sustituir cableado por circuitería impresa o de materiales activos sobre sustratos poliméricos para dotarles de determinadas funcionalidades. La evolución de ese tipo de tecnologías está permitiendo el desarrollo de las llamadas soluciones textrónicas (tejidos inteligentes) y plastrónicas (integración de inteligencia en superficies plásticas).

En el caso concreto de la plastrónica, se precisa de investigación adicional que permita compatibilizar este tipo de soluciones con los procesos de fabricación más implantados en el sector de automoción: inyección y termoformado. Igualmente, se debe profundizar en el potencial de estas tecnologías para hacer posible la integración, no solo de pistas o elementos simples, sino también de elementos electrónicos cada vez más complejos que lleguen a evitar la necesidad de implementar placas PCB acopladas a las piezas.

Las superficies inteligentes deben, además, adaptarse a los requerimientos de diseño propuestos en los últimos tiempos por los fabricantes de vehículos y que pasan por la ocultación de todo tipo de accionamientos y pantallas para conseguir una máxima homogeneidad en los materiales y las superficies de estilo (*seamless design*). Esto afecta a elementos del interior como son los displays y los mandos de accionamiento funcional para los que hay que investigar nuevas técnicas de ocultación, cinemáticas de despliegue, soluciones de accionamiento sensibles al tacto y la presión, soluciones de accionamiento electromecánico, etc.

Sostenibilidad Ambiental y Economía Circular

Los requerimientos de sostenibilidad afectan de manera especial a los materiales y estructuras del espacio interior del vehículo. No se trata sólo de hacer uso de materiales reciclados y/o reciclables o de materiales naturales más o menos exóticos. Se trata de idear soluciones disruptivas en este campo y, ante todo, demostrar su contribución real a la reducción de impacto ambiental en toda la vida del producto.

Las prioridades estratégicas de I+D en materia de sostenibilidad deberían contemplar las siguientes vertientes.

- **Eficiencia Energética:**

Los materiales y productos del interior deben contribuir a la optimización de la eficiencia energética de propio vehículo. En este sentido, el proceso de electrificación de la

movilidad va a exigir, por ejemplo, el desarrollo de nuevas soluciones de aislamiento termoacústico o disipadores de calor para componentes electrónicos.

Por su especial importancia en el rendimiento y la durabilidad de las baterías de VE, otro campo relevante de trabajo va a ser el destinado a un aprovechamiento sinérgico de las funciones interiores relacionadas con aspectos de confort: temperatura, iluminación ambiente, calidad de aire, etc. y al desarrollo de tecnologías auxiliares que contribuyan a una climatización más eficiente del habitáculo.

- **Aligeramiento de Peso:**

Se estima que, por cada 100 kg de reducción de peso total en un vehículo convencional de combustión, se reduce la emisión de unos 9 gramos de CO₂ por cada km recorrido y se reduce el consumo de combustible entre 0,3 a 0,4 litros por cada 100 km. En los vehículos eléctricos, la reducción de peso contribuye a incrementar el rango de recorrido y la durabilidad de las baterías, componentes críticos del sistema. Por esta razón, se debe seguir trabajando en el campo del aligeramiento de peso tal como hacen desde siempre los proveedores de interiores.

Algunos temas de interés seguirán siendo los relacionados con el desarrollo de tecnologías específicas de espumación estructural que permitan reducir el peso de los componentes, sin perjuicio de sus prestaciones técnicas o estéticas; con el desarrollo de materiales y tecnologías que permiten la sustitución de cableado por la impresión de pistas conductoras con las que añadir valor a los componentes al tiempo que se consiguen ventajas de aligeramiento de peso y de empaquetamiento de volumen o con el desarrollo de las mencionadas soluciones plastrónicas que hagan posible la deslocalización y reducción del número de placas PCB de control electrónico y la reducción de impacto ambiental a sus procesos de foto-revelado químico.

- **Economía Circular:**

Los objetivos en el campo de la economía circular deben contemplar directa o indirectamente todas las vertientes de ese amplio concepto, desde el rediseño que minimice el impacto ambiental de materiales, procesos y productos, hasta el reciclaje de los materiales constituyentes, pasando por opciones preferentes de reducción de consumos de materia prima y de otros recursos, o de reaprovechamiento y recuperación de los mismos.

En el campo del Rediseño debe contribuirse al desarrollo de técnicas de unión reversible que faciliten las operaciones de desensamblaje de componentes y la separación de materiales con objeto de hacer posible su entrada en los canales de recuperación, reutilización y reciclaje cuando el vehículo llega a su fin de vida. En este mismo sentido, debe procurarse el desarrollo de soluciones arquitectónicas mono-material con las que facilitar el reciclaje de los componentes constituyentes.

De contribuirse al desarrollo de estructuras, materiales y superficies sostenibles a partir, por ejemplo, de la reutilización de residuos orgánicos y subproductos procedentes de otras industrias (p. ej. subproductos de origen vegetal en sustitución de derivados químicos para la generación de superficies de aspecto); de materiales 100% naturales procedentes de fuentes no fósiles; de estructuras basadas en biopolímeros, bioaditivos y biocomposites; etc.

En el campo de los procesos deben desarrollarse tecnologías que permitan hacer uso de grandes cantidades de materia de origen reciclado difícilmente procesables mediante técnicas convencionales de inyección; soluciones industriales que permitan valorizar nuestros propios residuos de fabricación o que contribuyan a minimizar residuos de fabricación, consumo de materia prima y generación de piezas de rechazo (p. ej. soluciones avanzadas de control de calidad en tiempo real, basadas en técnicas de visión artificial y análisis de datos).

El objetivo final de los proveedores de interiores debe ser el de contribuir a la Reducción de la Huella de Carbono asociada a su actividad a partir de la optimización de la eficiencia de todos los procesos, tanto productivos y logísticos como organizativos. Ese fin debe ser medible en términos objetivos por lo que la implementación de metodologías de Análisis de Ciclo de Vida (LCA) ha de ser un aspecto prioritario en este campo, en línea con lo demandado con cada vez más insistencia por parte de los fabricantes de vehículos.

3. Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Salud, Bienestar y Confort a Bordo	
Prioridad	Tecnologías Implicadas
Climatización de habitáculo en BEVs	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes auxiliares de calefacción y refrigeración: bombas de calor, superficies radiantes, ... • Diseño de estructuras para disipación de calor en componentes y superficies: Cels. Peltier, Materiales de cambio de fase (PCM), Sistemas miniaturizados de ventilación, ... • Nuevos Materiales y estructuras de aislamiento térmico, espumas aislantes con nanocelulosa, aerogeles,...IA para modelos térmicos personalizados por características de los ocupantes • Sensórica IR
Confort Lumínico	<ul style="list-style-type: none"> • Parametrización biométrica: Efectos no visuales de la iluminación interior (percepción de confort, soluciones antimareo, influencia de la iluminación en las funciones cognitivas, etc) • Integración de sistemas de iluminación en componentes interiores: materiales y estructuras ópticas, luminotecnia, ... • Iluminación funcional (luz de cortesía automática o que incluya seguimiento de

	<p>mirada para iluminar donde está mirando el conductor u ocupantes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Xxx
Confort Acústico	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevos materiales y estructuras de aislamiento y apantallamiento acústico, ... • Individualización acústica de las plazas del vehículo: Soluciones de sonido direccional, ... • Actuadores acústicos: superficies vibrantes en componentes interiores, ... • Nuevas Tecnologías de Altavoces, ... • ACS (control activo de sonido)
Sistemas de Tratamiento y Purificación de Aire	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de filtración de alta eficiencia • Sistemas basados en procesos de ionización, tratamientos oxidativos fotocatalíticos, ... • Parametrización biométrica: influencia del aire (calidad, fragancia, ...) en las percepciones de confort, estados cognitivos, etc. • Integración de sistemas de tratamiento y purificación de aire en componentes de interior • Modelos de aprendizaje continuo aplicado a la mejora de la sensórica avanzada de calidad de aire
Sanitización de Superficies	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones basadas en formulaciones de materiales: Aditivos antimicrobianos, ... • Sistemas basados en Ozonización, Radiación UVC, etc. • Materiales autolimpiantes, superficies que repelan manchas, polvo y humedad • Superficies autoreparables. • Superficies nanoestructuradas, autolimpiantes e hidrofóbicas,...
Experiencia de Usuario (UX)	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías para la parametrización biométrica y la interpretación de aspectos relacionados con UX, ... • Superficies electrocromáticas, fotocromáticas, para personalización de la UX • Detección de emociones y diseño de contramedidas, especialmente aplicada a vehículos con cierto grado de autonomía. • Reducción de componentes mediante plastrónica

	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación de la inclusividad de la población (personas con discapacidad, mayores, etc.). • Sistemas de monitorización en continuo del estado del pasajero para entender su estado y proponer servicios personalizados para maximizar el bienestar.
--	--

Seguridad, Monitorización y Asistencia a Conducción	
Prioridad	Tecnologías
Funciones de Asistencia (ADAS)	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Monitorización del estado físico, cognitivo y emocional de Conductor (DMS) y de ocupantes (OMS): Análisis de Imagen Vis/NIR, Tecnologías de Radar a diferentes frecuencias, ... • Tecnologías para la generación de señales de advertencia: audio, proyección de imagen, ... • Tecnologías de actuación sobre la conducción en respuesta a emergencias, ... • Monitorización de salud de ocupantes y conductor, especialmente aplicado a vehículos autónomos
Soluciones estructurales	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis específico de soluciones contra Intrusión del daño en BEVs: Materiales, estructuras y arquitecturas de componentes de cabina, ... • Nuevos procesos de fabricación de composites de bajo coste y sostenibles, CSMC,...
Soluciones funcionales	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de soluciones de interacción HMI más intuitivas y seguras: Sensores y actuadores con respuesta háptica, Soluciones electromecánicas, ... • Nuevos conceptos de airbag y cinturones de seguridad para: distintos tipos de usuarios, posiciones diferentes a la conducción (vehículo autónomo) • Sensores y modelos de predicción de comportamiento de conductor y pasajeros

Superficies Inteligentes	
Prioridad	Tecnologías

Materiales Activos	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de materiales avanzados: polímeros electroactivos, piezoeléctricos, electrocrómicos, ...
Tecnologías de Impresión Funcional	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de Tintas conductoras, dieléctricas, transparentes y sustratos dieléctricos compatibles con técnicas de impresión, redes de cobre impresas de alta conductividad, tintas para mejora de la eficiencia de electrodos en sistemas de “Energy harvesting” • Impresión e integración de sensórica en composites y su evolución en moldeo por inyección • Evolución de técnicas de impresión 3D sobre sustratos poliméricos para generación de circuitos, ... • Desarrollo de materiales conductores, magnéticos, etc. para impresión 3D • 3D Structural Electronics
Superficies autoreparables y autolimpiables	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies de interior que se reparen ante arañazos y que eliminen polvo y bacterias de manera automática. • Recubrimientos nanoaditivados hidrofóbicos y autolimpiables • Superficies nanoestructuradas autolimpiables
Tecnologías Plastrónicas	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de materiales y procesos con viabilidad industrial para implantación de Tecnologías de Plastrónica: IME, TOM, ... • Tintas funcionales flexibles para plastrónica • Diseño e integración de elementos de comunicación y antenas

Sostenibilidad Ambiental y Economía Circular

Prioridad	Tecnologías
-----------	-------------

<p>Aligeramiento de Peso</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Materiales y Tecnologías de Impresión Funcional (sustitución de cableado convencional), ... • Centralización de ECUs y PCBs • Materiales y Tecnologías de procesado de Composites, Núcleos ligeros y reciclables (nuevos materiales para espumas y honeycombs, ...) • Materiales y Tecnologías de Espumación Estructural de componentes. •
<p>Economía Circular (7Rs): Rediseño, Reducción, Reutilización, Reparación, Renovación, Recuperación y Reciclaje</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ecodiseño: Sostenibilidad desde el diseño para materiales y componentes: Diseño con objetivos de vida extendida (<i>Extended Life Products</i>); Diseño orientado a la Reparabilidad, Reutilización, Refabricación; Arquitecturas de fácil desensamblaje para componentes de interior (Tecnologías reversibles de unión, adhesión, etc) orientadas al reciclaje; Estructuras mono-material, ... que debe ser aceptado por el usuario final. • Biopolímeros, Bioaditivos, Biocomposites... • Materiales 100% Naturales para estructuras, superficies y revestimientos (fuentes renovables) con especial cuidado a que sean aceptados por el usuario final. • Materiales reciclados y reciclables • Materiales procedentes de subproductos y residuos orgánicos, ... • Desarrollo de tecnologías específicas para procesado de materiales con alto contenido de origen reciclado, ... • Resinas reciclables • Tintas funcionales sostenibles

4. Impacto esperado

Competitividad

En la decisión de compra de un vehículo han dominado tradicionalmente aspectos como el diseño exterior, la potencia del motor o el rendimiento y la fiabilidad de su mecánica. Sin

embargo, el espacio interior del coche, su diseño, materiales, arquitectura y funcionalidades, cobrarán especial relevancia en los próximos años y pasarán a convertirse en uno de los factores de mayor peso en esa decisión.

Muy pronto, antes de elegir su próximo vehículo, los usuarios esperarán con expectación las actualizaciones de interiores, la incorporación de nuevas funciones, especialmente las relacionadas con seguridad, confort y entretenimiento, así como las correspondientes actualizaciones de software para el control de dichas funciones. Los fabricantes son conscientes de este hecho y llevan ya algún tiempo interactuando con sus proveedores en el diseño de coches de nueva generación en los que primero se piensa en los deseos de los ocupantes y en las necesidades que van a tener durante el desplazamiento, para pasar después a dar forma al espacio y a definir las líneas y proporciones exteriores, poniendo la experiencia de uso por delante de las formas.

En este escenario, los proveedores de interiores estamos ante la oportunidad de colaborar con los fabricantes de vehículos desde las fases más tempranas del diseño y ante el reto de ofrecerles soluciones integradas en las que, cada vez con más frecuencia, se nos pide la incorporación de mayor número y diversidad de tecnologías. Esta será la forma de añadir valor a nuestros productos y hacerlo de manera competitiva.

Inciendo en el hecho que los usuarios se espera que puedan elegir vehículo según los nuevos servicios asociados a la movilidad que ofrezca (la tecnología permitirá, por ejemplo, ofrecer servicios relacionados con la salud y el bienestar), la competitividad del sector se verá influida por los servicios de este tipo que puedan incluirse en los nuevos interiores. Podría llegarse a la diferenciación de modelos o incluso marcas en base a interiores adaptados a distintos perfiles o mercados (podrían tener una mayor o menor penetración en distintos mercados).

Para impulsar la competitividad de fabricantes y proveedores de automoción en el actual contexto de incertidumbre económica se precisa una política eficiente y coordinada de apoyo a la industria nacional. Sin ella y sin una decidida apuesta de toda la cadena de valor por la innovación y la I+D, será difícil abordar el proceso de transformación tecnológico e industrial al que se enfrenta el sector.

Empleo y cualificación

Muchas de esas tecnologías a incorporar al espacio interior han sido tradicionalmente ajenas al sector de automoción. Es el caso de las relacionadas con determinadas aplicaciones de iluminación, ingeniería óptica, acústica, dispositivos de detección, sensorización y monitorización de las personas y del entorno o, de manera más general, aplicaciones electrónicas complejas a nivel tanto de hardware como de software. Todo ello tiene implicaciones inmediatas tanto en el sector de automoción como, particularmente, en el subsector de componentes interiores y está redefiniendo la cadena de valor del automóvil:

- Se precisa la incorporación de nuevos perfiles profesionales, provenientes de áreas técnicas y científicas y, principalmente, del campo de la electrónica, la informática y las nuevas disciplinas de la ciencia de datos.
- La demanda de aplicaciones de alta conectividad obliga a una asociación más colaborativa entre empresas tecnológicas y automovilísticas que hagan posible, por ejemplo, la validación e integración de soluciones basadas en la nube, no sólo en los productos sino también en los procesos productivos, la actualización de software en

remoto o la generación de servicios como aquellos de que se dispone en otros dispositivos móviles.

- La incorporación de este tipo de funciones cada vez más intensivas en recursos de computación obliga a reforzar objetivos de eficiencia, haciendo uso, por ejemplo, de herramientas y algoritmos basadas en inteligencia artificial (IA) para las cuales también será necesaria la formación de recursos humanos altamente especializados en esos campos.

Sostenibilidad Medioambiental y Social

Al mismo nivel de exigencia que las funciones de carácter más tecnológico, en el interior del vehículo existen otro tipo de demandas con alto nivel de impacto en el sector. Se trata de las que afectan a aspectos de sostenibilidad ambiental con los que contribuir a un mejor aprovechamiento de los recursos y una menor generación de residuos y emisiones que minimicen el impacto todas nuestras operaciones. El poder disponer, por ejemplo, de un entorno configurable de interior, puede optimizar los procesos de fabricación. Además, se podrían añadir solo las funciones necesarias en función de la evaluación de cada usuario, reduciendo la introducción de funciones que no fueran a usarse, por ejemplo. Igualmente debemos poner en práctica medidas de economía circular y ecodiseño relacionados con la reutilización o reciclaje de materiales residuales generados en todos nuestros procesos productivos.

La utilización de materiales y procesos de transformación sostenibles, no sólo obliga a la incorporación de conocimiento en el campo de la química-física de materiales o de la ingeniería de procesos, sino también al desarrollo de nuevos estándares de validación que favorezcan la entrada de este tipo de soluciones en el vehículo sin perjuicio de prestaciones funcionales, de seguridad o de calidad percibida.

Finalmente, en el diseño de interiores cabe la posibilidad de ayudar a la optimización de la climatización (en función del diseño, los materiales, etc.), impactando positivamente en la sostenibilidad medioambiental, al reducir el consumo energético.

Desde el punto de vistas social, creemos que la transformación que nos lleva como parte del sector industrial a la movilidad del futuro debe realizarse en clave de personas. Hacer frente a algunos de los desafíos propios del sector como la digitalización empresarial, la automatización y la robotización de la producción, hace necesario responder desde la estrategia con medidas que garanticen una transición justa entre progreso, rentabilidad y empleo. Una vez más, la apuesta por la innovación y la I+D contribuye al cumplimiento de estos objetivos.

Innovación e Investigación en España

Con el trabajo de innovación a desarrollar en los próximos años pretendemos contribuir desde su interior al desarrollo de coches más inteligentes, seguros, confortables y respetuosos con el medio ambiente, siendo conscientes de que, en el más corto plazo, competimos por talento y recursos tecnológicos con otros sectores industriales de mayor rentabilidad. Por ello, en materia de innovación debemos fomentar la colaboración a lo largo de toda la cadena de valor, atacando el desarrollo de proyectos de la máxima ambición técnica y en los que se involucren fabricantes de vehículos, proveedores de componentes y de tecnología, centros tecnológicos, universidades, empresas responsables de infraestructuras, TIC, proveedores de datos, operadores ...

En momentos de cambio e incertidumbre como los que vive actualmente el sector de automoción, creemos que la innovación (y especialmente, tal vez, las estrategias de Innovación Abierta) resultan de especial utilidad en tanto que permiten:

- Colaborar para poder hacer más cosas, mejor y más rápido.
- Aprovechar las ventajas de la multidisciplinariedad y del trabajo en equipo.
- Identificar/Adaptar posibles soluciones implantadas en otros sectores industriales a problemas propios.

El hecho, por ejemplo, de poder desarrollar interiores configurables, permitiría incluir - además de los beneficios a nivel de coste y medioambiental- nuevos servicios más allá del desplazamiento, incluyendo conexión con los mercados de salud y bienestar.

Pese a la incertidumbre mencionada vemos esta etapa repleta de retos ilusionantes. Asistimos a una nueva concepción de la movilidad que, en los próximos años, va a tener sin duda importantes implicaciones en el diseño y las funcionalidades del interior de los vehículos. Este escenario abre en nuestras compañías todo un mundo de oportunidades con las que contribuir a una movilidad más segura, sostenible, inteligente y accesible, y que debemos aprovechar para continuar creciendo como referentes en competitividad, productividad y liderazgo tecnológico a nivel mundial.

Bibliografía:

- ANTOLIN: Visión General de la Innovación en Interiores de Vehículos: [Innovación | Antolin](#)
- The future of interior in automotive: [The future of car interiors in automotive | McKinsey](#)
- What did CES 2023 reveal about the future of automotive screens?: [What did CES 2023 reveal about the future of automotive screens? \(autovistagroup.com\)](#)
- Perspectivas España 2021, KPMG y CEOE: [Split Perspectivas España 2021 Automoción \(kpmg.com\)](#)
- Nuevos retos del sector de la automoción en España – KPMG, Informe ANFAC – SERNAUTO: <https://anfac.com/publicaciones/nuevos-retos-del-sector-de-la-automocion-en-espana-informe-anfac-sernauto/>
- A road map for Europe's automotive industry: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/a-road-map-for-europes-automotive-industry>
- Roland Berger; Automotive Disruption Radar Publications: [Automotive Disruption Radar Archive | Roland Berger](#)

GT5. ESTRUCTURAS MÁS LIGERAS, SEGURAS Y SOSTENIBLES

1 Factores que afectan a las estructuras más ligeras, seguras y sostenibles

En la actualidad, el mundo está inmerso en una nueva revolución que afecta tanto a la industria como a los servicios y a la sociedad en general. Esta revolución está impulsada por una serie de factores interconectados entre sí. Entre estos factores clave se encuentran el avance de las tecnologías digitales y la transformación digital, la innovación en la fabricación y materiales avanzados, la sostenibilidad y la economía circular, así como los cambios en el comportamiento del consumidor, entre otros.

Este progreso tecnológico está experimentando un crecimiento acelerado, lo que está generando cambios sin precedentes en el panorama industrial. Los avances científicos y tecnológicos se suceden a un ritmo vertiginoso, y se esperan cambios disruptivos debido a los desafíos demográficos y a la creciente digitalización de la industria y la sociedad. Además, factores como la escasez de recursos naturales y materias primas, el aumento de la demanda de los consumidores y la creciente preocupación por el impacto medioambiental están moldeando la sociedad en formas nunca antes vistas.

La industria española fabricante de estructuras para automoción debe ser consciente de esta situación y esforzarse por adaptarse con el objetivo de cumplir con las expectativas de la sociedad.

La siguiente imagen muestra las tendencias y aspectos globales más relevantes del sector de automoción que afectan al diseño y a la fabricación de las estructuras para los vehículos.

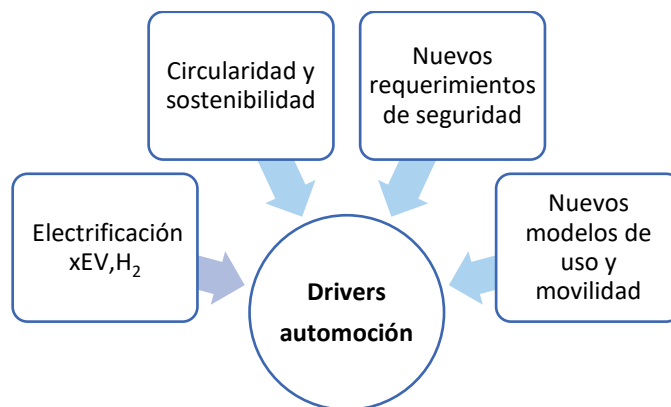


Figura 1. Principales drivers impulsores de la automoción

Electrificación de los vehículos (xEV, H₂)

Las entidades reguladoras de todo el mundo están definiendo objetivos de emisiones cada vez más estrictos y, en consecuencia, tanto organismos nacionales como locales despliegan normativas e incentivos para acelerar el cambio hacia una movilidad más sostenible.

La electrificación se presenta como un vector crucial en la transformación de la industria de la movilidad terrestre y presenta grandes oportunidades para todos los segmentos de vehículos, aunque con un ritmo y penetración desigual. En esa línea, OEMs y TIERs han reaccionado para tratar de conseguir una transformación rápida y exitosa, y han adoptado sus propias estrategias para dar respuesta.

- Aparición y proliferación del número de **plataformas eléctricas dedicadas, flexibles y escalables**

De entre ellas, se prevé que el de los BEV sea el segmento más grande y de más rápido crecimiento del mercado de plataformas EV.

Durante el último lustro los OEMs han desarrollado conceptos de plataforma con el conjunto batería o battery-pack como eje central de la estructura, hasta converger en topologías muy similares en todos los modelos y segmentos. La integración del Battery Pack en la estructura de una manera eficiente y segura ha supuesto y supondrá, sin duda, uno de los desafíos más significativos en los próximos años.

Esta integración estructural de la batería posee un carácter complejo ya que impacta directamente en los requisitos de vehículo, tales como la dinámica vehicular requerida, la rigidez estática y dinámica de BiW, el comportamiento ante colisión (crashworthiness) del vehículo, por mencionar los más relevantes. Esto conllevará la necesidad de diseñar baterías más ligeras y cuyas estructuras se integren de forma que contribuyan a la integridad mecánica de la carrocería y del vehículo. Esta integración se basará en nuevos conceptos que permitan que los esfuerzos en la carrocería se transmitan y absorban por la batería, en aplicar materiales más ligeros y desarrollar métodos eficientes de unión de los componentes de la batería y de los nodos de conexión entre la estructura del vehículo y el pack de batería.

- Aparición de **plataformas de vehículo de hidrógeno**

De manera paralela, el desarrollo de la movilidad terrestre con el hidrógeno como vector energético está impulsando la aparición de **plataformas de vehículo de hidrógeno**, especialmente en vehículo comerciales ligeros y vehículos pesados, como camiones y autobuses, mientras que los turismos aún muestran un retraso en su adopción. Esto tendrá implicaciones en el sector de componentes, con cambios en las plataformas convencionales, la incorporación de nuevos elementos como los tanques de H₂ y la necesidad de garantizar la integridad estructural y seguridad de los vehículos. También planteará desafíos en términos de diseño, ingeniería y procesos de unión, así como en la cadena de suministro y la disponibilidad de componentes específicos.

Circularidad y sostenibilidad de la industria

La industria, y el sector de automoción en particular, deben responder a la amenaza del cambio climático, un tema clave en las agendas políticas a nivel nacional, europeo y

mundial. En su informe final, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático establecido por las Naciones Unidas enfatizó la urgencia de mantener el calentamiento global por debajo de 1,5°C para 2030.

Para hacer frente a este reto, la industria se plantea numerosas acciones en toda su cadena de valor. En concreto, los fabricantes de componentes estructurales se enfocan en:

- El desarrollo de diseños sostenibles que reduzcan de forma significativa el consumo de materias primas, energía y la generación de residuos. Aplicación de metodologías de medición de impacto medioambiental de esas tecnologías con criterios de selección y desarrollo siempre sobre el principio de DNSH (Do Not Significantly Harm).
- El **reemplazo de materias primas con alternativas recicladas** reducirá una gran parte de las emisiones asociadas con la generación de estas materias primas. No obstante, el uso de estos materiales presenta multitud de desafíos, siendo el más relevante el hecho de que la industria de la recolección al final de la vida útil (**EOL**) está infradesarrollada, lo que dificulta lograr un flujo y calidad de materiales adecuado. Además, al ser una industria pujante, irrumpirán nuevos agentes, lo que provocará cuellos de botella en el suministro y el aumento de los precios de estos materiales.
- La **integración de pautas de diseño** de componentes estructurales **con criterios de sostenibilidad y circularidad** es una tendencia clara en la industria de automoción. Esto implica considerar la sostenibilidad en la selección de materiales, los procesos de fabricación, la multifuncionalidad de los componentes, la eficiencia en el uso de recursos, la definición e integración del pasaporte digital y la capacidad de reciclaje o reutilización de los componentes al final de su vida útil. Se opta por utilizar materiales más ligeros y sostenibles, como compuestos de fibra de carbono y plásticos reciclados, y se implementan criterios de circularidad, como el diseño modular de componentes y diseño para facilitar el desensamblado de los mismos. Esto busca reducir la huella ambiental de los vehículos, promover la economía circular y cumplir con las regulaciones ambientales. Esta tendencia requiere la colaboración entre fabricantes de vehículos, proveedores de componentes y otros actores de la cadena de suministro, así como inversión en investigación y desarrollo de tecnologías y procesos sostenibles en la fabricación de componentes estructurales
- La **incertidumbre en el suministro de materias primas y componentes** en la industria de estructuras de automoción es un desafío creciente. Los precios volátiles de las materias primas, las restricciones comerciales, las regulaciones ambientales y la escasez de componentes electrónicos son algunas de las principales preocupaciones. Estos factores pueden impactar en los costos de producción, la competitividad y la disponibilidad de productos en el mercado. La necesidad de utilizar materiales más sostenibles y componentes avanzados también agrega complejidad a la cadena de suministro.

Como ejemplo representativo, la transición de la industria de automoción hacia la electrificación alterará toda la cadena de suministro y creará cambios significativos del mercado de componentes. Los componentes críticos para la electrificación, como los asociados al powertrain y baterías, y para la conducción autónoma, como sensores de radar y detección (LiDAR), experimentarán una demanda creciente. Los

componentes que sólo se utilizan en vehículos de combustión interna como la transmisión y motores, experimentarán en cambio una disminución significativa de la demanda.

Para hacer frente a esta incertidumbre, las empresas del sector deben diversificar sus fuentes de suministro, fortalecer la colaboración con proveedores estratégicos, anticipar y gestionar riesgos, y buscar alternativas más sostenibles. La planificación y gestión efectiva de la cadena de suministro, así como la **capacidad de adaptarse rápidamente** a los cambios en el entorno, son cruciales para mantener la competitividad en la industria de estructuras de automoción en medio de la incertidumbre en el suministro de materias primas y componentes.

No solo eso, sino asegurar que las materias primas en la industria automotriz derivadas de los residuos de la propia industria, tanto postindustrial como posconsumo, sean revalorizadas en nuevas materias primas recicladas.

Es esencial evitar la fuga de recursos fuera del territorio, ya que reduce la dependencia de la adquisición de nuevas materias primas, contribuye a la conservación del medio ambiente y garantiza la seguridad y confidencialidad de los materiales. Es un enfoque estratégico que promueve la sostenibilidad, la eficiencia y la competitividad en la industria automotriz.

Nuevos requerimientos de seguridad

La Unión Europea se encuentra actualmente trabajando junto con los Estados miembros en una serie de medidas y normas para que el número de fallecidos y heridos graves en accidentes de tráfico sea de cero personas en 2050.

Para hacer frente a este esperanzador propósito la industria de la automoción y en concreto los fabricantes de estructuras se centran en conseguir:

- **Aumento de la seguridad activa y pasiva** en las estructuras de los vehículos. En los vehículos eléctricos es esencial incrementar la seguridad de los componentes para abordar los desafíos específicos de seguridad asociados con estos vehículos. Esto implica la integración de sistemas de protección térmica y eléctrica en los componentes estructurales, así como la implementación de sistemas de gestión térmica y sistemas de protección contra incendios para minimizar los riesgos de incendio o explosiones en caso de colisión o fallo en los sistemas eléctricos. Además, se requiere un diseño estructural adecuado para proteger a los ocupantes en caso de impacto, lo cual implica la incorporación de zonas de absorción de energía, refuerzos específicos en las estructuras de los vehículos eléctricos. Estos sistemas de seguridad deben ser diseñados y ubicados estratégicamente en las estructuras del vehículo para garantizar una desconexión segura de la energía eléctrica en caso de emergencia.
- Desarrollo de **sensores impresos** en componentes estructurales y packs de baterías combinada con **tecnologías TIC** soportadas en IA para el procesamiento de la información que asegure la integridad estructural y de funcionamiento de la batería del vehículo en todo momento.

Nuevos modelos de uso y movilidad

En la próxima década, se espera una transformación significativa en el ecosistema de la movilidad con una disminución en el uso del coche privado. Los gobiernos están promulgando regulaciones para reducir el número de vehículos en circulación y los consumidores buscan opciones de transporte más eficientes, ecológicas y cómodas.

- Los nuevos modelos de movilidad, como la **movilidad compartida**, **roboshuttles**, **última milla** etc. están cambiando la forma en que los vehículos son utilizados y están afectando las estructuras de los mismos. Esto incluye la necesidad de vehículos más duraderos y resistentes para la movilidad compartida, así como diseños más compactos y eficientes para los vehículos urbanos. Estos cambios en las estructuras de los vehículos están impulsando la innovación en la industria de automoción y en concreto de los fabricantes de componentes y sistemas, con un enfoque en la durabilidad, la eficiencia, la adaptabilidad y personalización de series cortas a los nuevos modelos de movilidad emergentes.
- El aumento del número de sensores, actuadores, hardware y software de control en los **vehículos automatizados y conectados** es una tendencia importante en la industria de automoción. Estos avances han sido impulsados por la demanda de vehículos más seguros, eficientes y conectados, así como por los avances en tecnologías de sensores y procesamiento de datos. Sin embargo, también ha planteado desafíos en términos de integración con los componentes de chasis y BiW. La planificación cuidadosa del diseño y la integración de estos nuevos componentes es esencial para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente de los vehículos automatizados y conectados en el futuro.

2 Visión y objetivos

El vehículo del futuro en general y las estructuras en particular deben buscar el aumentar la autonomía de los vehículos reduciendo el uso de energía, sin comprometer sus prestaciones (e incluso mejorarlas debido a las nuevas normativas de seguridad).

Para ello se postulan como soluciones potenciales el minimizar y optimizar el uso de materiales tanto primarios como secundarios de densidad relativa optimizada, así como el desarrollo de nuevas estructuras integradoras que hagan reducir número de componentes y etapas de proceso y que tengan en cuenta toda la vida útil del vehículo desde un punto de vista medioambiental.

Los principales objetivos que se han identificado, derivados de esta visión, son los siguientes:

Búsqueda de Aligeramiento

El aligeramiento sigue siendo una de las principales áreas en las que se enfoca la industria de la automoción, a pesar de que la industria está cambiando el uso de motores de combustión interna (ICE) a motores eléctricos (EV). Si bien, las diferencias de arquitectura entre ambos tipos de vehículos afectan en el alcance y en cómo abordar este aligeramiento.

Con la irrupción del coche eléctrico, el aligeramiento adopta un carácter enfocado principalmente a aumentar el nivel de autonomía de los vehículos, sin olvidar que el

conseguir un vehículo más ligero hará que los sistemas de frenos, suspensión y neumáticos sean menos críticos sin comprometer la resistencia estructural de los componentes.

En el caso de las baterías, los avances deberán estar enfocados a lograr una mayor densidad de energía por kg, lo que hará pasar de conceptos de sistemas de módulos de baterías estructurales a baterías de celda con estructura portante que hará que la estructura del vehículo se vea claramente afectada.

El paradigma en el diseño de vehículos eléctricos está experimentando un cambio significativo al buscar sustitutos en forma de materiales compuestos para piezas que tradicionalmente se fabrican con acero. Este cambio se debe a varios factores, siendo uno de los más importantes el peso adicional de las baterías en los vehículos eléctricos.

Las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos son más pesadas que los sistemas de combustible convencionales, lo que puede afectar la autonomía y eficiencia del vehículo. Para compensar este peso adicional, los fabricantes de automóviles están buscando formas de aligerar tanto las baterías como la estructura del vehículo en su conjunto. El uso de materiales compuestos en lugar de acero puede ayudar a reducir el peso total del vehículo sin comprometer la resistencia y la seguridad. Los materiales compuestos, como la fibra de carbono o la fibra de vidrio combinadas con resinas, son conocidos por ser más livianos y tener una alta resistencia específica en comparación con el acero.

En la búsqueda de una mayor autonomía, los fabricantes de automóviles están utilizando materiales compuestos en piezas clave del vehículo, tanto en el Body-in-White (BIW) como en el Chassis. Esto incluye paneles de carrocería, estructuras de bastidor, componentes de suspensión y otras piezas estructurales. El uso de materiales compuestos permite una mayor flexibilidad en el diseño, ya que estos materiales se pueden moldear en formas complejas y adaptarse a requisitos específicos de resistencia y rigidez. Además, los materiales compuestos también ofrecen una mayor resistencia a la corrosión, lo que puede prolongar la vida útil de las piezas y reducir los costos de mantenimiento.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de materiales compuestos en la fabricación de vehículos eléctricos todavía presenta desafíos. Estos incluyen el costo de producción y la infraestructura necesaria para fabricar y reparar piezas de materiales compuestos, así como la necesidad de desarrollar métodos de reciclaje efectivos para estos materiales.

Incremento de la seguridad de nuevos vehículos

La irrupción de nuevas normativas en cuanto a temas de seguridad implicará, en algunos casos, evoluciones estructurales que harán que el peso de ciertas partes de vehículo se vea afectado. De ahí que sea importante desarrollar nuevos conceptos, materiales y procesos asociados que sean capaces de cumplir los nuevos estándares de seguridad.

Mención especial tienen las baterías, generalmente localizadas en la parte inferior del vehículo, que juegan un rol especial a la hora de abordar la seguridad del vehículo. Baterías más pesadas tienen un impacto negativo en la seguridad a impacto de un vehículo y su tamaño y disposición también harán la necesidad de adoptar soluciones estructurales innovadoras diseñadas y adaptadas a cada casuística.

Mejora en la sostenibilidad medioambiental

Las estrategias de fin de vida útil de los vehículos, las estrategias de reciclaje para todos los diferentes componentes y las implicaciones de la nueva regulación sobre el contenido de materiales reciclados en los diferentes componentes han incrementado la presión para reducir el impacto medioambiental de los nuevos vehículos. Esta reducción redundará en la necesidad de lograr una circularidad de las nuevas soluciones que cubran el ciclo de vida completo de cada componente. Para ello herramientas como el Ecodiseño que incluyan el impacto medioambiental de los nuevos diseños y evalúen el potencial reciclado o reutilización del componente al final de su etapa de uso serán fundamentales para poder reducir el impacto medioambiental de los nuevos componentes. Es por ello que las estrategias de desensamblado de componentes para facilitar la reutilización también cobran una importante relevancia.

El uso de materiales reciclados, bio-materiales y todos aquellos que redundan en bajar la huella de carbono será una exigencia para los nuevos desarrollos del futuro.

La dificultad de reciclar y recircular materiales compuestos en la industria automotriz es un desafío importante que se debe abordar. Los materiales compuestos, como aquellos que combinan fibras con resinas, presentan dificultades para ser reciclados mediante métodos convencionales debido a la complejidad de separar y recuperar los componentes individuales.

La combinación de fibras con resinas en los materiales compuestos dificulta la separación y el reciclaje eficiente. Las resinas utilizadas en estos materiales suelen ser termoestables, lo que significa que no se pueden fundir y reciclar fácilmente como los plásticos convencionales. Además, las fibras utilizadas, como la fibra de carbono o la fibra de vidrio, son muy resistentes y difíciles de separar de las resinas.

La búsqueda de nuevas metodologías de revalorización de materiales compuestos es una línea de investigación emergente y paralela al creciente uso de estos materiales en la industria automotriz. Se están desarrollando diferentes enfoques para superar estos desafíos, como la descomposición térmica, la hidrólisis, la pirólisis y la recuperación de energía. Estas tecnologías están diseñadas para descomponer los materiales compuestos en sus componentes individuales para su posterior recuperación y reciclaje.

Además, se están explorando nuevas técnicas de fabricación que permitan la incorporación de materiales compuestos más fácilmente reciclables en la producción de vehículos. Estos nuevos materiales compuestos pueden ser diseñados de tal manera que faciliten su desmontaje y reciclaje al final de su vida útil.

Desarrollo de nuevos productos y adaptación de los actuales, combinación de múltiples piezas en una sola

La integración de funciones es una de las formas más utilizada para alcanzar diseños aligerados y procesos productivos más simples y eficientes. En este caso, obligará a trabajar con componentes multimaterial y multi-tecnología, hibridando procesos actuales y/o creando nuevos. El poder trabajar con herramientas de modelización avanzada y combinada de ecuaciones físicas y analítica de datos de procesos de materiales, procesos de fabricación y uso final del producto que permitan cerrar el ciclo de diseño y faciliten de

esta forma, elegir y trabajar el material ligero más apropiado, basado en criterios de propiedades mecánicas, fabricabilidad y medioambiental, harán que nuevas soluciones innovadoras puedan ser factibles y a su vez, cumplan tanto los requisitos de calidad como medioambientales.

La búsqueda de aplicar el material correcto en el lugar correcto dará lugar a la necesidad de trabajar con estructuras multi-material donde las uniones disimilares deberán ser correctamente caracterizadas y dimensionadas.

Mejora de la competitividad

La competitividad es una de las prioridades en el sector de la automoción. Los proveedores de componentes están sujetos a la necesidad de mejorar y desarrollar la excelencia. Esta necesidad obliga a desarrollar y producir componentes con los mayores estándares de calidad de una forma eficiente y competitiva.

La mejora de competitividad vendrá de la mano de acciones de mejora para lograr la optimización de los procesos de desarrollo de producto (plazos más cortos y robustos), reorientación hacia productos de mayor valor añadido innovadores respecto al estado del arte, más sostenibles y más seguros.

3 Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Para dar respuesta a los objetivos anteriormente descritos, se han identificado 7 grandes Prioridades Estratégicas con un horizonte en 2030.

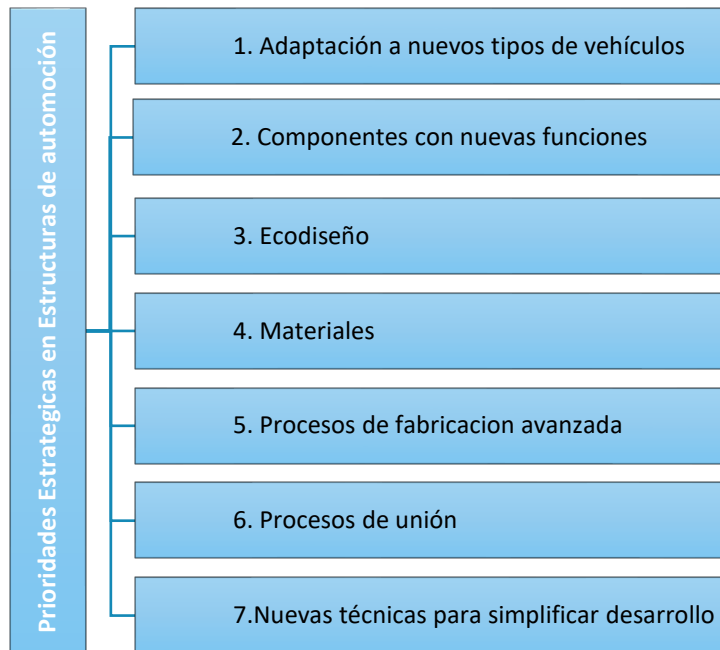


Figura 2. Prioridades Estratégicas en Estructuras de Automoción

En cada una de las Prioridades Estratégicas se han identificado los ámbitos de desarrollo, así como las tecnologías facilitadoras clave para la resolución de los ámbitos mencionados.

3.1 Adaptación a nuevos tipos de vehículos

Los vehículos electrificados van poco a poco, venciendo las resistencias del mercado a su introducción. En los últimos años han superado barreras importantes en cuanto a su autonomía, tamaño y tiempos de recarga, pero se encuentran con retos inmediatos destinados a mejorar, aún más su atractivo y eficiencia.

En el mismo sentido se encuentran las necesidades de las recientes y futuras nuevas formas de uso y tipologías de los vehículos. No es fácil, a priori, prever cual va a ser el desarrollo en los próximos años de los vehículos, es decir cómo serán los vehículos conectados, compartidos y de última milla. Pero es esperable que exista una demanda cada vez más variada, especializada, personalizada, y personalizable de vehículos. Un ejemplo de concepto vehicular que comienza a vislumbrarse como una demanda de los sectores de coche compartido son las plataformas configurables entre transporte de pasajeros y de carga. Estas plataformas deben concebirse de forma que el mismo vehículo pueda variar, a demanda, la proporción entre viajeros y carga transportados. Las estructuras que proporcionen estas características deberán, por tanto, ser diseñadas y fabricadas de forma compatible y optimizada a dicha demanda.

Esta versatilidad, previsiblemente exigible a las futuras carrocerías, debe ser compatible con los conceptos de seguridad, protección del medioambiente y coste, justificando la

necesidad de desarrollar tecnologías que permitan minimizar el uso de material reduciendo su peso. Se trata, por tanto, de identificar oportunidades de desarrollo de nuevos conocimientos tecnológicos asociadas a un mercado con una cada vez más amplia oferta de configuraciones de vehículos.

Ámbitos de desarrollo:

- **Desarrollo soluciones de aligeramiento para nuevos Vehículos Eléctricos, Híbridos y de H2.**

En este primer ámbito se encuentran vehículos con sistemas de propulsión electrificados, híbridos o eléctricos a los que las baterías (principalmente) sitúan en rangos de pesos por encima de sus equivalentes de combustión.

Los conceptos estructurales de estos vehículos pueden basarse en la integración de funciones en los sistemas, así como en la reducción de la inercia aplicada a la colisión por la batería concibiendo soluciones que reduzcan la contribución en deformación. En este sentido se pueden vislumbrar conceptos estructurales preparados para que la batería, u otros sistemas del tren propulsor proporcionen mejoras en su comportamiento mecánico (rigidez, resistencia en funcionamiento, resistencia en colisión, amortiguamiento de vibraciones, ...)

- **Desarrollo de estructuras enfocadas a la mejora de su mantenimiento y desmantelamiento.**

En los vehículos eléctricos nativos el diseño de la estructura se ha de realizar considerando el espacio necesario para albergar el conjunto de baterías, así como para realizar las operaciones de mantenimiento y de desmantelamiento con facilidad. Sin embargo, en los modelos de automóvil concebidos para combustión y que se rediseñan y adaptan a la electrificación, los conjuntos batería están diseñados para ser compatibles con los espacios “disponibles” en las plataformas y ser ensamblados en línea en una única operación. Estos diseños, en la mayoría de los casos, dificultan extraordinariamente las operaciones de “reparación” de elementos individuales (celdas, sistema de gestión térmica, ...) y su desmontaje en el final de su vida útil.

- **Desarrollo de nuevas arquitecturas de nuevos conceptos vehiculares.**

Si se tratan de manera específica, los nuevos conceptos vehiculares, por ejemplo, los vehículos autónomos con o sin conductor y las plataformas destinadas al coche compartido en sus modalidades de flota, se abren nuevos objetivos destinados a la personalización de los vehículos, tanto de exteriores como de interiores, a la renovación de elementos de mayor deterioro por uso intensivo, a la adecuación a arquitecturas de transporte lineal, con pocas curvas, autobuses de enlace, arquitecturas con motor en rueda y vectorizado del par minimizando los espacios de los pasos de rueda.

Otros tipos de conceptos, como los de última milla, compartidos o no, demandan estructuras reconfigurables con un mínimo aporte de masa, y plataformas escalables optimizadas en peso en todo su rango de fabricación.

- **Nuevos materiales y aplicaciones multimaterial**

Se va a requerir continuar con los avances en los desarrollos de los materiales que podemos considerar tradicionales, como por ejemplo los aceros de ultra alto límite elástico, las aleaciones de aluminio y magnesio, los plásticos y composites con diferentes tipos de cargas de refuerzo, se van a unir los desarrollos en los nuevos materiales asociados a los procesos de fabricación rápida y aditiva. El objetivo de estos desarrollos es proporcionar alternativas a las soluciones convencionales para diferentes tamaños de componente y para diferentes series productivas.

Continuar con la exploración de la combinación de materiales en las estructuras, facilitando sus funciones estructurales (rigidez, resistencia, seguridad...) con las de integración de componentes, es una necesidad tecnológica fundamental y prioritaria que debe proporcionar resultados de reducción de pesos muy relevantes.

Tecnologías habilitadoras:

- **Tecnologías de optimización estructural**

Las técnicas de optimización topológica, paramétrica y de forma, en todas sus variantes existentes, así como el postratamiento de las geometrías resultantes para cada proceso fabril potencialmente utilizable y la selección de los materiales posibles en cada proceso, proporcionarán alternativas conceptuales óptimas. La integración en los portafolios de los suministradores de códigos de cálculo de las herramientas de análisis de ciclo de vida serán también tecnologías que permitirán elegir las opciones más sostenibles.

- **Tecnologías DfX (Design for eXcelence)**

Estructuras modulares, que permitan ofrecer al mercado plataformas con una capacidad de transporte variable y configurable van a precisar de una combinación de las mejores prácticas en optimización materiales y procesos. Es necesario explorar y desarrollar tecnologías de diseño orientadas a la selección óptima de materiales y procesos desde una perspectiva multicriterio

- **Procesos de fabricación innovadores, fabricación aditiva, nuevas técnicas de unión.**

Desarrollo de estructuras geoméricamente orgánicas y/o reticulares, generando estructuras con las propiedades mecánicas inabordables hasta la fecha sin incrementar el peso de los vehículos, incluso reduciéndolo. En la integración de estas estructuras con elementos provenientes de procesos actualmente utilizados en automoción se requerirá el desarrollo de nuevas técnicas de unión, y mejoras en las técnicas actuales remachado, soldadura y muy especialmente adhesivado.

Los procesos de fabricación de materiales compuestos y los de fabricación mediante el conformado con dichos materiales es también una tecnología en la que el sector de automoción debe continuar explorando nuevos caminos.

- **Smart testing**

Desarrollo de **ensayos “inteligentes”** que permitan validar la versatilidad de los nuevos vehículos en condiciones de operación, garantizando que se mantienen los niveles de

fiabilidad deseados al introducir nuevos materiales y nuevos procesos de fabricación y de unión.

3.2 Componentes con nuevas funciones

La industria de la automoción ha experimentado una evolución significativa con estructuras en automoción que integran nuevas funcionalidades. Estas estructuras no solo brindan resistencia y rigidez, sino también mejoras en eficiencia, seguridad y comodidad.

Ámbitos de desarrollo:

- **Incorporación de IA en los componentes estructurales.**

La incorporación de inteligencia en los productos estructurales mediante la integración de sensores permitirá que los componentes sean más inteligentes y eficientes. Los sensores pueden monitorizar el estado funcional de los componentes estructurales y tomar decisiones basadas en la condición relativa al mantenimiento predictivo y vida útil de los mismos. Esto significa que los productos pueden ser más proactivos en la gestión de su propia salud, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y reparaciones costosas.

- **Desarrollo de sensórica integrada en materiales ligeros.**

El desarrollo de sensores embebidos en materiales ligeros es una tendencia creciente en la industria, y la electrónica impresa es una tecnología clave en este proceso, ya que permite afrontar el reto de la integración desde diferentes enfoques dependiendo del material base del componente. Por un lado, los sensores pueden ser impresos directamente sobre la superficie de piezas terminadas de materiales como el aluminio, acero o titanio, pero también es posible integrarlos en el propio proceso de fabricación de piezas plásticas (In Mold Electronics) o de composite, en este caso además sin comprometer las propiedades estructurales. Por último, las nuevas tecnologías de fabricación aditiva permitirán imprimir simultáneamente la pieza 3D y los sensores embebidos. De esta manera se podrá dotar a los componentes de nuevas funcionalidades añadidas y mejorar sus calidad y eficiencia. Además, la electrónica impresa permite una mayor flexibilidad y personalización en el diseño de los sensores y su integración en los productos. Esta línea va a ser muy relevante de cara a los nuevos desarrollos asociados al vehículo eléctrico, autónomo y conectado. Muchas soluciones pasarán por eliminar otros elementos de mayor peso que reducirán el peso global del vehículo.

- **Integración de nuevas funcionalidades en los emblemas.**

La integración de nuevas funciones en los emblemas de radar es otra área en la que se está trabajando actualmente. Estas funciones pueden incluir aspectos estéticos, como la retroiluminación y la transparencia electromagnética, así como la funcionalidad, como la introducción de elementos calefactados. Esto permite una mejor visibilidad y eficiencia en la detección de obstáculos, especialmente en condiciones climáticas adversas.

Tecnologías habilitadoras:

- **Sensórica/ IoT**

La evolución y desarrollo de la sensorización en la automoción prometen transformar radicalmente el sector en la próxima década. Con el avance de la tecnología, se espera una integración más profunda de sensores en los vehículos, permitiendo una recopilación de datos aún más precisa y detallada sobre el entorno y el estado del vehículo y su estructura.

En concreto en la parte estructural del vehículo la sensorización que se integre ha de ser compatible con los medios de fabricación y con las condiciones de servicio y uso del vehículo garantizando su funcionamiento y eficiencia.

- **Inteligencia Artificial**

Los algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales profundas se utilizarán para procesar grandes cantidades de datos generados por los sensores, contribuyendo a una mejor gestión de la estructura, desde la salud de los componentes hasta el uso eficiente de las nuevas funcionalidades integradas.

- **Impresión funcional**

La impresión funcional en la automoción promete desempeñar un papel cada vez más relevante en los próximos años. Esta tecnología revolucionaria que permite la fabricación de componentes y piezas personalizadas de manera rápida y eficiente facilitará la integración de nuevas funcionalidades en las estructuras.

- **Fabricación aditiva**

La fabricación aditiva será una de las tecnologías que faciliten la integración de sensores en las estructuras de automoción. Esta tecnología de impresión 3D permite la creación de componentes complejos con espacios y canales internos para alojar sensores de forma integrada. La fabricación aditiva ofrece flexibilidad en el diseño y la posibilidad de crear estructuras ligeras y optimizadas para la ubicación y funcionamiento de los sensores.

3.3 Ecodiseño

La sostenibilidad de las actividades es un requisito social derivado de una conciencia que respeta, cada vez de forma más unánime, el medioambiente. El sector de la movilidad, y en el con una cuota más que dominante el del transporte por carretera (automoción), es un sector que por su relevancia en cuanto a impacto económico, energético y medioambiental debe ser tractor de iniciativas que fomenten la economía circular. En algunos casos, los desarrollos normativos que están definiendo los pilares, y soluciones técnicas, sobre los que se va a sostener la nueva movilidad, se están basando en valoraciones sobre la fase de utilización, y sin considerar, o haciéndolo en menor medida, las fases de fabricación y de fin de vida. Se considera fundamental para poder apoyar decisiones que permitan un futuro del automóvil sostenible y eficiente, que permita definir estrategias unívocas y participadas por todos, que las valoraciones sobre los impactos sean completas, rigurosas y aplicando el mejor estado del conocimiento actual

Con el objetivo de mejorar la eficiencia de la movilidad en carretera están apareciendo estructuras vehiculares aligeradas, con nuevos conceptos que en muchos casos se consiguen mediante opciones multi-material, incluso con materiales compuestos que por su naturaleza (compuesta) presentan normalmente mayores dificultades para poder ser

reutilizados o aprovechados de forma sistemática y, por tanto, circular. Estas soluciones, y otras, están siendo diseñadas para poder ser aplicadas en el mayor tipo de modelos, plataformas, marcas, etc. Esta utilización “masiva” permite minimizar el esfuerzo, y el impacto, del desarrollo de medios productivos fomentando ahorros energéticos en la fase de producción tanto de los propios medios, como de los componentes.

Con los mismos objetivos, enmarcados en la continua mejora de la eficiencia energética, el sector ha ido introduciendo nuevos conceptos y soluciones en materiales plásticos que en algunos casos podrían ser susceptibles de ser reutilizados. Mantener en el mercado componentes cuya funcionalidad se mantenga más allá de la vida útil del vehículo completo puede ser una estrategia que permita ayudar al sector a continuar con su esfuerzo de minimizar el impacto ambiental relacionado con su producto, el automóvil.

El sector de la automoción siempre se ha caracterizado por su fuerte carácter innovador. Muchos de los avances realizados en él se han aplicado, directamente o con ajustes, en otros sectores industriales, productivos o de servicios. En materia de reducción del impacto medioambiental el sector está realizando unos avances realmente disruptivos, que son los que permiten considerar como alcanzables los objetivos planteados en las diferentes agendas mundiales (por ejemplo, los de descarbonización). Se considera que los esfuerzos aplicados en el sector para fomentar un uso circular de sus productos, componentes, materiales, etc serán una fuente de inspiración para otros sectores aportando catalizadores al círculo virtuoso de la reducción del impacto ambiental.

Ámbitos de desarrollo:

- **Valoración del ciclo medioambiental de las estructuras**

Mediante una aproximación en la que las mejores prácticas de análisis de ciclo de vida, junto con un aseguramiento de la trazabilidad de los datos de caracterización del impacto de los del uso de los recursos y de la aplicación de los procesos, permitan una valoración, objetiva, comparable y trazable del impacto medioambiental. La comisión Europea plantea esta metodología tanto para las organizaciones como para los productos y define unas guías generales [1] y además hace especial hincapié en el concepto SSbD (Safe and Sustainable by Design) aplicable, especialmente a los materiales, pero extrapolable también a los componentes y estructuras. El planteamiento SSbD es previo a la comercialización de los productos por el que se incorporan al diseño de los mismos los objetivos de minimizar el uso de sustancias químicas peligrosas, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fomentar la reutilización y el reciclado de materiales en una economía circular El sector de automoción viene aplicando desde hace mucho tiempo herramientas encaminadas a evitar productos que contengan elementos tóxicos, contaminantes, etc como el [IMDS \(Sistema Internacional de Datos de Materiales\)](#). Sin embargo, los objetivos de sostenibilidad y protección medioambiental requieren nuevos pasos hacia adelante en la aplicación de sistemas de control de la trazabilidad de los datos y de seguimiento de su evolución temporal.

- **Piezas multi aplicación, desarrollos modulares**

La aplicación de herramientas de ecodiseño en la fase de concepto, y en las sucesivas fases de evolución del diseño de los productos, debe conducir a conceptos que puedan ser aplicados en diferentes modelos de una misma marca. Los conceptos deben ser flexibles, minimizar el impacto de las operaciones de montaje, reparación y desmantelamiento. Los conceptos de las estructuras deben, si es posible, estar pensados para la reparación de los elementos y alargar la vida de los componentes incluso más allá de la vida del vehículo inicial en el cual fue montado.

La inclusión de funciones en los elementos de las estructuras permite flexibilidad en la producción de diferentes modelos demandados por la sociedad. Este tipo de soluciones son un objetivo clásico de los departamentos de innovación, avance de fase y desarrollo de las marcas de automoción. La aplicación extendida, e integrada, de las herramientas **DfX** (Design for eXcelence) y **LCA** (Life Cycle Assesment) deben conducir a maximizar la funcionalidad de las estructuras, aprovechando las mejores características de los material, procesos y técnicas de unión.

- **Piezas multimarca.**

El aprovechamiento de componentes, o piezas, para diferentes modelos, dentro de un grupo es una opción que todos los fabricantes intentan maximizar, especialmente para reducir los costes de los modelos. Sin embargo, estas soluciones no sólo presentan ventajas económicas para los fabricantes, sino que también proporcionan beneficios en forma de eficiencia energética ya que se optimizan los recursos destinados a la producción de medios.

Desde hace tiempo las colaboraciones en el mundo de la automoción no se restringen únicamente al ámbito interno de los diferentes grupos, sino que son muchos los casos de colaboraciones para reducir costes de desarrollo, producción y logística. De nuevo la eficiencia económica se produce en paralelo de beneficios medioambientales y ahorros energéticos.

- **Rentabilidad en series cortas.**

Como ha sido mencionado en el apartado 3.1 la demanda de movilidad cada vez presenta mayores diferencias entre usuarios, las condiciones de vida son cada vez más variadas, al igual que los gustos y las decisiones junto con los tipos de propulsión (combustión o electrificación). Los vehículos deberán adaptarse a esta heterogénea demanda y es muy posible que aparezcan series cortas de determinadas opciones y, por tanto, también de sus componentes.

Si la opción de uso de piezas multimodelo o multimarca no son alternativa en determinados casos, los procesos de diseño DfX que contemplen las características de una serie corta sin dejar por ello de valorar los aspectos de protección del medioambiente serán la alternativa que debe ofrecer el sector. Todo eso además provocará cambios en las maneras de fabricar convirtiendo las fábricas en islas flexibles capaces de adaptarse a estas series que variarán constantemente entre corta, media y larga.

Tecnologías habilitadoras:

- **Diseño para la Excelencia DfX**

Las herramientas DfX han convergido en una metodología para la excelencia de producto en la que considerar todos los aspectos y agentes involucrados durante la vida del producto. Diseñar para la aceptación del producto, para su fabricación, su desmontaje, su reutilización, etc es la herramienta necesaria para poder aumentar el atractivo de soluciones, en ocasiones de algo mayor coste, pero con impactos significativamente menores.

- **Herramientas de simulación vida en servicio**

Modelos de simulación complejos, que permitan caracterizar la dispersión estocástica de las variables significativas del impacto ambiental de las estructuras y de su influencia en el funcionamiento del vehículo. Estos modelos serían herramientas muy útiles para conseguir valoraciones precisas del impacto ambiental de los vehículos, y por tanto para valorar el potencial de mejora de las mismas.

- **Procesos fabricación flexibles**

Procesos que sean capaces de adaptarse a series cortas, medias o largas y a una importante cantidad de referencias con mínimos tiempos y trabajos de adaptación, serán precisos para conseguir una oferta optimizada al usuario, y por tanto eficiente desde un punto de vista medioambiental.

- **Inteligencia Artificial**

La IA aplicada a los modelos de simulación y a los de evaluación del impacto ambiental mediante análisis del ciclo de vida pueden tener un impacto muy beneficioso en forma de nuevas soluciones, selecciones y diseños optimizados en forma multicriterio. Conseguir la satisfacción de los requisitos del cliente, minimizando los recursos en toda la cadena de valor serán permitirá avanzar hacia los objetivos de sostenibilidad a mayor velocidad.

- **Valoración del impacto mediante análisis de ciclo de vida LCA**

Con ayuda de herramientas de trazabilidad, modelos de caracterización de la evolución del impacto y la aplicación de técnicas de Inteligencia artificial, los estudios de análisis de ciclo de vida permitirán resultados objetivos y serán la herramienta adecuada para la toma de decisiones. Tanto las instituciones públicas, responsables de definir las políticas necesarias para proteger el medioambiente, como las empresas responsables del diseño y fabricación de los productos, precisan definir un lenguaje común, objetivo y que tenga presente la incertidumbre de las variables. Las mejoras en los análisis de los ciclos de vida de las estructuras permitirán decisiones sobre, por ejemplo, la selección de materiales idóneos para cada modelo y serie esperada.

- **Productos seguros y sostenibles desde el diseño (SSbD)**

La metodología SSbD permite evaluar el el rendimiento del producto con respecto a los requisitos de seguridad y sostenibilidad en la fase de diseño del desarrollo del producto, en lugar de hacerlo después de que el producto se haya diseñado y esté en el mercado. Un enfoque previo es más eficiente y eficaz que tener que abordar las deficiencias al final del proceso de desarrollo del producto.

- [1] [Damiani, M., Ferrara, N. and Ardente, F., Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods, EUR 31236 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-57214-5, doi:10.2760/11564, JRC129907.](#)
- [2] Patinha Caldeira, C., Farcas, R., Moretti, C., Mancini, L., Rauscher, H., Rasmussen, K., Riego Sintés, J. and Sala, S., Safe and Sustainable by Design chemicals and materials Review of safety and sustainability dimensions, aspects, methods, indicators, and tools, EUR 30991 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-47609-2, doi:10.2760/68587, JRC127109.

3.4 Materiales

La reducción de las emisiones en el transporte es un reto social de especial importancia en Europa. Para hacerle frente, entre otros ámbitos, la industria del automóvil debe afrontar el reto de desarrollar y adoptar materiales ligeros y soluciones multi-material que además colaboren a reducir la huella medioambiental. Por otra parte, la electrificación trae consigo la necesidad de desarrollar nuevas soluciones distintas a las que actualmente hacen uso de materiales críticos (p. Ej algunos de los utilizados en los motores eléctricos y baterías, Nd, Li) y nuevos sistemas de almacenamiento de energía, abordando el problema de su ciclo de vida completo. La adopción de nuevos materiales y de soluciones optimizadas desde el punto de vista de peso y comportamiento en servicio presenta ciertas “incertidumbres” que conviene señalar. Por ejemplo, las soluciones óptimas en términos de resistencia mecánica y ligereza pueden no serlo en términos económicos y pueden presentar importantes retos en cuanto a su reciclabilidad.

En este sentido, el desarrollo de nuevos materiales debe hacerse teniendo en cuenta el ciclo de vida global (desde la producción sostenible, pasando por las implicaciones medioambientales de su uso, hasta la posibilidad de su reciclado para su reutilización como materia prima secundaria).

Todo esto, sin olvidar la necesidad de estandarizar los materiales y los procesos productivos a nivel global, para que la internacionalización sea efectiva y, por otro lado, la de adoptar nuevos procesos y estrategias de diseño ágiles que permitan la producción individualizada.

Ámbitos de desarrollo:

- **Desarrollo de nuevos materiales sostenibles.**

La necesidad de reducir la huella medioambiental del sector hace necesario el desarrollo de nuevos materiales sostenibles (a través de una concepción global a partir de materias primas de origen orgánico o secundario, de la minimización de recursos energéticos en su procesamiento, y por la aplicación de criterios basados en la reutilización de los mismos). Concretamente, en el ámbito de las estructuras de automoción, la resistencia de los materiales es clave para poder aligerar los componentes. En este sentido, en el campo de los materiales metálicos, el desarrollo sostenible de aceros avanzados de ultra elevada resistencia UHSS y los aluminios de gran resistencia son fundamentales. Por otro lado, en el ámbito de los materiales compuestos el desarrollo de resinas más reciclables para procesos RTM y SMC se presenta como un reto destacado.

- **Aplicación de herramientas de simulación para el desarrollo de materiales, procesos productivos y ensayo virtual de materiales y componentes.**

Dadas las posibilidades crecientes de las herramientas de simulación, es de vital importancia la utilización de las mismas para el diseño de materiales y procesos productivos, para sustituir la estrategia prueba-error en la adopción de nuevas soluciones. Las herramientas de simulación permiten diseñar nuevos materiales, personalizados para cada aplicación incluyendo, además de las especificaciones objetivo, el coste y la huella ecológica asociada. Con la utilización de estas herramientas se conseguirá una evolución más eficiente tanto en términos económicos como ecológicos, permitiendo evaluar el ciclo de vida completo de las soluciones adoptadas.

Adicionalmente, el uso de herramientas de simulación permite la evaluación del comportamiento en servicio, por un lado, y el análisis virtual del ciclo de vida completo de cada componente y del conjunto, por otro. La adopción de estas herramientas, por tanto, contribuirán a la sostenibilidad global de la industria.

- **Estandarización de los procesos de adopción de nuevos materiales.**

La adopción de nuevos materiales (polímeros de origen bio, por ejemplo), con crecientes exigencias desde el punto de vista medioambiental, debe integrarse y estandarizarse con la normativa existente en términos de seguridad y durabilidad.

- **Trazabilidad de las propiedades de los materiales reciclados.**

Para poder adoptar soluciones a partir de material reciclado (tanto en su versión recycled como downcycled), la industria necesita poder trazar la procedencia de los materiales reciclados que utiliza como los procesos a los que ha sido sometido. Esta necesidad de establecer unos “pasaportes digitales” no es preocupación solo de la industria de automoción sino se extiende a toda la industria transformadora.

Tecnologías habilitadoras:

- **Herramientas de simulación para diseño y desarrollo de nuevos materiales**

Desarrollo de herramientas de simulación que permitan el diseño de materiales o de componentes multimaterial para cumplir requerimientos específicos. (estructurales, medioambientales y productivos)

- **Gemelo digital de material y proceso de fabricación asociado**

Desarrollo de gemelos digitales de los procesos de transformación de materiales y de fabricación en general, que permitan un abordaje holístico (económico, ecológico y funcional) al problema de la adopción de nuevas soluciones.

Herramientas y técnicas para entender y predecir virtualmente las relaciones entre el proceso, la estructura, las propiedades y la función de los materiales y estimar propiedades de materiales de forma virtual para abordar dos aproximaciones: “Diseño con materiales” (aproximación tradicional) y “Diseño de materiales” (aproximación “fit-to-purpose”).

- **Herramientas de Simulación vida en servicio**

Desarrollo de herramientas de simulación y gemelos digitales del comportamiento en servicio de nuevos componentes.

- **Técnicas NDT (Non Destructive Testing)**

Desarrollo de tecnologías de inspección no destructivas para su utilización in-line en proceso de producción y on-line durante la vida útil del producto. Ligado a esto, desarrollo de pasaportes digitales para cada una de las partes fabricadas, para facilitar la utilización de materias primas secundarias.

- **Procesos de fabricación innovadores**

Desarrollo de tecnologías de fabricación más adaptadas a la flexibilidad de la producción (por ejemplo, fabricación aditiva) a los nuevos materiales flexibles y a nuevas estrategias de fabricación (interacción persona-robot, manipuladores inteligentes, etc.).

- **Técnicas de unión multimaterial**

Desarrollo de tecnologías de unión para componentes multimaterial que tengan en cuenta el desmontaje y reciclado. Desarrollo de tecnologías de separación de materiales al final de su vida útil.

- **IoT Inteligencia Artificial**

Desarrollo de herramientas de trazabilidad de producto y logística intra-empresa e integradas con la red global de proveedores que permitan la toma de decisiones sobre qué soluciones en cuanto a material adoptar en cada momento teniendo en cuenta el coste, la huella ecológica global y los requerimientos.

- **Métodos de análisis LCA**

Desarrollo de métodos de análisis global de sostenibilidad (ciclo de vida, aceptación social) que permitan la evaluación a priori de la utilización de nuevos materiales.

Sistemas de certificación de huella de carbono generada por pieza producida.

- **Smart Testing**

Desarrollo de **ensayos de caracterización de material “inteligentes”** que permitan obtener datos experimentales de forma fiable y trazable para alimentar los modelos de material. Combinación de datos físicos con datos sintéticos aplicando técnicas de inteligencia artificial que permitirán obtener propiedades de los materiales que no se puedan medir o cuantificar mediante técnicas tradicionales.

3.5 Procesos de fabricación avanzada

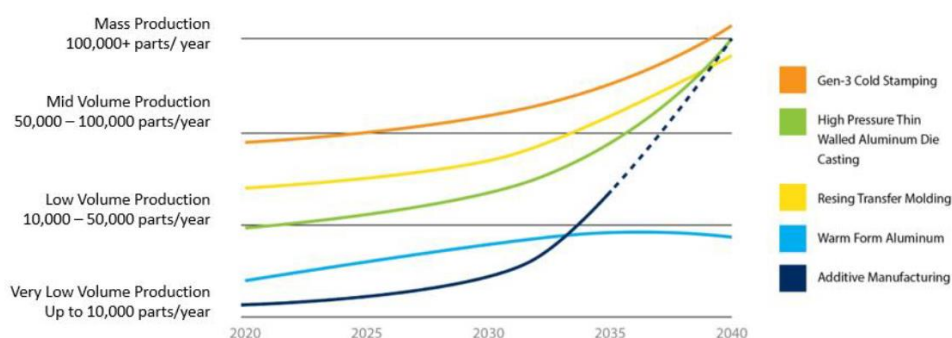
La fabricación de las estructuras asociadas a los distintos tipos de vehículo tanto en gama como en tipología de motorización (térmico o eléctrico) es un campo en constante evolución que busca mejorar la seguridad, la calidad, la sostenibilidad de los procesos y su competitividad buscando conceptos innovadores que permitan una fabricación avanzada, inteligente y ecoeficiente. Todos estos nuevos conceptos de fabricación deben estar directamente asociados a una fábrica flexible que permita cambios de referencia sencillos

en función del número de unidades y la tipología de vehículo (motor térmico o eléctrico). El futuro pasa por fábricas flexibles que se adapten a series cortas, medias y largas de forma sencilla y con bajo coste, que incorporen procesos de fabricación avanzada que lo faciliten y que a la vez estén diseñados para contribuir al desmantelamiento posterior y reciclado de los sistemas y componentes. Se mencionan a continuación algunas de las tecnologías en las cuales el sector está investigando de cara al desarrollo de nuevas soluciones:

Ámbitos de desarrollo:

- **Tecnologías de fabricación innovadoras.**

El uso de materiales novedosos, que permitan mejoras de aligeramiento y seguridad, en la fabricación de estructuras de automoción requiere de tecnologías de fabricación innovadoras. En la Figura 1 se presentan los procesos de fabricación emergentes y el nivel de desarrollo de estos procesos en función de los volúmenes de producción de los vehículos según [1]



Source: CAR Research

Figura 3. Procesos de fabricación emergentes en la industria del automóvil [1]

Se han identificado los siguientes procesos como altamente prometedores: fabricación aditiva, fundición de aluminio a alta presión (HPDC), inyección de resina en molde cerrado (Resin Transfer Moulding-RTM), SMC (Sheet Moulding Compound), conformado de chapa en caliente de aluminio y de aceros cada vez de mayor resistencia (Press Hardened Steel-PHS). Estas tecnologías han sido seleccionadas debido a su progreso esperado y su disponibilidad prevista para el año 2035.

Los demás procesos de fabricación, que ya se utilizan en masa con tecnologías maduras, como estampación en frío, forja, forja rotativa, laminación, fundición, inyección, procesos de deformación por rotación, arranque de material entre otros, seguirán siendo utilizados en la fabricación de estructuras, adaptándose y evolucionando dentro de un nuevo sistema industrial que incorpora nuevos materiales, sensores y fabricación inteligente como por ejemplo el conformado de aceros de 3ª generación que se prevé que crezca de manera importante en las próximas décadas. La hibridación y combinación de procesos para conseguir piezas más ligeras y resistentes con menor número de operaciones y desecho de material contribuye a la sostenibilidad al generar menos residuo y mejorar el aprovechamiento del material. [2]

Por otro lado, aunque la trayectoria futura de la fabricación aditiva más allá de 2035 es incierta, existe la posibilidad de que esta tecnología pueda ser implementada en la producción en masa si sigue una evolución similar a la de otros procesos de fabricación en desarrollo.

En lo que se refiere a los tratamientos térmicos, es fundamental continuar con el desarrollo de tecnologías que permitan la customización de los componentes estructurales de manera que se consigan piezas con diferentes propiedades y durezas según requerimientos.

- **Avances en simulaciones multifísicas de los procesos de fabricación**

Se busca lograr una mayor eficacia y precisión en el software de simulación mediante el aprovechamiento de los avances computacionales. Esto permite obtener resultados de manera más rápida y precisa, mejorando la eficiencia en el proceso de diseño y validación.

Además, se está trabajando en la dirección de lograr una ingeniería de prototipo cero, donde se pueda obtener un prototipo virtual validado (gemelo digital) y probado que proporcione evaluaciones de rendimiento altamente confiables. Esto reduciría la necesidad de prototipos físicos y aceleraría el tiempo de desarrollo del producto sin olvidarnos del impacto medio-ambiental asociado la reducción del uso de materias primas y energía debido a prototipos y puestas a punto experimentales.

Se buscad disponer de metodologías de simulación que consideren todas las etapas de desarrollo de un producto, desde su concepción y diseño, fabricación de la materia prima, proceso de transformación, tratamientos, ensamblado, vida en servicio etc...considerando las transformaciones tensionales y deformaciones que sufren los materiales en toda la cadena.

Por otro lado, gracias a la sensórica avanzada, la extracción de datos y el aprovechamiento de macrodatos, junto con herramientas digitales y capacidades de análisis de elementos finitos, también juegan un papel importante en las simulaciones multifísicas. Esto incluye métodos de simulación en tiempo real, así como la integración de información de ensayos físicos para realizar una simulación más precisa y confiable.

- **Trazabilidad**

La lectura de trazabilidad en cada estación del proceso de fabricación proporciona un seguimiento meticuloso de cada pieza y su historial de producción, lo que garantiza la calidad y seguridad de los productos. Al implementar esta práctica en cada etapa del proceso de fabricación, se obtiene un control detallado y preciso sobre el origen, las características y los cambios de cada componente. Esto facilita la identificación temprana de posibles problemas y permite tomar medidas correctivas de manera oportuna, mejorando la eficiencia y reduciendo los riesgos. Además, la lectura de trazabilidad promueve la transparencia en la cadena de suministro y la satisfacción del cliente al brindar una mayor confianza en los productos y su proceso de fabricación. Asimismo, gracias a la trazabilidad se contribuye a controlar la sostenibilidad de los productos fabricados, circularidad y reciclabilidad etc... Deben desarrollarse sistemas de trazabilidad que soporten las condiciones severas que sufren algunos procesos (alta temperatura, grandes deformaciones y rozamientos, cascarilla etc) con garantía de lectura. Esta línea de

investigación se encuentra en un estado muy incipiente en algunos aspectos cuando el proceso y/o el material no facilitan el marcaje unitario de los componentes y que va a ser clave de cara al desarrollo del pasaporte digital de producto futuro.

- **Control 100% de las características críticas:**

Los procesos de control de los procesos y componentes son un imperativo en el sector automoción. La seguridad del vehículo pasa por un control de todo el proceso de fabricación, de los materiales y de los productos finales, La multitud de referencias, materiales y procesos complejizan la inspección automatizada, sin embargo, las nuevas posibilidades que ofrece la fotónica, la sensórica avanzada y la inteligencia artificial abren nuevas posibilidades para la inspección no destructiva de los componentes que conforman las estructuras.

- **Flexibilización de los procesos**

La flexibilidad de los procesos es un aspecto crucial en la industria de automoción para hacer frente a los cambios en la demanda. Para lograrlo, se requiere la implementación de procesos más versátiles y una mayor capacidad de reconfiguración en las líneas de producción. La flexibilidad en los procesos implica la capacidad de adaptarse rápidamente a diferentes requisitos de producción, como cambios en el diseño del producto, variaciones en las especificaciones o fluctuaciones en la demanda del mercado. Esto se puede lograr mediante la utilización de tecnologías y equipos que permitan ajustes ágiles y eficientes en la configuración de la línea de producción.

- **Rentabilidad en series cortas**

A medida que aumenta la necesidad de personalización, la producción de bajo volumen se está convirtiendo en una importante estrategia de fabricación para empresas de todos los tamaños. La producción de series cortas implica fabricar entre 50.000 y 100.000 piezas, a caballo entre la creación de prototipos únicos y la producción a gran escala. Sin embargo, uno de los grandes retos de las series cortas es conseguir la rentabilidad de las producciones masivas. Para ello es clave el desarrollo de utillajes, y sus tecnologías de producción, de menor coste que puedan emplearse con las materias primas homologadas por los OEMs.

- **Desarrollo de pasaporte digital** para la trazabilidad de productos y procesos

Los pasaportes digitales para la trazabilidad de productos permiten un seguimiento preciso de las piezas y su historial de producción, lo que mejora la transparencia y confianza en la calidad de los productos para los consumidores y la eficiencia de los procesos para los fabricantes.

Estos pasaportes digitales, conocidos como Digital Product Passports (DPP), registran información completa sobre un producto a lo largo de su ciclo de vida, incluyendo detalles sobre su fabricación, composición, desempeño ambiental y opciones de reciclaje. Su objetivo principal es proporcionar transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro, fomentando la economía circular y la reducción de residuos.

En la Unión Europea, el plan de economía verde promueve la adopción de los Digital Product Passports en diferentes sectores industriales incluyendo el de los fabricantes de estructuras para automoción. Se espera que estos pasaportes digitales impulsen la

sostenibilidad y faciliten la transición hacia una economía más circular, donde los productos sean diseñados para ser reutilizables, reparables y reciclables.

- [1] S. Modi and A. Vadhavkar, "Technology Roadmap: Materials and Manufacturing."
- [2] S. Rosenthal, F. Maaß, M. Kamaliev, M. Hahn, S. Gies, and A. E. Tekkaya, "Lightweight in Automotive Components by Forming Technology," *Automotive Innovation*, vol. 3, no. 3, pp. 195–209, Sep. 2020, doi: 10.1007/s42154-020-00103-3.

Tecnologías habilitadoras:

- **Fabricación aditiva**

El uso de la fabricación aditiva en el sector de la automoción, especialmente en el ámbito estructural, se vislumbra como una prometedora solución debido a la flexibilidad inherente a esta tecnología. En un horizonte donde la variabilidad, personalización y la ligereza son fundamentales, la fabricación aditiva se enfrenta al desafío de lograr velocidades de producción acordes con las exigencias del sector, así como la incorporación e integración de materiales cada vez más resistentes. La hibridación y combinación con tecnologías de fabricación más convencionales abre la puerta a la fabricación rápida y personalizada de estructuras con sensores integrados, mejorando la eficiencia y funcionalidad en la industria de la automoción

- **Procesos de fabricación innovadores**

Es necesario impulsar y desarrollar las tecnologías de fabricación más avanzadas, como la fundición de aluminio de alta presión, RTM (Resin Transfer Molding), SMC (Sheet Molding Compound), el conformado en caliente de aceros endurecibles y aluminios de alta resistencia, etc...con el objetivo de fabricar estructuras ligeras y resistentes de manera sostenible y eficiente. Además, la hibridación de procesos tradicionales de deformación se presenta como una vía hacia la innovación de estructuras multimateriales, permitiendo combinar lo mejor de diferentes técnicas para lograr resultados óptimos en términos de rendimiento y peso.

Los nuevos desarrollos de tratamientos térmicos adaptables permitirán obtener piezas con propiedades mecánicas diferentes según solicitudes.

- **Procesos de fabricación flexibles: automatización y robótica**

El desarrollo de líneas de producción flexibles y reconfigurables ha revolucionado la fabricación de automóviles. Estas líneas se adaptan rápidamente a cambios en los modelos y demanda del mercado. Utilizando tecnologías avanzadas como robótica y automatización, permiten ajustes ágiles y configuraciones personalizadas. Esto mejora la eficiencia, reduce costos y tiempos de cambio. Los fabricantes pueden producir diferentes tipos de vehículos sin modificaciones extensas. Las líneas flexibles y reconfigurables ofrecen una mayor variedad de modelos y cumplen con las preferencias del cliente. En esta línea los robots multitarea y las plataformas móviles o AGVs cogen mucho peso.

- **Herramientas de simulación -Gemelo digital proceso de fabricación**

El desarrollo de gemelos digitales de los propios procesos de fabricación de las estructuras de una manera rápida y fiable es imprescindible para conseguir la puesta en marcha de la producción de una manera más sostenible, rápida y segura. La hibridación de los modelos clásicos de elementos finitos basados en la física con los modelos basados en datos y la incorporación de la IA es una vía en creciente desarrollo en todos los ámbitos y también en el sector de fabricación estructural para automoción. Los gemelos digitales de los procesos de fabricación pueden servir para generar datos sintéticos obtenidos de sensores virtuales.

Los gemelos digitales de los procesos de fabricación deberán integrarse en el control de las líneas de fabricación y evolucionar de modelos simplemente descriptivos hacia modelos predictivos y finalmente modelos autónomos auto controlables.

- **Sistemas de tracking**

Desarrollo de tecnologías de impresión para seguimiento de trazabilidad que soporten condiciones adversas en el proceso de fabricación, temperaturas elevadas, cascarilla, grandes deformaciones, etc.

- **Técnicas NDT**

Estas tecnologías avanzadas permiten la detección y evaluación precisa de defectos y características críticas en las estructuras, garantizando su integridad y seguridad. Las técnicas NDT y ultrasonidos pueden proporcionar información detallada sobre la calidad del material y la presencia de defectos internos. La visión y la fotónica, mediante cámaras y sistemas de iluminación especializados, permiten la inspección visual y la medición de características clave de las estructuras. La combinación de estas técnicas con algoritmos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático mejora aún más la capacidad de inspección y análisis, optimizando la producción y minimizando el riesgo de fallos en las estructuras de los automóviles.

- **Técnicas de unión multimaterial**

Para lograr el éxito en la fabricación de estructuras multimateriales, es crucial tener en cuenta la elección del material adecuado en el lugar adecuada. En este sentido, es fundamental aplicar la técnica de unión correcta, considerando los materiales involucrados, su proceso de fabricación, así como los requisitos y condiciones de uso. Además, se deben considerar aspectos como la compatibilidad química, la durabilidad y la capacidad de resistir las condiciones de servicio a las que estarán expuestas las estructuras sin olvidar la componente de coste.

3.6 Procesos de unión

Debido a la tendencia hacia la electrificación del sector y los requisitos de ahorro de combustible presentes en el mercado, los fabricantes de automóviles se ven obligados a reducir el peso total, manteniendo la seguridad y el rendimiento del vehículo. El enfoque más habitual para lograrlo consiste en utilizar materiales de naturaleza diversa (estructuras multimaterial) como aluminio, acero avanzados de alta resistencia (AHSS), composites poliméricos, plásticos de alta resistencia., Esto a su vez, ha obligado a los fabricantes de automóviles a explorar y desarrollar nuevas tecnologías de unión que hagan posible la unión entre componentes. La utilización de estos materiales avanzados genera la

necesidad de desarrollar soluciones robustas y económicamente eficientes para las uniones multimaterial que combinan diferentes materiales con la máxima de utilizar el material adecuado en el lugar adecuado.

Debido a la naturaleza de la producción en masa del sector de automoción, la adopción de tecnologías de unión se realiza teniendo en cuenta los siguientes aspectos, la factibilidad, su durabilidad, el coste de los procesos y su productividad, y la flexibilidad que aportan.

Actualmente, la soldadura por puntos (RSW) es el método de unión más comúnmente utilizado en la industria de la automoción debido a la utilización predominante de los metales en las estructuras de una gran parte de los vehículos. Aunque la RSW es rápida y rentable, presenta limitaciones en la unión de materiales disímiles y consecuencia de ello, se prevé un claro descenso de su uso en las próximas décadas ya que la tendencia a introducir y combinar nuevos materiales en dichas estructuras genera la necesidad de nuevas soluciones.

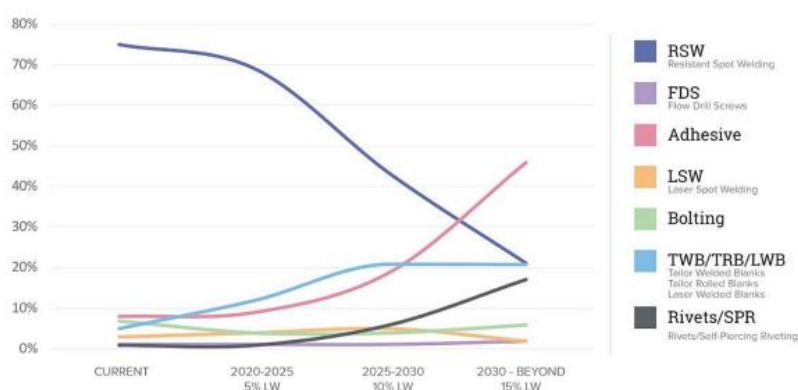


Figura 4. Evolución de las tecnologías de unión en automoción [1]

- **Uniones multimaterial**

La unión adhesiva destaca como un método que permite la unión efectiva de cualquier tipo de material y combinaciones de materiales dando como resultados las uniones multimaterial. La unión adhesiva es una unión continua y, a diferencia de otras tecnologías de unión como RSW o uniones mecánicas, permite una construcción ligera moderna, así como una mayor rigidez de la carrocería y propiedades de crash optimizadas, sin olvidar las mejoras en términos de corrosión, la reducción de vibraciones y las emisiones de ruido. Existen numerosas formulaciones de adhesivos que responden a un gran número de aplicaciones y especificaciones. Es por ello por lo que los adhesivos se convierten en fuertes candidatos para la unión compleja de materiales como es el caso de la unión de metales a polímeros y composites. Los adhesivos poseen una larga lista de ventajas para aplicaciones multimaterial como su habilidad para unir materiales con diferentes temperaturas de fusión con la ventaja adicional de sellar y separar materiales disímiles que, con otras tecnologías de unión, podrían provocar corrosión. Las desventajas de los adhesivos incluyen la falta de métodos de ensayo y la necesidad de realizar tratamientos superficiales y llevar a cabo largos ciclos de curado especialmente para uniones altamente estructurales.

De las múltiples alternativas de unión, **los adhesivos y mecánicas** son las dos alternativas con aplicación en la mayoría de las combinaciones de materiales incluyendo uniones multimaterial metal-composite. Por otro lado, la necesidad de insonorización de los nuevos vehículos eléctricos hace que la hibridación de tecnologías de unión mecánica y adhesiva sea una solución prometedora a investigar en función de la funcionalidad esperada de los componentes y subsistemas. Por otro lado, el elevado número de desarrollos diferentes relacionados con las nuevas cajas de baterías de los vehículos obliga a pensar en la investigación de nuevos conceptos y tecnologías de unión que en durante años han sido utilizadas en otros sectores como por ejemplo la soldadura por fricción de aluminios u otro tipo de uniones térmicas mediante láser.

Joining Technology/Material Combination	Steel-Steel	Steel- Al	Steel-Mag	Steel - Comp	Al-Al	Al - Mag	Al - Comp	Mag-Mag	Mag - Comp	Comp-Comp
Conventional Resistance Spot Welding	★	X*			X					
MIG/TIG Welding	X							★		
Friction Stir Spot Welding	X	X			X					
Laser Welding / Laser Brazing	X	X			X			X		X
Fasteners (SPR, FDS, Nails)	X	★	X	★	★	★	★	X	X	X
Clinching	X	X	X		X	X				
Adhesive Bonding	X	★	★	★	★	★	★	X	X	★
Magnetic Pulse Welding	X	X			X	X				
Vibration Welding										X
Spin Welding										X
IR Welding										X

★ Most Common ; X Applicable

*GM patented process

Al = Aluminum, Mag = Magnesium, Comp = Polymer Composites, MIG = Metal Inert Gas Welding, TIG = Tungsten Inert Gas Welding

Figura 5. Tecnologías de unión y combinación de materiales

Para conseguir el potencial de reducción de peso, los fabricantes de vehículos y suministradores necesitarán integrar materiales disimilares y tecnologías de unión avanzada en soluciones de líneas de ensamblado programables como procesos **RSW**, **láser**, **FSW (Friction Stir Welding)**, **soldadura**, **RLW (Remote Laser Welding)**, **SPR (Self Piercing Riveting)** y una gran variedad de **adhesivos de curado rápido** para responder a las necesidades de fabricación de vehículos. En paralelo, se debe trabajar en el diseño de estas uniones facilitando su desensamblado y reciclaje recuperando componentes

Es necesario llevar a cabo investigaciones adicionales para evaluar la capacidad de los procesos de unión de adaptarse a las velocidades de producción de la industria de la automoción a través de la robótica y la automatización.

La investigación futura también debe centrarse en aspectos relevantes como la inversión inicial, la gestión de la cadena de suministro, el soporte posventa y los costes.

Además, se requiere un mayor estudio para evaluar otros requisitos de la unión, como la prevención de la corrosión y la resistencia a la fatiga o nuevos requerimientos asociados a la electrificación de los vehículos y su conectividad.

Tecnologías habilitadoras:

- **Tecnologías de unión multimaterial (Adhesivas, FSW, SPR, RLW, láser etc...)**

Desarrollo de soluciones para uniones multimaterial según diferentes aproximaciones y tecnologías como por ejemplo, adhesivos, Friction Stir Welding(FSW) , uniones mecánicas (SPR, FDS, etc.), uniones híbridas, láser etc. Concretamente es necesario desarrollar

soluciones para abordar los diferenciales de expansión térmica en estructuras de carrocería de materiales mixtos durante procesos con calor, como los hornos de recubrimiento y pintura, por ejemplo, y uniones novedosas que mitiguen los diferentes índices de expansión.

Métodos de unión novedosos que requieran nula o poca alteración del acabado superficiales de los componentes a unir, y procesos que no degraden las propiedades del material original.

- **Herramientas de simulación -Gemelo digital proceso de fabricación**

Desarrollo de herramientas virtuales para modelizado de uniones de materiales avanzados y sus combinaciones. Modelización del comportamiento de la unión en procesos posteriores de deformación (por ejemplo, en el conformado de chapas tailor multiespesor o multimaterial unidas mediante soldadura láser (RLW- Remote Laser Welding)

- **Herramientas de simulación vida en servicio**

Modelización del comportamiento de las uniones en vida en servicio de las estructuras de los automóviles, bajo condiciones de crash, etc...

- **Optimización estructural**

Estructuras altamente integradas por medio de ensamblajes con un número reducido de uniones, por medio de la innovación en la capacidad de fabricación y las técnicas de ensamblaje.

Mejora de los diseños multimaterial (BIW) para su desmontaje, reparación y reciclado, manteniendo y mejorando su durabilidad

- **Técnicas NDT**

Es importante el desarrollo de técnicas de inspección de las uniones mediante técnicas no destructivas (NDT) para que se pueden implantar en línea durante el proceso de producción. La combinación de técnicas NDT con Inteligencia Artificial y modelos de aprendizaje automático, junto con tecnologías como la visión y la fotónica, permite detectar y evaluar de forma precisa y rápida posibles defectos o fallos en las uniones. Estas soluciones avanzadas mejoran la detección de defectos, reducen el tiempo de inspección y minimizan el riesgo de producir piezas defectuosas.

- **Automatización**

Automatización de las nuevas técnicas de unión multimaterial para adaptarse a las velocidades y calidad de la producción de la automoción.

[1] Modi, S., Vasilash, G. (2020). Evaluating Innovative Dissimilar Material Joining Technologies. Center for Automotive Research, Ann Arbor, MI.

[2] Lightweight Vehicle and Powertrain Structures, Industry Challenges 2020-2035+, Advance Propulsion center UK

3.7 Nuevas técnicas para simplificar desarrollo

Debido a la competencia actual del mercado mundial, los fabricantes de automóviles (OEM) se encuentran en sus desarrollos de innovación con las siguientes exigencias:

- Orientación al cliente y al mercado con multitud de variantes en los productos.
- Disminución de los ciclos de innovación con el consiguiente aumento de la presión temporal.
- Aumento de la complejidad de los productos debido a: (i) las crecientes exigencias de calidad de los clientes y a (ii) la incorporación de nuevas funcionalidades (smart systems) y criterios de sostenibilidad.

Estos retos impulsados por el mercado afectan inevitablemente a todas las fases del ciclo de vida global del producto, especialmente a las fases de ingeniería del producto y de producción, y hacen que el desarrollo de componentes en la industria del automóvil sea un proceso complejo y desafiante. Sin embargo, hoy en día existen diversas técnicas que pueden ayudar a simplificarlo: herramientas virtuales y gemelos digitales que permitan acelerar la ingeniería del producto y la configuración de los procesos de fabricación, técnicas de “lean validation”, ensayos inteligentes, utilización de estándares y plataformas comunes... Todas ellas contribuyen significativamente al ahorro de recursos, a la reducción de los plazos de comercialización y, en definitiva, a la fabricación de productos mejores, más robustos y fiables.

Ámbitos de desarrollo:

- **Aplicación de herramientas de simulación, modelado y optimización para el desarrollo producto:**

Las herramientas de simulación y modelado pueden ayudar a reducir la necesidad de prototipos físicos y pruebas extensivas. Estas herramientas permiten probar virtualmente el comportamiento, rendimiento y la funcionalidad de los componentes en diferentes escenarios, incluidos los de servicio y teniendo en cuenta características intrínsecas del material y proporcionadas por los procesos de transformación, lo que ahorra tiempo y costos de desarrollo a la vez que permiten analizar y optimizar variables cuyo análisis mediante prototipos físicos no es viable, bien porque no se pueden medir, bien porque su medición no es abordable en el ciclo de diseño del componente. En este ámbito se incluyen tanto la aplicación de herramientas de simulación de cálculo estructural dinámica de fluidos, de simulación de sistemas eléctricos y electrónicos y herramientas de optimización.

- **Aplicación de herramientas virtuales de validación de producto – lean validation.**

En la industria del automóvil existe una amplia gama de métodos de validación que se utilizan a lo largo de todo proceso de desarrollo de los productos. Estos métodos están orientados a verificar y evaluar características específicas de calidad y funcionalidad del producto o del proceso. Para una mayor eficiencia, estos métodos deben utilizarse en las etapas iniciales del proceso de desarrollo del producto y pueden dividirse en dos grupos:

- Métodos de validación usando el prototipo real (hardware)
- Métodos de validación usando modelos digitales (Computer-based models).

En las últimas décadas, los métodos de validación digital han tenido una importancia creciente y continúa en todos los sectores industriales, también en la industria de automoción. Debido a cuestiones estratégicas y económicas, hay una tendencia general hacia la reducción de validaciones con prototipos reales y al aumento de las validaciones usando los modelos digitales, lo que se conoce como metodologías ‘lean validation’.

- **Desarrollo y aplicación de ensayos inteligentes para desarrollo de producto.**

En relación con los métodos de validación usando prototipos reales o demostradores representativos de los mismos, cobran importancia las metodologías de ensayo inteligentes en componentes. Dichas metodologías se refieren a la aplicación de técnicas y herramientas avanzadas, como inteligencia artificial, aprendizaje automático y análisis de datos, para optimizar el proceso de desarrollo y prueba de productos y persiguen mejorar la eficiencia, la precisión y la calidad de los ensayos realizados durante el ciclo de vida del producto. En este marco se contempla la sensorización de componentes, generación automática de casos de prueba, selección de casos de prueba prioritarios, detección automática de fallos, etc.

Tecnologías habilitadoras:

- **Herramientas de Simulación de vida en servicio**

Desarrollo de **gemelos digitales para diseñar y verificar el ciclo de vida** completo de productos y sistemas multidisciplinares complejos para la reducción de los tiempos y costes de puesta al mercado, a la vez que se aumenta su eficiencia, seguridad, fiabilidad y funcionalidad y se reduce su impacto ambiental, económico y social.

- **Herramientas de simulación -Gemelo digital proceso de fabricación**

Generación de **gemelos digitales y sensores virtuales del proceso de transformación de material** para la fabricación de productos que permita garantizar la calidad de los mismos al mismo tiempo que se optimiza el proceso desde un punto de vista energético y de reducción o reutilización de materiales.

- **Smart Testing**

Desarrollo de **ensayos “inteligentes”** integrados que aprovechen modelos y simulaciones, y enfoques de optimización multiobjetivo para ayudar a minimizar los plazos y costes de ensayos reales de producto bajo condiciones funcionales. El objetivo de este planteamiento es la **mejora de la fiabilidad de los productos**, el **aumento de la robustez** en el proceso de diseño y la **incorporación de nuevas funcionalidades inteligentes** en los productos con menor coste y en menor tiempo

- **Sensórica/IoT e Inteligencia Artificial**

Desarrollo de aplicaciones de **monitorización de la salud y mantenimiento predictivo (HMP)** mediante la integración de sensores para la detección de fallos o daño en tiempo real, y poder realizar una predicción de los problemas antes de que ocurran. Incorporación de análisis basado en condición para **extender la vida útil** de los componentes.

- **Fabricación Aditiva**

Aplicación de técnicas de diseño generativo para el desarrollo de nuevos productos con técnicas de fabricación avanzada como la **fabricación aditiva**.

- **Nuevos materiales y optimización estructural.**

Diseño y optimización de materiales y estructuras de carrocerías para **aligeramiento** y **mejora de prestaciones en cuanto a ruido, vibraciones y aislamiento** térmico mediante análisis computacional y metodologías de diseño virtual.

Aplicación de metodologías de diseño generativo, incluyendo el espacio de diseño y los procesos de fabricación a **métodos de optimización** estándar (D.O.E., algoritmos genéticos...) y criterios.

3.8 Impacto de las tecnologías propuestas en los objetivos del sector

Los ámbitos de aplicación y las tecnologías propuestos en este documento dan respuesta a los objetivos prioritarios del sector mencionados en el apartado 2, principalmente **sostenibilidad, aligeramiento y seguridad** de las estructuras de los vehículos. Los principales impactos que se persiguen con el desarrollo y adopción de las tecnologías propuestas van por tanto enfocados a esos 3 objetivos que están a su vez íntimamente relacionados y han de considerarse bajo un enfoque holístico.

- Aumento de la competitividad de la industria española del automóvil (desarrollando productos más eficientes y con mayor valor añadido). Reducción del timeline de desarrollo, etc.
- Mejora de la seguridad de los pasajeros. Reducción de la siniestralidad y gravedad de los accidentes
- Reducción de la huella de carbono (impacto medioambiental) debido a reducción de residuos, optimización uso de materiales, etc.
- Mejora en la vida útil de producto
- Optimización en el consumo de energía y materia prima al desarrollar productos optimizados y que no incorporen elementos críticos
- Evolución de herramientas de desarrollo de producto para acortar tiempos de diseño y desarrollo asegurando función, integridad y sostenibilidad de los productos.

4 Impactos esperados

Impacto en competitividad

El futuro de las estructuras de los vehículos se presenta flexible, multimaterial y escalable. Estas características implican, entre otras cosas, series significativamente más cortas que las actuales producciones masivas. El impacto en la competitividad del sector de las estructuras de automoción puede ser considerable debido a que la producción de series cortas implica costos más altos de materias primas y energía en comparación con la fabricación en masa.

La complejidad y la necesidad de flexibilidad en la producción de series cortas aumentan los costos y representan un desafío para las empresas. Por otro lado, la inestabilidad en las previsiones de venta dificulta la planificación y optimización de los procesos de producción, lo que puede resultar en exceso o falta de capacidad productiva, afectando negativamente a los costos y la eficiencia.

Para mejorar la competitividad en el sector de las estructuras de automoción, es fundamental implementar estrategias que gestionen de manera efectiva las series cortas y

la incertidumbre en las previsiones de venta. Esto incluye la adopción de tecnologías avanzadas de diseño y fabricación como las mencionadas en este documento para lograr una producción más eficiente y flexible, así como establecer alianzas estratégicas con proveedores y clientes para anticiparse a las fluctuaciones del mercado.

La implementación de nuevos diseños de estructuras, nuevos materiales y tecnologías en la fabricación tiene un impacto positivo en la sostenibilidad económica de las empresas del sector. Esto beneficia a grandes y pequeñas empresas al mejorar su facturación, incrementar su cuota de mercado y permitirles acceder a segmentos de productos de mayor valor añadido. Además, el liderazgo en tecnologías de diseño y fabricación de estructuras no solo es importante a nivel nacional, sino que también impulsa la expansión internacional y el posicionamiento en el mercado global.

Impacto en sostenibilidad medioambiental

Las estrictas demandas de los fabricantes (OEMs) en términos de reducción de emisiones de CO₂ se han extendido a lo largo de toda la cadena de valor, desde el diseño hasta la fabricación de componentes estructurales. Por lo tanto, las empresas del sector se ven obligadas a adaptarse a estas nuevas regulaciones con el fin de seguir ofreciendo productos y contribuir colectivamente en la lucha contra el cambio climático.

La creciente y fundamental importancia de la sostenibilidad medioambiental no está en conflicto con la competitividad empresarial, sino que puede generar oportunidades económicas y nuevos modelos de negocio. La utilización eficiente de los recursos, la reducción de residuos y productos defectuosos, y la implementación de tecnologías de fabricación avanzadas son elementos esenciales para alcanzar los objetivos mencionados.

El planteamiento de la extensión de la vida útil de los componentes estructurales como factor determinante en su remanufactura y reintegración en vehículos finales que haga de la durabilidad y no del nuevo producto una alternativa sostenible con visos de un nuevo negocio.

La adopción de prácticas sostenibles no solo ayuda a preservar el medio ambiente, sino que también genera eficiencias y ahorros para las empresas. La optimización en el uso de recursos reduce los costos de producción, mientras que la disminución de residuos mejora la calidad y la rentabilidad.

Impacto en empleo y su cualificación

La implementación y desarrollo de las tecnologías mencionadas en este documento tienen un impacto significativo tanto en el empleo como en la cualificación de los futuros trabajadores. Aunque la automatización y la digitalización puedan haber llevado a la sustitución de ciertos puestos de trabajo repetitivos y rutinarios, también ha surgido la necesidad de adquirir nuevas habilidades y conocimientos en áreas como la programación, el análisis de datos, la inteligencia artificial y los diversos campos de investigación, desarrollo e innovación necesarios para implementar estas tecnologías en la industria. Los trabajadores deben adaptarse y desarrollar competencias relevantes para aprovechar las oportunidades que la tecnología ofrece. La capacitación continua y la educación son fundamentales para garantizar la empleabilidad y la adaptación al cambiante mercado laboral impulsado por la tecnología. El elevado nivel de volatilidad del conocimiento en

tecnologías digitales debe estar soportado en metodologías para la actualización del mismo y en plataformas de gestión del conocimiento para el acceso a la información.

Impacto social

Visualizar a nivel social la evolución de las tecnologías de fabricación y su alineamiento con las necesidades sociales de respeto al medio ambiente., Identificación por parte de la sociedad de las nuevas orientaciones a nivel laboral que las nuevas tecnologías representan, reorientando el interés social hacia carreras o áreas de investigación más acordes con los nuevos desarrollos.

Impacto en el potencial de innovaciones e investigación española

La adopción de esta Agenda de Prioridades Estratégicas se espera que tenga un impacto significativo en la investigación e innovación en España, al permitir la coordinación de esfuerzos entre el sector público y privado a nivel interregional y nacional. Esto asegurará que España continúe siendo un referente en el diseño y la producción de componentes estructurales para el automóvil del futuro.

Además, se anticipan beneficios sustanciales derivados de la colaboración entre todos los actores de la cadena de valor, que incluyen fabricantes de equipos y proveedores de tecnologías de la información y la comunicación (TICs), universidades, centros tecnológicos, fabricantes de equipos y dispositivos, y una amplia gama de usuarios. Se espera lograr una mayor eficiencia en la explotación de los resultados de la investigación y desarrollo (I+D), lo que se traducirá en mejoras en la competitividad y la sostenibilidad de la industria española.

Sensibilizar a las empresas y a la sociedad en general de la importancia de retener el talento, mediante el reconocimiento social y económico del mérito científico.

Fuentes de información

- [3] [Damiani, M., Ferrara, N. and Ardente, F., Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods, EUR 31236 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-57214-5, doi:10.2760/11564, JRC129907.](#)
- [4] Patinha Caldeira, C., Farcas, R., Moretti, C., Mancini, L., Rauscher, H., Rasmussen, K., Riego Sintes, J. and Sala, S., Safe and Sustainable by Design chemicals and materials Review of safety and sustainability dimensions, aspects, methods, indicators, and tools, EUR 30991 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-47609-2, doi:10.2760/68587, JRC127109.
- [5] S. Modi and A. Vadavkar, "Technology Roadmap: Materials and Manufacturing."
- [6] S. Rosenthal, F. Maaß, M. Kamaliev, M. Hahn, S. Gies, and A. E. Tekkaya, "Lightweight in Automotive Components by Forming Technology," Automotive Innovation, vol. 3, no. 3, pp. 195–209, Sep. 2020, doi: 10.1007/s42154-020-00103-3.
- [7] Modi, S., Vasilash, G. (2020). Evaluating Innovative Dissimilar Material Joining Technologies. Center for Automotive Research, Ann Arbor, MI.
- [8] Lightweight Vehicle and Powertrain Structures, Industry Challenges 2020-2035+, Advance Propulsion center UK

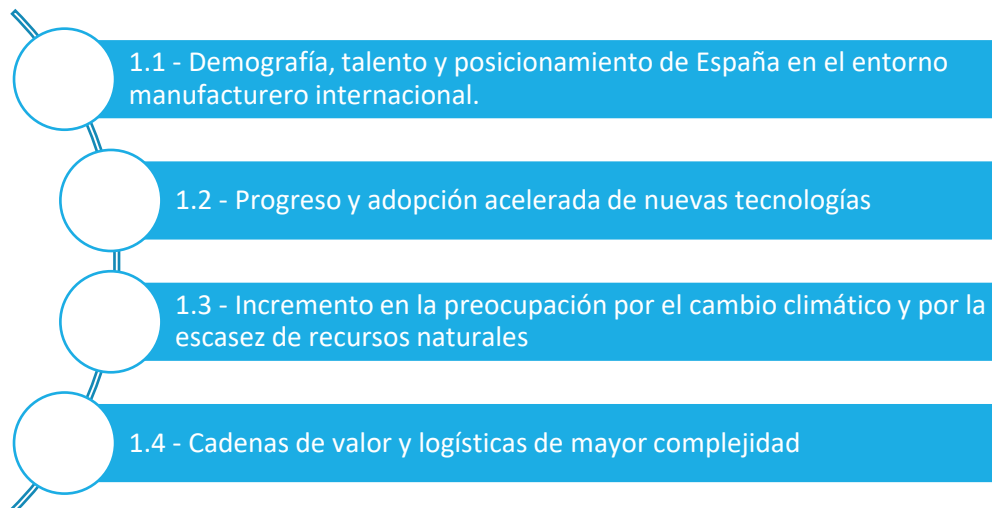
GT6. FABRICACIÓN AVANZADA

1 Factores que afectan a la industria manufacturera en general. Tendencias 2030

1.1 Situación de la industria manufacturera en general

Actualmente, la industria manufacturera se encuentra inmersa en una revolución industrial global que traerá nuevos retos y oportunidades. El crecimiento exponencial del progreso tecnológico está provocando que el panorama industrial, social y competitivo cambie más rápido que nunca, dando lugar a desarrollos científicos y tecnológicos sin precedentes. Tampoco se pueden olvidar los cambios disruptivos esperados originados por los retos demográficos y la digitalización industrial y social, así como aquellos relacionados con la falta de recursos naturales y la escasez de materias primas, el aumento de la demanda por parte de los consumidores, la mayor preocupación por el impacto medioambiental y los ecosistemas cada vez más complejas.

La siguiente imagen muestra las **tendencias y aspectos más relevantes para el futuro de la fabricación en España**, que serán desarrollados posteriormente:



Demografía, talento y posicionamiento de España en el entorno manufacturero internacional

- Se están produciendo **cambios en el poder económico global**. China está incrementando su presencia en los ecosistemas globales y se espera que sea la mayor economía mundial en 2050, seguida por EE. UU. y por India. La globalización está dirigida cada vez más por nuevos actores con diferentes valores y modelos económicos y con una interferencia cada vez mayor por parte de la política y los estados.

- **Otras regiones** del mundo (China, Canadá, Corea del Sur, EE. UU.) **están invirtiendo** fuertemente en programas de apoyo a la fabricación, **por encima de lo que hace España**. Esto nos hace perder competitividad en el mercado global.
- **La dinámica geopolítica** está derivando en un control exterior de materiales críticos para la fabricación. El recrudecimiento de la guerra tecnológica entre EE. UU. y China en 2022 ha provocado que tanto Europa como España vean la necesidad de replantear su política comercial futura y enfocarse en lograr la **autonomía industrial**.
- La nueva legislación estadounidense para reducir la inflación, **la Ley IRA**, incentiva de manera significativa las iniciativas industriales verdes, como la **fabricación de baterías** para vehículos eléctricos, lo que está provocando que algunos fabricantes estén considerando trasladar sus plantas de producción desde Europa a EE. UU.
- España **no invierte lo suficiente para financiar innovación disruptiva e incremental** que contribuya al posicionamiento como líderes de conocimiento y que pueda contribuir posteriormente a la fabricación de productos y servicios innovadores y sostenibles.
- **La escasez de personal cualificado en las tecnologías clave se combina con el envejecimiento de la fuerza laboral** y la necesidad de formación de la plantilla en tecnologías relacionadas con la digitalización.

Progreso y adopción acelerada de nuevas tecnologías

La innovación es un vector esencial para incrementar la productividad y el progreso económico que beneficia a los consumidores, la economía y la sociedad en su conjunto. La innovación ocurre generalmente a pequeña escala, por ejemplo, cuando una nueva tecnología se aplica por primera vez dentro de la empresa que la ha desarrollado. Sin embargo, el mayor beneficio ocurre cuando la innovación se extiende a otras empresas y a comunidades más grandes a través del ecosistema, llegando finalmente al conjunto de la economía. A continuación, se presentan algunas tendencias detectadas en la actualidad.

- **Desarrollo e implementación de la 4ª Revolución Industrial**, caracterizada por las nuevas tecnologías tales como la digitalización, la inteligencia distribuida, el uso óptimo de la información o la integración de los mundos físico y virtual (Gemelos Digitales).
- **Transición hacia sistemas autónomos, con un mayor uso de la robótica avanzada y la Inteligencia Artificial**, lo que está cambiando profundamente la interacción entre las personas y los dispositivos y máquinas.
- **Innovación en materiales**, de forma que los futuros productos sean más eficientes, multifuncionales, reciclables y que contribuyan a atenuar el problema de la disminución de los recursos naturales.
- **Integración de tecnologías de fabricación no convencionales** (por ejemplo, láser, chorro de agua a alta presión, electroerosión, mecanizado por ultrasonidos, fabricación aditiva, **forja rotativa** ...) para la fabricación de productos complejos.
- **Desarrollo de espacios de datos centrados en los procesos de manufactura asociados a nuevos modelos de negocio**, que darán lugar a servicios innovadores asociados a los productos y a los procesos a lo largo del ciclo de vida ("servitización").
- **Computación en la nube y en el borde (Cloud & Edge computing)** que permita avanzar hacia el concepto de fabricación descentralizada gracias a nuevos

paradigmas en el tratamiento de la información en los entornos industriales, la implementación de la IA y la digitalización de los procesos.

- **Desarrollo de estándares que contribuyan a la interoperabilidad de los datos y la conectividad de las máquinas y los equipos**, basados en “*asset administration shells*” (capa para la administración de activos de fabricación) y en estándares internacionales para la gestión y comunicación de equipos y procesos (UMATI, RAMI4.0, ...).
- **Desarrollo de plataformas y espacios de datos específicos**, donde los diferentes agentes de la cadena puedan compartir información según un estándar. Algunas están ya en desarrollo, como GAIA-X, o CATENA-X en el sector de automoción.
- **Desarrollo de nuevos conceptos de “Fabricación como Servicio”**, a través de equipos y procesos de fabricación y procesos con una alta flexibilidad, reconfigurabilidad y capacidad de adaptarse a las necesidades del cliente (personalización de los productos).
- **Concienciación creciente sobre los riesgos de ciberseguridad y vulnerabilidades de la industria** y la sociedad relacionadas con la digitalización.

Incremento en la preocupación por el cambio climático y por la escasez de recursos naturales

Un punto clave en las agendas políticas nacionales, europeas e internacionales es la forma en la que la industria en general y la industria manufacturera en particular, deben abordar la amenaza del cambio climático. El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático puesto en marcha en 2018 por las Naciones Unidas, mostró en su informe final la urgencia por limitar el calentamiento global en 2030 por debajo de 1.5°C. La industria manufacturera española debe jugar un papel clave en el cumplimiento de este objetivo. Además, las materias primas y los recursos naturales son esenciales para garantizar el desarrollo económico y el bienestar de la sociedad. Tanto Europa como España son altamente dependientes de las materias primas importadas, con lo que es clave impulsar las estrategias de reciclado y economía circular.

- **El cambio climático está ocurriendo y hay consenso en la sociedad de que hay que abordarlo.** La sociedad y los responsables políticos europeos exigen un impacto medioambiental mínimo (idealmente cero) de las actividades manufactureras, por lo que las empresas europeas deberán acelerar la investigación, la innovación y las inversiones en tecnologías de fabricación de bajo impacto medioambiental. Muchas empresas manufactureras españolas se enfrentan al reto de conocer y medir el impacto medioambiental de sus procesos de fabricación y posteriormente, implantar las tecnologías de fabricación que minimicen dicho impacto.
- **La industria debe descarbonizarse** mientras al mismo tiempo se incrementa la competitividad. La industria debe hacer que sus tecnologías, productos, servicios y procesos sean neutros en relación con el clima sin repercutir en la competitividad.
- **El desarrollo futuro del concepto de “Pasaporte Digital de Producto”** se puede considerar un mecanismo para favorecer el intercambio de información medioambiental a lo largo del ecosistema, así como el reciclado y reutilización en el fin de vida de los productos.

- La implementación de conceptos de **fabricación con cero defectos, fabricación correcta a la primera o con una alta repetibilidad** permitirá reducir el consumo de materia prima, energía, agua, etc.
- Será fundamental la aplicación de estrategias de **ecodiseño de productos para conseguir su futuro reciclaje y/o reutilización**, principalmente en lo referente a los materiales considerados como críticos.
- **Se deberán introducir nuevos procesos de fabricación “Near Net Shape”** como la fabricación aditiva, **forja rotativa, etc.** para reducir el material desaprovechado en los procesos manufactureros.
- Es necesario optimizar la **eficiencia energética** de las plantas productivas, incorporando más energías renovables y otras tecnologías para su funcionamiento. De hecho, algunas plantas productivas podrán generar su propia energía renovable y llegar a convertirse en **prosumidores energéticos**.
- Se desarrollarán **hubs de energía** renovable para abastecer a las plantas de fabricación.
- **Es necesario competir frente a terceros países** que no tienen tantas restricciones relativas a emisiones y residuos y que tienen un precio de la energía más barato.
- **Se deberán impulsar políticas de economía circular** como modelo para reconciliar el desarrollo económico con la eficiencia en el uso de recursos.
- **Se desarrollarán nuevas políticas de clima, energía, materias primas y bioeconomía**, consideradas áreas esenciales para el futuro de la industria española en cuanto a retos y oportunidades, que deberán ir de la mano de las políticas industriales y del diálogo social.

Cadenas de valor y logísticas de mayor complejidad

La complejidad de los ecosistemas en el entorno industrial está aumentando de forma continuada, por lo que se precisan logísticas avanzadas con mínimos costes de almacenamiento y una capacidad de intercambio de información entre los diferentes agentes.

- Mercados globales y logística a nivel mundial, lo que implica la necesidad de registrar una **trazabilidad** a lo largo de todo el ecosistema.
- Enfoque hacia el **costo y la eficiencia**.
- Incremento exponencial del número de nuevas referencias derivado de la **personalización** de los nuevos productos.
- Análisis y despliegue de alternativas para los ecosistemas vulnerables por problemas geopolíticos, guerras, etc.
- Control de **componentes críticos** por terceros países, como los semiconductores.
- **Problemas de suministro**.
- Aumento de la **conciencia verde** y tendencia a consumo en “kilómetro cero”.
- **Re-localización en algunos casos de factorías previamente deslocalizadas en países de bajo costo**, buscando simplificar cadenas de suministro, obtención de incentivos económicos públicos y/o simplemente ahorros y reducción de riesgos.
- Creciente tendencia a la **externalización de los servicios** de logística y transporte, debido a la complejidad de su gestión.
- **Diferencias** entre países en cuanto a directivas y regulaciones.

1.2 Particularidades de la fabricación en el sector de la automoción

El sector del automóvil es uno de los sectores más importantes e innovadores de la industria manufacturera, y sus procesos de fabricación son altamente complejos y especializados. A continuación, se presentan algunas de las **particularidades y especificidades de los procesos de fabricación en el sector del automóvil**:

- **Gran cantidad de componentes:** Un automóvil está compuesto por miles de piezas y componentes que deben ser fabricados, ensamblados y probados para garantizar un producto final de alta calidad.
- **Altos estándares de calidad:** El sector del automóvil tiene normas muy estrictas en cuanto a seguridad, eficiencia energética y rendimiento. Los procesos de fabricación deben garantizar que se cumplan estos estándares y que los vehículos sean seguros y fiables.
- **Gran volumen de producción:** El sector del automóvil produce grandes cantidades de vehículos cada año para satisfacer la demanda global. Por lo tanto, los procesos de fabricación deben ser altamente eficientes y escalables para producir grandes volúmenes de vehículos de manera rentable.
- **Producción just-in-time:** La producción just-in-time es una práctica común en la fabricación de automóviles, que requiere una gestión eficiente de la cadena de suministro y una sincronización precisa de los procesos de producción.
- La **Transformación Digital** avanza a buen ritmo en el sector de la automoción, que, de manera generalizada, aplica o comienza a aplicar las bases de la Industria 4.0. Los cambios estructurales necesarios para evolucionar desde los procesos tradicionales han de apoyarse en las nuevas tecnologías.
- **Fabricación descentralizada** de vehículos y componentes. La **concentración de marcas de fabricantes** en unos pocos grupos y la **generalización de sus plataformas** vehiculares provoca que un mismo componente tenga que ser suministrado a diferentes plantas a nivel mundial. Esto obliga a los proveedores a tener capacidad de fabricación suficiente, y también a internacionalizar sus plantas o a mantener cadenas de suministro complejas.
- **Tecnología avanzada:** Los procesos de fabricación en el sector del automóvil utilizan tecnologías avanzadas, como la robótica, la automatización, los gemelos digitales y la fabricación aditiva, para garantizar la calidad y eficiencia en la producción.
- **Enfoque en la sostenibilidad:** El sector del automóvil está cada vez más enfocado en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental de sus procesos de fabricación, lo que requiere la implementación de tecnologías y prácticas más sostenibles.
- **Diseños con vida limitada** en comparación con otros sectores. Los componentes de automóvil pueden quedar obsoletos en un periodo de pocos años, requiriendo comenzar el proceso desde el diseño hasta su industrialización, con la consiguiente necesidad de reinversión en recursos, utillajes, etc.
- **Diseño y desarrollo:** Los procesos de fabricación en el sector del automóvil comienzan con el diseño y desarrollo de los vehículos, que se basan en la investigación y la innovación en materiales y tecnologías. Es especialmente relevante el concepto de

ecodiseño, que conlleva la selección de materiales y procesos de fabricación más sostenibles, y el diseño de productos que sean reciclables o desmontables.

- **Materiales avanzados:** El uso de materiales avanzados, como aleaciones de aluminio y aceros de alta resistencia, demanda procesos de fabricación especializados. El vehículo eléctrico introduce una particularidad específica, ya que requiere el uso de materiales magnéticos y eléctricos, ferritas, tierras raras, etc. Será necesario generar conocimiento sobre estas temáticas.
- **Materiales** enfocados hacia la **Economía Circular**, un modelo basado en la reducción, reutilización y reciclaje que fomenta la transformación de los residuos en nuevos productos. Hoy en día ya hay una obligatoriedad en utilizar en la fabricación de componentes un tanto por ciento de materiales reciclados y reciclables, lo que en ocasiones supone desarrollar nuevos procesos de fabricación.
- La **Normativa EURO7** plantea una reducción drástica de emisiones contaminantes para los motores de combustión. Esto forzará la investigación y desarrollo de nuevos motores, catalizadores, filtros de partículas y otros componentes. Habrá que lograr el equilibrio entre la inversión necesaria y el desarrollo de nuevos productos.

En el sector del automóvil, se están produciendo diversas **tendencias futuras que están cambiando la forma en que se diseñan, fabrican y utilizan los vehículos**. Algunas de estas tendencias incluyen:

- **Vehículos eléctricos / híbridos:** Los vehículos eléctricos están ganando popularidad debido a su mayor eficiencia energética, menor emisión de gases de efecto invernadero y menor costo de operación en comparación con los vehículos de combustión interna. Se espera que el número de vehículos eléctricos en las carreteras continúe creciendo en los próximos años.
- **Nuevos componentes:** Asociados al vehículo eléctrico, autónomo y conectado surgen nuevos elementos en los vehículos que requerirá la reconversión del parque de proveedores. Es una transición hacia la que el mercado asiático ya ha avanzado significativamente.
- **Sistemas de propulsión alternativos:** pila de combustible, combustibles sintéticos.
- **Vehículos autónomos:** Los vehículos autónomos utilizan la tecnología de inteligencia artificial y sensores para operar sin la intervención de un conductor humano. A medida que se desarrollan y prueban los vehículos autónomos, es probable que cambien la forma en que las personas viajan y utilicen los vehículos.
- **Servicios de movilidad compartida:** Los servicios de movilidad compartida, como los servicios de *car-sharing*, están ganando popularidad debido a su flexibilidad y menor costo en comparación con la propiedad de vehículos. Es probable que los servicios de movilidad compartida continúen creciendo en popularidad en los próximos años.
- **Nuevas estéticas y personalización:** en la carrera continua para conseguir la diferenciación entre fabricantes y cubrir las preferencias de los clientes se están desarrollando nuevas opciones de pinturas, acabados, kits de carrocería y aerodinámica, tapicerías, iluminaciones, sistemas de sonido personalizados, componentes con funcionalidades integradas, etc.

- **Tecnología de conectividad:** La tecnología de conectividad, como el Internet de las cosas y la comunicación vehículo a vehículo, está permitiendo a los vehículos conectarse entre sí y con la infraestructura de la carretera. Esto puede mejorar la seguridad en las carreteras y permitir una mejor gestión del tráfico.
- **Servitización de los vehículos:** El concepto de “vehículo como servicio”, al igual que ha sucedido con el teléfono móvil, va a promover el desarrollo de un ecosistema de servicios en torno al automóvil que favorecerá el surgimiento de nuevos modelos de negocio, plataformas de aplicaciones, etc.

2 Visión y objetivos

Los principales objetivos que se plantean, derivados del despliegue de la presente Agenda de Prioridades Estratégicas en el área de Fabricación Avanzada, son los siguientes:

Incrementar la COMPETITIVIDAD del sector de la industria manufacturera de componentes de automoción en España y la RESILIENCIA de sus CADENAS DE SUMINISTRO

Para abordar este objetivo, es necesario producir componentes y sistemas de alta calidad, de forma eficiente tanto en coste como en el uso de recursos, atendiendo en todo momento a las necesidades de los clientes. Adicionalmente, las soluciones producidas deben ser innovadoras respecto al estado del arte para marcar un diferencial frente a los competidores. Finalmente, las cadenas de suministro tienen que estar diseñadas con sistemas de control en tiempo real y planes de contingencia para dar respuesta ante situaciones imprevistas.

La competitividad de la industria española de componentes y de las multinacionales con plantas en España pasa por que tengan suficiente capacidad productiva, por lo que **su tamaño va a ser fundamental**. La solución puede estar en el desarrollo de redes distribuidas de fabricación o alianzas entre fabricantes, introduciendo el concepto de **“manufacturing as a service”**.

Por último, será importante promover la **cercanía de los proveedores a los centros de decisión** de los fabricantes e impulsar el desarrollo colaborativo de componentes, para lo cual será necesario incrementar la inversión en I+D para lograr vender tecnología española.

Mejorar la SOSTENIBILIDAD MEDIOAMBIENTAL Y la CIRCULARIDAD de los productos

Aunque fundamental para todos los sectores, este objetivo es especialmente relevante para el sector del automóvil en general y para la industria manufacturera de componentes de automoción en particular, dado el gran volumen de producción de vehículos que se generan anualmente con su correspondiente impacto en el medioambiente y el consumo de recursos.

Los siguientes puntos son clave:

- Reducir el consumo de energía, a la vez que se incrementa el uso de energías renovables.
- Reducir el consumo de agua y otros recursos materiales.
- Conseguir procesos de fabricación cercanos a las cero emisiones.
- Optimizar la explotación de los materiales en los procesos de fabricación.
- Conseguir que la evolución de los productos-procesos-sistemas de fabricación, o la simbiosis industrial, se realice con un mínimo necesario de recursos.

El despliegue del **Pasaporte Digital de Producto**, especialmente importante para las baterías, contribuirá a conseguir este objetivo. Conceptos clave como ecodiseño o circularidad serán transversales al resto de procesos. La adaptación de la normativa referente al Sistema de Responsabilidad Ampliada de productor (RAP) garantizará que exista también un sistema de recogida, gestión del producto y fin de vida, reutilización o reciclaje y que la responsabilidad de su aplicación recaiga en el fabricante.

Incorporar TALENTO en la industria manufacturera de componentes de automoción y CAPACITAR a los actuales trabajadores en las NUEVAS TECNOLOGÍAS.

En los últimos años, la rápida evolución de las tecnologías ha puesto en evidencia la necesidad cada vez más perentoria de adecuar los conocimientos y las habilidades de los trabajadores en las nuevas tecnologías que se van incorporando a los procesos de fabricación.

Dado que la fabricación está en plena transformación hacia un trabajo basado en el conocimiento, se precisa incorporar personas con nuevas capacidades y talento para poder avanzar en los retos que plantea la presente agenda. Esta atracción de talento pasa por fomentar el desarrollo de capacidades STEM entre los jóvenes y mejorar la imagen de la industria manufacturera de componentes de automoción como sector de futuro y de desarrollo personal, además de orientar las titulaciones (FP, grados, másteres, etc.) a las necesidades de las empresas y, en última instancia, al mercado.

El desarrollo de **programas de financiación pública en los que se impulse a largo plazo las relaciones estrechas entre la Universidad, centros tecnológicos y empresas** será clave para lograr este objetivo. Se puede tomar como ejemplo de buenas prácticas el caso de Portugal, que desarrolla desde hace años programas para la transferencia de conocimiento entre universidades y empresas (ej programa COMPETE 2020), e incentiva fiscalmente la incorporación de doctorandos en empresas, mejorando la empleabilidad y orientación empresarial de los investigadores.

Fabricación de los COMPONENTES DEL FUTURO y sus SERVICIOS ASOCIADOS

La fabricación de productos innovadores, sostenibles y económicos sólo es posible cuando las tecnologías de fabricación son fiables y rentables, asegurando una buena integración de las tecnologías clave, un escalado industrial rápido y una conformidad con los requisitos técnicos. Por ello, es necesario investigar las relaciones que se generan entre el material y el componente a fabricar, así como con el proceso utilizado en la producción (“diseño orientado a la fabricación”). Toda la información generada durante el proceso manufacturero debe contribuir al desarrollo de espacios de datos que permitan generar servicios interoperables de valor añadido que no existen actualmente.

Incrementar la INVERSIÓN en I+D y la COOPERACION A NIVEL REGIONAL /NACIONAL /INTERNACIONAL

Con objeto de alcanzar una posición de liderazgo en la fabricación de componentes para la industria manufacturera de componentes de automoción, es necesario incrementar de manera importante el apoyo público al I+D, como ya están haciendo otras regiones del mundo (China, Canadá, Corea del Sur, USA,...).

En un entorno globalizado, trabajar en equipo con los socios clave es fundamental para tener éxito. En ese sentido, para cumplir los retos que se plantean, es clave impulsar la colaboración a distintos niveles:

- Colaboración entre los tres vértices del triángulo del conocimiento: empresas, centros tecnológicos y universidades.
- Colaboración público – privada a nivel regional, nacional y europeo para poder apalancar recursos económicos y conseguir las modificaciones normativas necesarias.
- Colaboración internacional para poder tener acceso al conocimiento y medios más relevante en cada momento.

3 Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Para dar respuesta a los objetivos anteriormente descritos, se han identificado **4 grandes Prioridades Estratégicas** para el desarrollo de la fabricación en España para el sector de Automoción con un horizonte en 2030:



En cada una de las Prioridades Estratégicas se han identificado los ámbitos de desarrollo, así como las tecnologías facilitadoras clave para la resolución de los ámbitos mencionados. También se han definido los impactos más relevantes a conseguir.

3.1 Cadenas de valor y fábricas excelentes, adaptativas e inteligentes

La industria manufacturera de componentes de automoción debe responder rápidamente a las disrupciones del mercado, los cambios en las demandas de los clientes, las características fluctuantes de materias primas, y las tecnologías emergentes que pueden suponer una diferenciación potencial. De forma simultánea, las empresas deben incrementar la calidad y la eficiencia, por lo que es necesaria la actualización de las cadenas de fabricación hacia una producción flexible, adaptable y resiliente.

Adicionalmente, las empresas necesitan producir desde pequeños lotes a grandes volúmenes, por lo que deben tener la capacidad de escalar su producción rápidamente, manteniendo siempre la calidad requerida para una producción cero defectos en la primera fabricación. Por ello, se deberán implementar tecnologías y métodos para una fabricación cero defectos con alta precisión, que incluya la predicción de la calidad y métodos de inspección no destructivos.

3.1.1 Procesos de fabricación para componentes inteligentes y complejos

Los componentes de los vehículos se están volviendo cada vez más inteligentes y complejos debido a la adición de nuevas funcionalidades o requerimientos de mejoras en su funcionamiento. Por ello, hay una tendencia a la adopción de nuevos diseños o materiales compuestos avanzados, o la integración de microfunciones o electrónica embebida para conservar la calidad destacada de dichos componentes y mantener el liderazgo de los fabricantes en el sector. Para ello, los procesos de fabricación deberán ser capaces de permitir una producción viable y sostenible de estos productos tecnológicos. Los procesos de “Diseño orientado a la producción” o “Diseño orientado al fin de ciclo de vida” cobran importancia crítica.

Ámbitos de desarrollo:

- Sistemas de modelizado y simulación de componentes que abarquen desde el procesamiento de los materiales hasta su fabricación, incluyendo los modelos de simulación híbridos basados en el conocimiento científico (leyes físicas) y los datos.
- Combinación de tecnologías de producción de carácter general (producción basada en láser, tecnologías aditivas, nano y micro texturizados, inspección y visión artificial, machine learning, robótica y automatización) en función de las características de cada producto concreto.
- Configuradores 3D para los usuarios, de modo que puedan personalizar su vehículo antes de la producción.
- Procesos de producción y control de producto automatizados en tiempo real y en continuo para productos complejos y multimaterial.
- Desarrollo de espacios de datos interoperables para poder generar nuevos servicios a partir de la información de todo el ecosistema.
- Herramientas para el diagnóstico remoto del producto, de modo que se minimice el tiempo del vehículo en el servicio post-venta.
- Herramientas para el rediseño de productos basados en datos de utilización gracias a la capacidad del producto de medir datos reales del uso y sus condiciones.
- Pasaporte digital del producto a partir de la estandarización de todo el proceso de fabricación gracias a la trazabilidad de los datos.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de tracking

- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Fabricación aditiva
- Blockchain
- Espacios de datos

Impacto:

- Optimización del uso de los componentes y productos durante toda su vida útil, con la posibilidad de poder reintroducirlos en el ecosistema.
- Plataformas digitales y soluciones para el intercambio de datos entre diferentes agentes del ecosistema.
- Fabricación de los productos del futuro en cadenas de fabricación con una amplia conectividad y transferencia de información dentro del ecosistema.

3.1.2 Cadenas de fabricación cero defectos, cero paradas, escalables, reconfigurables y flexibles

Una fabricación excelente y responsable combina velocidad, precisión, calidad y fiabilidad con flexibilidad y agilidad. La producción libre de errores, sin el desperdicio de materiales, energía, tiempo y recursos que supone la fabricación de piezas defectuosas, se impone como aspecto crítico en la competitividad de la industria de componentes de automoción, sobre todo, en el caso de las pequeñas y medianas empresas pertenecientes a sectores maduros.

Disponer de sistemas de fabricación con cero defectos exige que tanto los procesos como los productos a fabricar estén totalmente definidos y caracterizados sin ambigüedades. Asimismo, no es suficiente con que una fase se encuentre totalmente definida y monitorizada, sino que es necesario controlar todas las fases de la cadena de fabricación. De esta forma, se dispondrá de una trazabilidad completa del proceso y del efecto de los errores en toda la cadena.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para la simulación multivariable y multiproceso de las cadenas de fabricación, que integren fenómenos complejos como la degradación en las máquinas o las variaciones en la materia prima, de modo que se pueda determinar el impacto de diferentes parámetros, las fuentes de error y su propagación a lo largo de dichas cadenas y se pueda predecir el resultado con mayor fiabilidad.
- Estandarización de gemelos digitales utilizando el formato Asset Administration Shell (RAMI 4.0).
- Nuevos métodos de producción flexibles y automatizados para la fabricación ágil y personalizada de diferentes tipos de componentes, como, por ejemplo, la fabricación de diferentes modelos de baterías en la misma línea.
- Sistemas de fabricación flexibles para la producción de vehículos para flotas de carsharing, que permitan la personalización y parametrización de las preferencias del usuario, tanto en la capa física (interiores, hardware infotainment, ...) como en la capa lógica del vehículo.
- Desarrollo de máquinas inteligentes capaces de analizar y caracterizar la materia prima, los utillajes y las herramientas, la configuración de los equipos, las variaciones ambientales y su impacto en los parámetros del producto final, de modo que se

produzcan piezas cero defectos de forma continua, sin una verificación off-line de máquina.

- Sistemas de inspección y control de calidad cero defectos en línea, en tiempo ciclo y con métodos no intrusivos que no afecten al proceso (por ejemplo, el control de soldadura en la fabricación de baterías).
- Sistemas avanzados de control de calidad de pinturas para nuevos acabados.
- Técnicas de diagnóstico y detección de anomalías en los procesos productivos basados en sistemas de diagnóstico no invasivo, que requieran modificaciones mínimas o nulas de los elementos hardware y software de las cadenas de fabricación, incluyendo el desarrollo de algoritmos que trabajen con pequeños volúmenes de datos históricos.
- Sistemas de posicionamiento precisos en interiores para conocer la localización de los productos y la intralogística en tiempo real, permitiendo la definición de rutas variables para los productos.
- Sistemas predictivos capaces de anticipar la calidad final del producto capturando los parámetros del proceso, almacenándolos en un data lake, y modificando dichos parámetros cuando sea necesario de manera que se garantice la calidad final del producto con la monitorización exhaustiva del proceso permitiendo reducir o incluso eliminar el control de calidad final del producto.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Redes de comunicaciones
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Inspección no destructiva
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Impacto en la competitividad de las PYMES y grandes empresas industriales al minimizar el número de piezas defectuosas y el consiguiente impacto en el coste, derivado por un menor consumo de materias primas y energía.
- Personalización de los diseños para cada componente a partir de modelos de comportamiento y simulación y en función de las necesidades de cada subsector manufacturero.
- Acceso rápido al mercado, al poder dar soluciones personalizadas a gran escala y en el menor tiempo posible.
- Aumento de la flexibilidad en los procesos de fabricación.
- Reducción de costes y tiempos de proceso.

3.1.3 Fábricas inteligentes, productivas, excelentes, robustas y ágiles

La fabricación flexible y ágil es una prioridad clave para reducir el plazo de fabricación y los costes, así como para permitir una producción de series cortas, altamente personalizadas y orientadas a la demanda. Para poder conseguir estos objetivos, es necesaria una integración

transparente y trazable de todas las operaciones sobre un producto utilizando la infraestructura digital adecuada.

Por otra parte, la personalización de los productos sólo se conseguirá si se dispone de sistemas de fabricación y procesos suficientemente flexibles, capaz de adaptarse a estas necesidades de forma rápida y automatizada. La implicación de los fabricantes de máquinas y equipos de fabricación será primordial para conseguir esta flexibilidad.

Ámbitos de desarrollo:

- Implementación de redes privadas virtuales de comunicaciones de baja latencia (5G) y análisis de su rentabilidad en los procesos empresariales relacionados con el análisis preventivo de datos en tiempo real en el proceso de fabricación.
- Desarrollo de nuevas aplicaciones sobre sistemas de comunicaciones de corto alcance (Wifi6).
- Desarrollo de plataformas digitales para la gestión y el intercambio seguro de los datos entre los diferentes agentes de las cadenas de fabricación.
- Desarrollo de modelos virtuales enriquecidos con información externa para predecir potenciales escenarios de demanda.
- Identificación de patrones relacionados con fallos o perturbaciones a nivel de fábrica, que permitan la detección de defectos en el diseño del proceso, temas de mantenimiento, análisis causa-efecto, alarmas tempranas y divergencias entre el diseño y la ejecución de los procesos.
- Herramientas de simulación para la realización de análisis “what-if” que permitan una mejor evaluación de riesgos sin perturbar el sistema y la definición de estrategias de mitigación.
- Democratización del know-how dentro de las compañías. Industrialización del *solving problem*.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Metaverso y gamificación
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Mejora de la competitividad para el liderazgo de la industria manufacturera de componentes del automóvil.
- Mejora de la disponibilidad de máquinas y sistemas de fabricación (OEE) a partir de un control optimizado de los componentes críticos y un mantenimiento predictivo de sus elementos.
- Aumento de la productividad y nuevos modelos de negocio basados en servicios (As-a-Service) entre los miembros del ecosistema (por ejemplo, la fabricación como servicio).
- Optimización en el consumo de energía y materia prima.

3.2 Economía circular y reducción del impacto medioambiental

3.2.1 Fabricación ultra-eficiente, baja en energía y neutral en carbono

La reducción del consumo de energía junto con la utilización de energía renovable son cruciales ya que aproximadamente un tercio de la demanda de energía a nivel global y de las emisiones de CO₂ son atribuibles a los procesos de fabricación. Por ello, el desarrollo de procesos de fabricación eficientes energéticamente, la integración de energías renovables o la posibilidad de recuperar energía (simbiosis industrial) en procesos intensivos energéticamente facilitará la consecución de estos objetivos.

Ámbitos de desarrollo:

- Modelos de simulación globales para la minimización del consumo energético, que integren aspectos como el nivel de procesamiento de los materiales, los sistemas de montaje y la logística integral de entrega de producto.
- Generación de energía renovable, almacenamiento energético y recuperación de energía que pueda contribuir a una transición hacia una economía más eficiente medioambientalmente.
- Gestión de acuerdos a largo plazo (PPAs) con las empresas productoras de energía eléctrica, para el suministro de energía verde, con garantía de origen.
- Captura y aprovechamiento de CO₂ en entornos industriales (CCUS-Carbon capture, utilisation and storage).
- Análisis y evaluación de la utilización de hidrógeno verde como alternativa al gas en los procesos industriales.
- Planificación de la producción con atención a la disponibilidad y tarificación de la energía (comparativa energética).
- Reducción de consumos en stand-by de los equipos y optimización del consumo de los láseres a lo largo de su vida.
- Puesta en marcha de nuevas estructuras organizativas y modelos de negocio considerando los aspectos regulatorios (e.g. Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE, EU ETS).
- Despliegue de redes de valor dinámicas y sostenibles basadas en datos en las que participen todos los agentes del ecosistema, de forma que se optimice el consumo de materia prima y energía y se facilite la reutilización de recursos (“simbiosis industrial”).

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica / IoT
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Generación renovable/ Hidrógeno verde
- Tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso del Carbono (CCUS)
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Mejora de la competitividad de las empresas.
- Reducción de la huella medioambiental.
- Reducción de costes por consumo de energía.

3.2.2 Desfabricación, remanufactura y reciclado para economía circular

El diseño de componentes orientado a su reutilización, reciclaje y refabricación (“Re-X”) se está convirtiendo en una estrategia clave para reducir el consumo de materia prima y energía, y la minimización de la huella medioambiental. Los productos remanufacturados pueden ahorrar hasta el 98% de las emisiones de CO₂ comparando con el equivalente a la fabricación de nuevos productos. Sin embargo, su implementación requiere el desarrollo de una gama extensa de tecnologías de inspección, caracterización, fabricación, tratamiento superficial, determinación de la vida remanente de los productos y reciclaje que deben ponerse en marcha de manera coordinada para desplegar modelos eficaces de economía circular.

Ámbitos de desarrollo:

- Ingeniería concurrente de producto y fabricación orientada a la remanufactura, el reciclaje y la reutilización (Diseño para la circularidad), con una especial importancia en flotas de “car-sharing”.
- Desarrollo de sistemas escalables de inspección utilizando materiales con capacidad sensorial y sensórica embebida para evaluar las características del producto durante y después de su uso.
- Procesos de desfabricación, desmontaje y reciclado (desensamblaje, limpieza, evaluación, clasificación, trazabilidad, sensorización), tanto de componentes como de vehículos completos.
- Procesos de reparación y reutilización (fabricación aditiva, unión, conformado, funcionalización superficial, ...) que aseguren escalabilidad, asequibilidad y fiabilidad.
- Desarrollo de nuevos sistemas de unión que favorezcan el desmontaje.
- Sistemas y procesos de reciclado de baterías para una segunda vida o para un aprovechamiento de los distintos componentes y materiales.
- Plataformas digitales que faciliten la comercialización de materiales, componentes y productos secundarios en líneas de fabricación.
- Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.
- Estandarización de componentes para favorecer su segunda vida y reutilización en distintos modelos de vehículo, incluyendo la estandarización del software (ej. tarjetas para compartir ajustes entre vehículos).
- Implantación del Pasaporte Digital de Producto como un medio para compartir información ambiental de los componentes y favorecer el reciclado y fin de vida.

Tecnologías habilitadoras:

- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Fabricación aditiva

- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Inspección no destructiva
- Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)
- Ciberseguridad
- Blockchain
- Espacios de datos

Impacto:

- Reducción del impacto medioambiental.
- Competitividad, reducción del consumo de energía y materias primas. Imagen de marca.
- Transición hacia modelos de negocio basados en prestación de servicio en lugar de venta directa de producto.
- Creación de contratos inteligentes (Smart Contracts) entre agentes del ecosistema.

3.2.3 Re-ingeniería de todo el ciclo de vida del producto y máquina

La combinación del análisis de ciclo de vida aplicado a las cadenas de fabricación (máquinas y equipos) y a los productos (materiales y procesos), permite tener una visión global del impacto medioambiental asociado a la producción, así como la percepción de los efectos que tienen los cambios en fases concretas de la cadena de fabricación en otras fases tanto aguas arriba como aguas abajo. Este análisis de ciclo de vida se tiene que apoyar de forma intensa en simulaciones y modelizaciones, tanto de los sistemas de producción como de los procesos y la caracterización de los materiales. Igualmente, es importante también incluir como variable la sustitución de materiales por otros con menos impacto ambiental (ej. biomateriales, etc.).

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para la simulación y modelado de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño, hasta la fabricación y las estrategias de fin de vida.
- Despliegue de metodologías de re-ingeniería del ciclo de vida para reducir el impacto ambiental.
- Desarrollo de biomateriales con especificaciones técnicas próximas a los materiales tradicionales para su utilización en los vehículos.
- Interoperabilidad en la integración de los datos medioambientales en el ecosistema, integrando la información propia de los fabricantes de componentes con la de los fabricantes de vehículos, incluyendo el comportamiento de los componentes durante su vida en funcionamiento.
- Desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocio medioambientales, basados en el aprendizaje federado entre componentes y vehículos de distintos fabricantes.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica / IoT
- Edge Computing
- Inteligencia Artificial

- Nuevos materiales y biomateriales
- Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Reducción del impacto ambiental.
- Trazabilidad de los productos en todo el ecosistema.
- Nuevos servicios generados a partir del intercambio de información entre los agentes del ecosistema.

3.3 Ingeniería de producto y producción integrada

La industria manufacturera de componentes de automoción se enfrenta al reto de realizar de manera continua cambios tecnológicos en sus componentes para mejorar aspectos tan diversos como el confort, la experiencia de conducción o la reducción de emisiones.

Este hecho ha abierto la puerta al mercado a empresas innovadoras, que cuentan con alto conocimiento tecnológico, pero carecen de experiencia de producción a gran escala. Por otro lado, los OEMs y proveedores de primer nivel experimentados, se encuentran obligados a innovar mientras mantienen su capacidad de producción en serie.

La ingeniería de producto y procesos integrada les ofrece a todos ellos la capacidad de desarrollar nuevos componentes a la vez que se lleva a cabo la planificación, optimización y validación de los procesos de fabricación y ensamblaje. Esta integración se fundamenta en una estructura digital que se expande a todo el ecosistema y que se extiende desde el diseño a la fabricación, y afecta a fabricantes y proveedores de manera simultánea.

Como complemento a la digitalización, el éxito final dependerá de la capacidad de las empresas para integrar en sus nuevos desarrollos al usuario final del automóvil, así como nuevos materiales, tecnologías y procesos más flexibles y eficientes.

3.3.1 Producción integrada para cadenas de valor orientadas a cliente

Considerado tradicionalmente como un objetivo de mercado, el usuario final juega hoy en día un rol especial en los nuevos desarrollos de componentes, ya que espera un nivel alto de eficiencia, confort, y conectividad, y demanda una alta personalización que requiere catálogos más amplios de vehículos y componentes.

La integración de los clientes se llevará a cabo a través de la identificación de requisitos durante la fase de diseño y la recogida de datos durante la fase de uso, de forma que pueda rediseñarse el producto para cumplir sus expectativas. Esta premisa obligará a modificar el enfoque tradicional de la industria de automoción, ya que se pasará de una secuencia lineal que comienza con la ingeniería de producto seguida del diseño del proceso, a una fabricación integrada, que propone acceso simultáneo y colaboración de todos los agentes y desde el primer momento.

Fabricantes y proveedores podrán poner en marcha productos de forma virtual antes de fabricarlos físicamente, minimizando el impacto de cambios de diseño en las últimas fases del proceso, puesto que el entorno virtual permite simular y validar los cambios antes de incorporarlos. Este enfoque flexible de gestión de vida del producto permitirá ampliar la cartera de componentes y fabricarlos de manera eficiente y correcta.

Por último, la necesidad de intercambiar información entre los diferentes agentes de la cadena de fabricación (proveedores, OEMs, logística, servicio...) exigirá mecanismos que aseguren la inviolabilidad y la confidencialidad de la información.

Ámbitos de desarrollo:

- Configuradores virtuales para los usuarios, de modo que puedan personalizar su vehículo antes de la producción.
- Sistemas de modelizado y simulación de procesos que integren el diseño del producto, las máquinas y utillajes, la manipulación de los materiales y las personas.
- Herramientas para el codiseño entre los proveedores y clientes, que permitan la automatización de este proceso y la compartición de un diseño orientado a la fabricación.
- Herramientas para el rediseño de productos basados en datos de conducción gracias a la capacidad del vehículo de medir datos reales del uso y sus condiciones.
- Integración de nuevas funciones en componentes tradicionales (por ejemplo, vidrios inteligentes que se oscurecen para reducir la radiación solar, o paneles de puertas con calefactores impresos para calentar el habitáculo a través de calefactores impresos).
- Aligeramiento de componentes a través del diseño integrado del producto y el proceso.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Edge Computing
- Inteligencia Artificial
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Realidad Extendida
- Ciberseguridad
- Espacios de datos

Impacto:

- Productos creados a demanda de los clientes/consumidores.
- Nuevas cadenas de suministro.
- Nuevos modelos de negocio entre agentes del ecosistema.
- Mayor personalización funcional y sostenible del producto.
- Ciclo de producto mejorado.
- Actualización continua del estado de fabricación de un producto en cada fase de producción desde diseño hasta fabricación y su operación.
- Posibilidad de generar servicios asociados al producto con participación de diferentes agentes del ecosistema.

- Acceso de las pequeñas y medianas empresas a infraestructura de ensayo y validación.

3.3.2 Fabricación con materiales nuevos y sustitutivos

La industria manufacturera de componentes de automoción se enfrenta a retos medioambientales y geopolíticos relacionados con la disponibilidad de materias primas, lo que implica el uso de materiales alternativos, como fibras vegetales o plásticos reciclados, que sean capaces de resolver los retos actuales en términos de disponibilidad, energía, impacto ambiental, fabricabilidad, coste o reciclabilidad, proporcionando las mismas funcionalidades que los actuales.

Además, la fabricación de los componentes del futuro exigirá el desarrollo de nuevos materiales inteligentes y adaptativos a partir de aleaciones, nanocompuestos y/o microestructuras que les aporten nuevas propiedades. Finalmente, hay que indicar que la personalización de los componentes va a requerir del desarrollo y uso de nuevos materiales, aspecto en el que los biomateriales van a jugar un papel clave.

Para conseguir lo anterior es necesario dar un nuevo enfoque a los métodos de fabricación de componentes y añadir otros totalmente nuevos, como la fabricación aditiva o la impresión funcional.

Ámbitos de desarrollo:

- Materiales para superficies inteligentes que adapten su iluminación para mejorar la seguridad y comodidad del usuario.
- Sensores capacitivos integrados en las superficies interiores.
- Materiales sostenibles (en algunos casos biobasados) que sustituyan a otros más contaminantes, escasos o de difícil obtención.
- Recubrimientos funcionales con nuevas propiedades, como una baja adherencia a microorganismos, propiedades antiempañantes o capacidad de auto-reparación.
- Integración de electrónica con productos de plástico.
- Materiales más ligeros que reduzcan el peso del automóvil y por tanto su consumo e incrementen su autonomía.
- Nuevos materiales para su uso en ánodos y cátodos de baterías que mejoren los procesos de carga y descarga.
- Materiales para el desarrollo de estructuras de packs de baterías más ligeros.
- Materiales fáciles de limpiar de uso en vehículos de flotas de “car sharing”.
- Materiales con transparencia selectiva a la radiación.
- Materiales sustitutivos del vidrio en ventanas.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Inteligencia Artificial
- Nuevos materiales y biomateriales
- Fabricación aditiva
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Espacio de datos

Impacto:

- Nuevos componentes con mejores prestaciones y nueva funcionalidad.
- Reducción del consumo de materias primas escasas.
- Reducción del impacto ambiental de los procesos y productos.
- Fabricación eficiente y sostenible de componentes con prestaciones a medida.
- Fabricación centrada en el producto.
- Personalización de componentes.

3.3.3 Cadenas de suministro y logística del futuro

La combinación de tecnologías de producción, información y comunicación integradas en la cadena de suministro es la base de las fábricas inteligentes, de modo que se pueden conectar y automatizar los procesos, e integrar máquinas inteligentes capaces de tomar decisiones.

El régimen de producción ultra eficiente que exige la industria manufacturera de componentes de automoción depende de una cadena de suministro eficaz que entregue a tiempo los miles de componentes de los que se compone un vehículo. El desarrollo de nuevas cadenas de proveedores y la integración de productos y servicios asociados de alto valor añadido requerirán nuevas aproximaciones que tengan en cuenta el movimiento de materiales entre los diferentes agentes de la cadena de fabricación y el establecimiento de plataformas logísticas de colaboración entre ellos. La función vital de entrega de los componentes a pie de línea se confía a carretillas y tractores tradicionales operados por personas. En este punto, la utilización de vehículos de logística autónomos (AGVs, drones, ...) será clave para el suministro de materiales dentro de la fábrica y el almacén inteligentes.

Por último, será primordial crear comunicaciones confiables a lo largo del ecosistema en las que prime la seguridad y la inviolabilidad de la información.

Ámbitos de desarrollo:

- Vehículos autónomos para la gestión de la intralogística, que incluyan la optimización de rutas y la realización de otras funciones secundarias (por ejemplo, labores de seguridad, inspección de instalaciones)
- Robótica colaborativa entre máquinas y otros elementos de la fábrica inteligente
- Herramientas para la gestión automática de almacenes que permitan la localización y transporte de activos para intralogística flexible.
- Digitalización del flujo de material para suministro eficiente de componentes (“supermercados inteligentes” para el suministro de componentes)
- Plataformas de logística colaborativa entre proveedores y fabricante con capacidad de respuesta ante eventos inesperados.
- Compartición de previsiones de demanda entre los agentes del ecosistema para reducir el almacenamiento de componentes y optimizar el transporte y movimiento de dichos componentes.

Tecnologías habilitadoras:

- Sensórica/IoT
- Redes de comunicaciones

- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica
- Sistemas de manufactura y remanufactura
- Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- Ciberseguridad
- Blockchain

Impacto:

- Incremento de la eficiencia y de la productividad.
- Mejora en la gestión de stocks.
- Extensión del tiempo de vida de maquinaria y plantas de producción.
- Mejora del OEE.
- Despliegue de una gestión predictiva integral de proceso.
- Reducción del impacto ambiental en logística y distribución.
- Disminución de accidentes por flujo de vehículos logísticos que afecten a mercancías o personas.
- Optimización de espacios en plantas de fabricación y almacenes.
- Localización óptima de activos.
- Gestión óptima del FIFO.

3.4 Fabricación centrada en la persona

La Comisión Europea ha promovido el concepto de Industria 5.0, que trasciende la aproximación actual 4.0, poniendo el bienestar de las personas en el centro de los procesos de producción. Propone utilizar las nuevas tecnologías para generar riqueza más allá de empleos y crecimiento, a la vez que se respeta los límites de producción del planeta. En este contexto, las empresas manufactureras del sector de la automoción deberán considerar tres aspectos para comprender y gestionar los roles de las personas: la forma de trabajar y aprender de las propias personas; su interacción con la tecnología; y la forma en la que aportan valor al proceso de fabricación.

En primer lugar, se desarrollarán mecanismos innovadores de captura y provisión de información que permitirán una actualización y desarrollo continuo de habilidades y competencias. Para ello, se utilizarán herramientas de aprendizaje digitales, intuitivas y amigables, que ayuden a la planificación, programación, operación y mantenimiento de los sistemas de fabricación.

En segundo lugar, la aplicación de la tecnología permitirá un empoderamiento humano, ya que se podrán delegar las tareas mecánicas, peligrosas y rutinarias en dicha tecnología. De esta forma, las personas dispondrán de más tiempo para realizar tareas que sólo ellas pueden realizar. Igualmente, las personas podrán monitorizar, supervisar y controlar de forma remota las operaciones de fabricación, evitando desplazamientos innecesarios.

Finalmente, las nuevas tecnologías permitirán transferir habilidades a las nuevas generaciones de trabajadores, asistiendo de forma eficiente a trabajadores de edad avanzada, con discapacidad o multiculturales.

Este conjunto de prioridades de investigación se focaliza en la mejora del rol, la satisfacción de las personas y el uso optimizado de los recursos humanos que trabajan en las empresas de fabricación.

3.4.1 Interacción persona-dispositivo (incluyendo robots)

La industria de fabricación de componentes de automóvil tiene una visión centrada en la persona, por lo que aborda su bienestar, salud y seguridad en el trabajo en cualquier fase de la producción. Se trata de mejorar su preparación, capacidad de comunicación, resiliencia y seguridad, que impacte de forma positiva en su bienestar y en el funcionamiento de las actividades de producción.

Por un lado, la interacción y orquestación entre las personas y los dispositivos llevan asociadas la interacción de las personas con otros expertos remotos y en la propia fábrica, así como con los sistemas de producción y los robots. En este sentido, son necesarias soluciones que permitan adaptarse a las preferencias, capacidades y estado de cada persona, así como a sus conocimientos.

Por otro lado, es fundamental la generación de entornos colaborativos seguros y productivos para las personas y las máquinas y procesos automáticos, para conseguir esa complementariedad entre personas y tecnología. Por ello, la interacción entre personas y robots es un aspecto importante, en particular, la detección de personas y la interpretación de su comportamiento y necesidad de asistencia por parte de las máquinas como una parte fundamental para una interacción segura.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas de formación y entrenamiento para las personas, incluyendo la simulación del proceso productivo o la generación de escenarios de fallos que no pueden realizarse en un entorno real (realidad aumentada + realidad virtual).
- Sistemas inteligentes de ayuda a las personas en la ejecución de su actividad, sin necesidad de tener una alta cualificación en el manejo y ejecución de actividades de fabricación.
- Dispositivos para la generación de entornos seguros y ergonómicos que permitan la realización de la actividad de una forma segura y satisfactoria. Desarrollo de equipos de ayuda a la realización de actividades manuales repetitivas.
- Documentación automática de los procesos (“cero papel”).
- Nuevos robots autoconfigurables y colaborativos con capacidad de aprendizaje, que trabajen mano a mano con las personas.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Sistemas de tracking
- Inteligencia Artificial
- Robótica colaborativa
- Human Computer Interaction (HCI)
- Realidad Extendida
- Metaverso y gamificación

Impacto:

- Aumento de la eficiencia y productividad.
- Mejora del OEE (eficiencia de máquina).
- Mejora de la salud y satisfacción laboral.
- Interacción natural entre persona y máquina (lenguaje gestual,...).
- Mejor aprovechamiento de recursos.
- Mejora del ciclo de vida del producto y del proceso.
- Reducción absentismo

3.4.2 Plataformas y herramientas para el fomento de la innovación y colaboración

Las personas se encuentran en el centro de los procesos de innovación, utilizando tecnologías de analíticas de datos y sistemas de soporte a la decisión en dichos procesos. Por ello, son necesarias nuevas aproximaciones y herramientas que refuercen las capacidades de los actores industriales y permitan la incorporación de las personas en las etapas tempranas de la innovación. Ahora bien, es importante señalar que los procesos creativos no deben depender de plataformas digitales, sino que éstas deben mejorar la eficiencia y permitir nuevas formas de innovación. En definitiva, en un mundo globalizado, el desarrollo de herramientas colaborativas con todos los stakeholders (clientes, proveedores, colaboradores, ...) es clave para poder diseñar y producir componentes innovadores mejores y más fiables que los competidores.

Ámbitos de desarrollo:

- Herramientas para el codiseño colaborativo que incluyan la mejora de la usabilidad, un sentido de presencia espacial y la eliminación de barreras de comunicación.
- Plataformas para la modelización, simulación y optimización avanzadas de objetos 3D y 4D, integración funcional, formas y materiales mixtos y múltiples, que se integren en los procesos creativos de las personas.
- Desarrollo de herramientas de código abierto que permitan la interacción con el usuario para fomentar el co-diseño y la co-creación.
- Nuevas formas de colaboración entre equipos distribuidos, e incluso entre nuevos trabajadores virtuales o bots, utilizando tecnologías que permitan captar todas las expresiones verbales y no verbales en los procesos de diseño, desarrollo y testeo de productos.
- Herramientas y metodologías que garanticen una correcta gestión y transferencia del conocimiento.
- Co-creación de redes nacionales de conocimiento, involucrando representantes de diferentes sectores industriales.

Tecnologías habilitadoras:

- Gemelo digital
- Sensórica/IoT
- Edge computing
- Redes de comunicaciones
- Inteligencia Artificial
- Human Computer Interaction (HCI)

- Realidad Extendida

Impacto:

- Aumento de la productividad.
- Fabricación local.
- Mejora en los tiempos de entrega.
- Mejora de la salud y satisfacción laboral.
- Aparición de nuevos ecosistemas en base al “Do-It-Together”. Producción y diseño colaborativo.
- Social Manufacturing



		TECNOLOGÍAS HABILITADORAS																					
		Gemelo digital	Sensórica/IoT	Edge computing	Redes de comunicaciones	Sistemas de tracking	Inteligencia Artificial	Robótica	Nuevos materiales y biomateriales	Fabricación aditiva	Sistemas de manufactura y remanufactura	Inspección no destructiva	Metodologías LCA y re-ingeniería (Análisis del Ciclo de Vida)	Generación renovable / Hidrógeno verde	Tecnologías de Captura, Almacenamiento y Uso del Carbono (CCUS)	Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración	Human Computer Interaction (HCI)	Realidad Extendida	Metaverso y gamificación	Ciberseguridad	Blockchain	Espacios de datos	
PRIORIDADES ESTRATÉGICAS	CADENAS DE VALOR Y FÁBRICAS EXCELENTE, ADAPTATIVAS E INTELIGENTES																						
		4.1.1 - Procesos de fabricación para componentes inteligentes y complejos																					
		4.1.2 - Cadenas de fabricación cero defectos, cero paradas, escalables, reconfigurables y flexibles																					
		4.1.3 - Fábricas inteligentes, productivas, excelentes, robustas y ágiles																					
		ECONOMÍA CIRCULAR Y REDUCCIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL																					
		4.2.1 - Fabricación ultra-eficiente, baja en energía y neutral en carbono																					
		4.2.2 - Desfabricación, remanufactura y reciclado para economía circular																					
		4.2.3 - Re-ingeniería de todo el ciclo de vida del producto y máquina																					
		INGENIERÍA DE PRODUCTO Y PRODUCCIÓN INTEGRADA																					
		4.3.1 - Producción integrada para cadenas de valor orientadas a cliente																					
		4.3.2 - Fabricación con materiales nuevos y sustitutivos																					
		4.3.3 - Cadenas de suministro y logística del futuro																					
		FABRICACIÓN CENTRADA EN LA PERSONA																					
		4.4.1 - Interacción persona-dispositivo (incluyendo robots)																					
		4.4.2 - Plataformas y herramientas para el fomento de la innovación y colaboración																					



4 Impactos esperados

Los avances tecnológicos en la fabricación de componentes del sector automotriz permitirán implementar enfoques globales y holísticos en la cadena de valor, optimizando recursos y promoviendo la colaboración entre áreas y funciones. Esto conducirá a una mayor eficiencia, calidad y rentabilidad en las operaciones, impulsando el desarrollo y la competitividad de la industria. Al considerar aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, se tomarán decisiones informadas que impactarán positivamente en el rendimiento, la innovación y la satisfacción del cliente.

Estos avances también generarán impactos significativos en varios aspectos clave. En términos de empleo, se requerirá una mano de obra capacitada en tecnologías avanzadas, lo que impulsará el desarrollo profesional. En cuanto a la sostenibilidad, se fomentará la economía circular, reduciendo el desperdicio y promoviendo la eficiencia energética. Además, se mejorarán las condiciones de seguridad vial y se facilitará la movilidad de personas y bienes. En resumen, los avances tecnológicos en el sector automotriz generarán beneficios tanto a nivel económico como social y medioambiental.

Impacto en el empleo

El relevo generacional junto con un cambio en los perfiles requeridos de las nuevas incorporaciones para la aplicación de las tecnologías propuestas es uno de los principales retos que debe abordar el sector manufacturero de componentes de automoción. Los avances tecnológicos que se generen como resultado de la aplicación de estas prioridades facilitarán la creación de nuevos puestos de trabajo altamente tecnológicos, los cuales demandarán personal cualificado. Por ello, se prevé un aumento en la demanda de profesionales con **habilidades multidisciplinares** en áreas como informática, electrónica, análisis de datos, inteligencia artificial, desarrollo de software y sistemas, así como ciberseguridad.

Nuevos paradigmas en la educación sobre fabricación, como los conceptos **Teaching y Learning Factories** (empresas y universidades trabajando de manera colaborativa), promoverán la integración entre la investigación, la innovación y la educación, ayudando a preparar la siguiente generación de trabajadores que utilizarán las nuevas tecnologías de fabricación en las empresas del futuro. Del mismo modo, a través del uso de herramientas y procesos de diseño colaborativo, se fomentará el desarrollo profesional y personal de los trabajadores, mejorando su satisfacción laboral y contribuyendo a su crecimiento dentro del sector.

Por otro lado, es fundamental la implementación de **políticas de recualificación continua** en el sector debido al desarrollo continuo de nuevas tecnologías. Estas políticas garantizan que los empleados adquieran las habilidades necesarias para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías. Además, al proporcionar oportunidades de crecimiento y desarrollo personal, se crea un entorno laboral atractivo que ayuda a retener **talento**. Esto no solo mejora la calidad del empleo, sino que también fortalece la estabilidad y competitividad del sector automotriz al contar con una fuerza laboral preparada y **adaptable a los cambios tecnológicos**.

Finalmente, se prevé un efecto multiplicador que se traducirá en la creación de **empleos indirectos** (se estima la creación de 4 puestos de trabajo indirecto por cada uno directo) en otras industrias y sectores relacionados. Estos empleos abarcarán áreas, como logística y cadena de suministro, ingenierías, investigación y desarrollo (I+D), seguros y sistemas financieros.

Impacto en la competitividad y en la sostenibilidad

El **relevo generacional** junto con un cambio en los perfiles requeridos de las nuevas incorporaciones para la aplicación de las tecnologías propuestas es uno de los principales retos que debe abordar el sector manufacturero de componentes de automoción. Los avances tecnológicos que se generen como resultado de la aplicación de estas prioridades facilitarán la creación de nuevos puestos de trabajo altamente tecnológicos, los cuales demandarán personal cualificado. Por ello, se prevé un aumento en la demanda de profesionales con **habilidades multidisciplinares** en áreas como informática, electrónica, análisis de datos, inteligencia artificial, desarrollo de software y sistemas, así como ciberseguridad.

Nuevos paradigmas en la educación sobre fabricación, como los conceptos **Teaching y Learning Factories** (empresas y universidades trabajando de manera colaborativa), promoverán la integración ente la investigación, la innovación y la educación, ayudando a preparar la siguiente generación de trabajadores que utilizarán las nuevas tecnologías de fabricación en las empresas del futuro. Del mismo modo, a través del uso de herramientas y procesos de diseño colaborativo, se fomentará el desarrollo profesional y personal de los trabajadores, mejorando su satisfacción laboral y contribuyendo a su crecimiento dentro del sector.

Por otro lado, es fundamental la implementación de **políticas de recualificación continua** en el sector debido al desarrollo continuo de nuevas tecnologías. Estas políticas garantizan que los empleados adquieran las habilidades necesarias para aprovechar plenamente los beneficios de estas tecnologías. Además, al proporcionar oportunidades de crecimiento y desarrollo personal, se crea un entorno laboral atractivo que ayuda a retener **talento**. Esto no solo mejora la calidad del empleo, sino que también fortalece la estabilidad y competitividad del sector automotriz al contar con una fuerza laboral preparada y **adaptable a los cambios tecnológicos**.

Finalmente, se prevé un efecto multiplicador que se traducirá en la creación de **empleos indirectos** (se estima la creación de 4 puestos de trabajo indirecto por cada uno directo) en otras industrias y sectores relacionados. Estos empleos abarcarán áreas, como logística y cadena de suministro, ingenierías, investigación y desarrollo (I+D), seguros y sistemas financieros.

Impacto social

El impacto social de la fabricación de componentes para la automoción no solo se mide en términos de empleo, ya que esta fabricación abre también la perspectiva de **retos y oportunidades para las personas**, como **puestos de trabajo sostenibles**, seguros y atractivos; **formación de alta calidad** para la inclusión de grupos sociales en los entornos

industriales; **protagonismo de los trabajadores** y ciudadanos en cadenas de valor globales; o **mejora de la salud y satisfacción laboral** de los trabajadores.

Igualmente, el desarrollo de la fabricación avanzada favorecerá la cohesión social. La fabricación es el motor de la economía en Europa y en muchas regiones españolas y favorece más que ningún otro sector la **generación y el reparto de la riqueza**.

Desde el punto de vista de la sociedad, la implementación de nuevas tecnologías, y sus procesos de fabricación asociados, mejorará la ergonomía de los vehículos al potenciar la comodidad del conductor a través de sistemas avanzados de asistencia y soluciones de diseño interior. El desarrollo tecnológico también está democratizando el acceso a nuevas prestaciones y servicios en los vehículos de gama media-baja, lo que se traduce en un mayor número de personas que puedan disfrutar de características avanzadas como sistemas de info-entretenimiento, conectividad, asistentes de conducción y mayor eficiencia de combustible. Esta democratización contribuye a mejorar la experiencia de conducción para un segmento más amplio de la población.

Finalmente, hay que mencionar la relación directa con el incremento en la seguridad vial y el impacto en la movilidad de personas y bienes. A medida que se implementan avances en sistemas de asistencia al conductor, se mejorará significativamente la seguridad en las carreteras. Estas innovaciones contribuirán a reducir los accidentes de tráfico y proteger tanto a los conductores como a los peatones.

Impacto medioambiental

La fabricación de componentes para automoción es una **actividad clave para conseguir los objetivos contra el cambio climático y de reducción en el consumo de energía**. En una sociedad con una demanda exponencial y una escasez de recursos, es fundamental producir bien a la primera, consumiendo menos materias primas y menos energía. Los equipamientos y máquinas de producción y los procesos tendrán un papel substancial en este reto.

Es importante resaltar que **los aspectos de sostenibilidad medioambiental no deben lastrar la competitividad de las empresas**, sino que la adopción de la economía circular y la eficiencia energética pueden dar lugar a nuevas economías y negocios. El uso eficiente y continuo de los recursos (materiales, energía, etc.), la reducción en la generación y emisión de residuos y piezas defectuosas, y la introducción de nuevas tecnologías de fabricación, son claves para lograr un equilibrio entre la rentabilidad económica y la responsabilidad medioambiental.

Impacto en el potencial de innovación e investigación español

Se espera que la adopción de esta Agenda de Prioridades Estratégicas tenga un **impacto importante en la investigación e innovación en España**, permitiendo la **coordinación de esfuerzos público-privados** a nivel interregional y nacional. De esta forma se conseguirá que España siga siendo referente en diseño y producción de los componentes para el automóvil del futuro.

De manera adicional, se esperan beneficios significativos derivados de la **colaboración entre todos los agentes de la cadena de valor**, incluyendo tanto los fabricantes de equipos

y proveedores de TICs, universidades, centros tecnológicos, fabricantes de equipamiento y dispositivos y un amplio rango de usuarios. Es de esperar que se obtenga también una mayor eficiencia en la explotación de los resultados del I+D, facilitando la transferencia de tecnología, lo que resultará en **mejoras de la competitividad y la sostenibilidad de la industria española.**

Para terminar, se prevé el impulso de grupos de investigación especializados, que se formarán para abordar los desafíos y aprovechar las oportunidades que surgen de la aplicación de tecnologías innovadoras relacionadas con conceptos tan diversos como el transporte inteligente, la seguridad vial, los sistemas de propulsión alternativos, etc.

También se formarán grupos multisectoriales que evalúen los avances técnicos desde distintos aspectos, como la ventaja tecnológica y la sostenibilidad, a través del cálculo de impacto ambiental de los procesos.

GT7. TALENTO

1 Factores que afectan al talento en el sector de automoción. Tendencias 2030

El sector de automoción, siguiendo con su vertiginosa evolución, debe continuar desempeñando un papel de liderazgo a la hora de proporcionar innovaciones tecnológicas que contribuyan en la transición hacia la movilidad eléctrica y la conducción autónoma.

Desde un punto de vista más amplio, debemos tener en cuenta las transformaciones estructurales que están teniendo lugar y que afectarán a las empresas del sector en el corto/medio plazo.

La siguiente imagen muestra las tendencias y aspectos más relevantes para el futuro de la fabricación en España :



Fuente: APE I+D+i MANU-KET)

Tendencias tecnológicas

La era de la digitalización, de la información ubicua e inmediata y de los entornos híbridos y fluidos provoca que los cambios lleguen en mayor escala y mucho más rápidamente.

Como consecuencia de la pandemia del COVID-19, el 68% de las grandes empresas constatan que el proceso de transformación se ha acelerado.

Estudios recientes llevados a cabo por EUROSTAT revelan que la adopción tecnológica y de IA requerirá que 20 M de empleados a nivel europeo cambien de ocupación hasta 2030.

La transición dual hará que se requieran 12 M de especialistas TIC y 2 M de ocupaciones verdes adicionales.

Tendencias socioeconómicas y medioambientales

Es evidente la necesidad, de mantenerse permanentemente actualizado en cuanto a conocimientos, habilidades y competencias.

En Europa hay más de 5 M de vacantes sin cubrir, a pesar de haber 11 M de personas desempleadas desde hace más de 6 meses.

No abordar el déficit de cualificaciones podría dañar la cohesión social, profundizar el malestar social, obstaculizar la competitividad internacional y retrasar las transiciones verde y digital

Tendencias industriales

Inmersos en la cuarta revolución industrial en la que la digitalización de los procesos productivos tiene un peso fundamental y la automatización y la inteligencia artificial destruyen puestos de trabajo (ratio 1:10 ocupación vehículo eléctrico vs. Diesel) y crean otros nuevos que requieren formación especializada, surge la necesidad de anticiparse para identificar los perfiles profesionales que la industria va a requerir a corto plazo y adecuar la formación de estudiantes y profesionales del sector para proporcionar las competencias para cubrir dichas necesidades.

Los nuevos desarrollos van a requerir, además de los tradicionales perfiles profesionales (desde ingenieros de proceso y producto, técnicos de producción, automatización, calidad, etc), profesionales especializados en áreas críticas que contribuyan a la integración de los nuevos para al desarrollo de los vehículos.

La fabricación de vehículos eléctricos requiere de diferentes habilidades y conocimientos técnicos en comparación con los vehículos de combustión interna. Los fabricantes de automóviles tendrán que capacitar a su personal para trabajar con tecnologías nuevas y emergentes.

2 Visión y objetivos

En este contexto, es primordial identificar acciones para mejorar la competitividad del talento nacional y promover un crecimiento sostenible e inclusivo de la transición dual.

Se han identificado los siguientes objetivos fundamentales para la gestión del talento entrados en:

Talento como reto y factor de competitividad del sector

La formación y el aprendizaje continuo representan uno de los instrumentos más importantes para mejorar la competitividad del sector de automoción.

Además de los factores identificados anteriormente relativos a los procesos de fabricación, el impacto tecnológico, el impacto del entorno medioambiental y las tendencias industriales, a la hora de abordar cómo una empresa del sector de automoción (en definitiva, de cualquier sector con altas necesidades de incorporar nuevas personas en la misma) ha de tener muy patente y muy interiorizados los MAYÚSCULOS cambios que se están dando en el propio mercado laboral. Aunque son de carácter transversal a cualquier sector, en aquellos en los que, además, los retos específicos son muy complejos y disruptivos, como es el caso del sector de automoción, situarse de forma puntera, vanguardista e innovadora en las nuevas tendencias del mercado laboral puede ser una gran parte de su éxito a futuro. Si apostamos por las personas, si estamos de acuerdo en que lo más relevante de una organización son sus personas puesto que de ellas dependerán los logros que cada entidad sea capaz de alcanzar, es indispensable reflexionar, rediseñar y poner en marcha nuevas formas de acercamiento a esas personas.

Las nuevas generaciones han de prepararse hoy para un futuro incierto y, por ello, desde nuestras organizaciones podemos hacer una gran contribución en ese proceso formativo.

NO basta con “seleccionar” personas, tenemos que ser parte de su proceso de aprendizaje a lo largo de la vida para mejorar así su bienestar personal y profesional. Si lo conseguimos, nuestras empresas tendrán más oportunidades.

Por ello es importante reforzar el atractivo considerando diversos aspectos:

- Asegurar que las empresas atraen el talento que necesitan y mejoran el nivel de competencias de sus trabajadores
- Facilitar la incorporación de los jóvenes para iniciar la actividad profesional en las PYMEs que tienen que competir con las posibilidades que ofrecen los grandes OEM y TIER1 del sector de automoción, priorizando el desarrollo la carrera frente a proyectos más interesantes desde el punto de vista profesional.
- Simplificar trámites legislativos para facilitar la incorporación Investigadores extranjeros y su integración social
- Adecuación nivel salarial para hacer el sector más atractivo frente a otros países

Adecuación de los planes de estudio a las necesidades reales, y fortalecimiento de las competencias en nuevas tecnologías tanto en el ámbito universitario como en el laboral

Es necesario evaluar las necesidades presentes y futuras de talento del sector, adecuar la oferta formativa a las necesidades, establecer los programas de formación para las ocupaciones priorizadas después de analizar y valorar los programas existentes

Igualmente, resulta de gran importancia potenciar los planes formativos duales, en colaboración universidad-empresa, para favorecer el aprendizaje basado en la experiencia práctica.

Al mismo tiempo, es vital establecer planes de formación para recapacitar a los desempleados para que consigan un empleo y conseguir que los trabajadores mantengan su empleo en el contexto de la transición digital y energética

Impulso de los doctorados industriales

Además de promocionar las carreras profesionales y favorecer el flujo de investigadores entre los centros tecnológicos y las empresas, es necesario promover la realización de proyectos de investigación industrial o de desarrollo experimental, en el que se enmarque una tesis doctoral, a fin de favorecer la inserción laboral de personal investigador en las empresas y contribuir a la empleabilidad de los investigadores además de promocionar la incorporación de talento en el tejido productivo lo que nos permitirá elevar la competitividad de las empresas.

Promoción de programas de FP Dual, involucrando en su desarrollo a grupos de trabajo integrados por empresas y AA.PP

La combinación de la formación entre el centro educativo y el aprendizaje en la empresa facilita la incorporación de la juventud al mercado laboral y el desarrollo de un modelo de formación dual, que tenga en cuenta tanto al sector servicios, al sector industrial y a la micropyme, pequeño comercio, comercio de cercanía y autónomos.

Debemos fomentar el espíritu emprendedor en el sistema educativo e impulsar el desarrollo de los objetivos definidos en la Declaración de Osnabrück 2020 en la que se recoge, entre los resultados a corto plazo (2021-25), desarrollar y reforzar los centros de excelencia profesional como incubadoras innovadoras y ecosistemas de competencias que engloben actividades de aprendizaje, formación e investigación, la FP, la ES y la investigación en sectores seleccionados o retos socioeconómicos, incluido el apoyo al emprendimiento y los recursos digitales e innovadores de la FP para todos.

Universidad dual

En la actualidad, tanto el marco normativo universitario, con la potencial incorporación de las menciones duales en sus planes de estudio de grado y postgrado, como la reciente reforma laboral en la que se incorporó el contrato de formación en alternancia, están propiciando que las Universidades vayan diseñando e implantado cada vez más programas duales. En nuestro sector, aunque todavía son muy escasas las iniciativas duales vinculadas a automoción, las que ya han dado el paso ya contrastan sus beneficios.

La formación dual universitaria ya se ofrece en universidades del País Vasco y Cataluña, donde los estudiantes pueden realizar estancias en empresas mientras estudian el grado.

Este modelo de aprendizaje permite adquirir los conocimientos teóricos asistiendo a clase en la universidad, y lograr las competencias prácticas en la empresa, todo ello de manera simultánea. De este modo, y en colaboración, los estudiantes que cursan una mención dual aprenden, a la vez, en la empresa y en la Universidad gracias a la labor de sus tutores / facilitadores tanto académicos como empresariales.

Entre los beneficios de la formación dual universitaria para las empresas que colaboran, destacan la capacidad de identificar talento especializado en etapas tempranas, formar a estas personas en los procesos y en la cultura de nuestras organizaciones y, a través del compromiso mostrado, hacerles propuestas relevantes para que sigan vinculados. Todo ello, atendiendo al nuevo perfil generacional, hoy en día todavía, es una oportunidad de diferenciarse en la atracción de talento.

Asimismo, provoca un mayor acercamiento Universidad – Empresa, surgiendo nuevas oportunidades en el ámbito de la transferencia de conocimiento y desarrollo de proyectos conjuntos.

3 Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Para lograr estos objetivos es necesario poner en marcha distintas iniciativas que permitan crear colaboraciones público-privadas a nivel nacional, incluyendo a los empleadores, formadores y las autoridades y movilizar a los empleadores para recapacitar proactivamente a sus trabajadores.

Dada la complejidad de los nuevos desarrollos, los métodos tradicionales están limitados para abordar su implementación, por lo que es necesario un gran esfuerzo de formación en las áreas de ciencias de datos e IA, para su aplicación en el ámbito de fabricación, logística y sistemas de comunicación

A nivel europeo se han identificado los siguientes ámbitos formativos prioritarios:

- electrónica de alta potencia mediante la integración de la criticidad de los materiales y el análisis del ciclo de vida.
- tecnologías de carga rápida y adaptable,
- gestión térmica a escala del vehículo y de sus componentes, incluida la batería,
- tecnologías y materiales de baterías y pilas de combustible, integrando aquí también la criticidad de los materiales constitutivos con el objetivo de aumentar la autonomía, reducir masa y tamaño y facilitar así la integración en el vehículo. En el caso de las baterías, la formación sobre el análisis del ciclo de vida y la degradación es fundamental, así como la comprensión de los efectos de la carga (ultra) rápida sobre el estado de salud.
- Tecnologías de combustión H2.
- Colaboración interdisciplinaria, en la que las ciencias naturales, las ciencias sociales y las humanidades se unan para una mayor adopción y aceptación de nuevas tecnologías.
- Control de sistemas mecatrónicos y otros sistemas avanzados (por ejemplo, baterías).
- Software tanto para la aplicación de inteligencia artificial en sistemas técnicos como para el control en tiempo real

Fuente: 2Zero

Recientemente se han llevado a cabo iniciativas en Europa para identificar los nuevos perfiles profesionales que den respuesta a las necesidades que demanda el mercado.

Adjunto se muestra el listado de los perfiles profesionales con la descripción detallada del puesto y las competencias que abarca, y su interrelación con las distintas áreas temáticas que se han analizado en este estudio:

Área 1: Sistemas de propulsión eléctrica

Área 2: Sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono y vehículos híbridos

Área 3: Movilidad conectada, cooperativa y autónoma (CCAM)

Área 4: Espacio interior

Área 5: Estructuras más ligeras, seguras y sostenibles

Área 6: Fabricación inteligente

Puestos de trabajo Títulos	Área 1 Sistemas de propulsión eléctrica	Área 2 Sistemas de propulsión con combustibles neutros en carbono y vehículos híbridos	Área 3 Movilidad conectada, cooperativa y autónoma (CCAM)	Área 4 Espacio interior	Área 5 Estructuras más ligeras, seguras y sostenibles	Área 6 Fabricación inteligente
INGENIERO DE PRUEBAS Y VALIDACIÓN ADAS/ADF			✓	✓		✓
Técnico INTELIGENCIA ARTIFICIAL			✓	✓		✓
EXPERTO EN VISIÓN POR COMPUTADORA			✓	✓		✓
Ingeniero de APRENDIZAJE AUTOMÁTICO			✓	✓		✓
EXPERTO EN FUSIÓN DE SENSORES	✓	✓	✓	✓	✓	✓
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CAD, CAE, CAM	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PRACTICANTE EN AUTOMOCIÓN SPICE®						
EXPERTO EN VEHÍCULOS CONECTADOS			✓	✓		✓
TÉCNICO DE VEHÍCULOS CONECTADOS			✓	✓		✓
INGENIERO EN CIBERSEGURIDAD AUTOMOTRIZ			✓	✓		
PROBADOR DE CIBERSEGURIDAD AUTOMOTRIZ			✓	✓		
GERENTE DE CIBERSEGURIDAD AUTOMOTRIZ			✓	✓		
TECNOLOGO EN CAUCHO - NIVEL BASICO					✓	
INGENIERO AVANZADO DE TREN MOTRIZ	✓	✓				
GERENTE DE SEGURIDAD FUNCIONAL NIVEL DE ESTRATEGIA			✓	✓		
RESPONSABLE DE PROYECTOS DE SEGURIDAD FUNCIONAL			✓	✓		
INGENIERO DE SEGURIDAD FUNCIONAL			✓	✓		
INGENIERO DE ACCIONAMIENTO ALTAMENTE AUTOMATIZADO					✓	✓
NIVEL DE CONOCIMIENTO DEL GERENTE DE MECATRÓNICA AUTOMOTRIZ	✓	✓		✓	✓	✓
GERENTE DE MECATRÓNICA AUTOMOTRIZ NIVEL BÁSICO	✓	✓		✓	✓	✓
EXPERTO EN MECATRÓNICA AUTOMOTRIZ	✓	✓		✓	✓	✓
DESARROLLADOR DE MECATRÓNICA AUTOMOTRIZ	✓	✓		✓	✓	✓
CONFIGURACIÓN DE LÍNEA DE PRENSA DE FABRICACIÓN AVANZADA				✓	✓	✓
INGENIERO AUTOMOTRIZ EN CALIDAD Y METROLOGIA				✓	✓	✓
CINTURÓN AMARILLO LEAN SIX SIGMA	✓	✓		✓	✓	✓
CINTURÓN VERDE LEAN SIX SIGMA	✓	✓		✓	✓	✓
CINTURÓN NEGRO LEAN SIX SIGMA	✓	✓		✓	✓	✓
INGENIERO ROBOTICO				✓	✓	✓
TÉCNICO ROBÓTICO				✓	✓	✓
INGENIERO AUTOMOTRIZ EN FABRICACION Y MANTENIMIENTO DE HERRAMIENTAS Y MATRICES				✓	✓	✓
INGENIERO AUTOMOTRIZ (TRABAJANDO EN AUTOMOTRIZ)	✓			✓	✓	✓
INGENIERO DE CALIDAD AUTOMOTRIZ	✓	✓		✓	✓	✓
AGENTE DE INNOVACIÓN - NIVEL BÁSICO	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AGENTE DE INNOVACIÓN - INNOVACIÓN DE PRODUCTO	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AGENTE DE INNOVACIÓN - INNOVACIÓN ORGANIZATIVA			✓	✓	✓	✓
AGENTE DE INNOVACIÓN - INNOVACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO			✓	✓	✓	✓
GERENTE DE SOSTENIBILIDAD			✓	✓		✓
INGENIERO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO			✓	✓	✓	✓
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO			✓	✓	✓	✓
EXPERTO EN MANTENIMIENTO PREDICTIVO			✓	✓	✓	✓
Ingeniero de módulos de celdas de batería	✓					
Ingeniero de materiales de batería	✓					
Ingeniero de sistemas de batería	✓					
Ingeniero de sistemas térmicos de baterías	✓					
Ingeniero de Controles	✓		✓			✓
Ingeniero eléctrico	✓		✓	✓		✓
Ingeniero de Sistemas Embebidos y BMS	✓		✓			✓
Ingeniero de Mantenimiento			✓			✓
Ingeniero mecánico	✓	✓	✓			✓
Ingeniero de Procesos	✓	✓		✓		✓
Ingeniero de Producción y Manufactura	✓	✓		✓		✓
Ingeniero de calidad	✓	✓		✓		✓
Ingeniero de simulación	✓	✓	✓			✓
Desarrollador de software			✓	✓		✓
Ingeniero de Pruebas y Validaciones	✓	✓	✓	✓		
Personal de Reparación e Inspección Automotriz						
Técnico de Fabricación de Baterías	✓					✓
Técnico de montaje de módulos de batería	✓					✓
Técnico de Reciclaje de Baterías	✓					
Técnico de ensamblaje de celdas aguas abajo	✓					
Operador de máquina en la industria de las baterías	✓					✓
Operador de Máquina en Upstream	✓					✓
Técnico de Mantenimiento en Industria de Baterías	✓					✓
Planificador y manipulador de materiales						✓
Tecnico de Calidad						✓
Jefe de turno						✓



Perfiles
profesionales_GT7.x

Fuente: DRIVES, ALBATTIS

Para lograr los objetivos anteriormente descritos, es primordial combinar la formación en el ámbito académico con la formación interna en las empresas y los centros de investigación, apoyando la creación de ecosistemas en los que participen todos los agentes de la cadena de valor.

McKinsey ha puesto en marcha un proyecto en Portugal, con 3 labs coordinados por una entidad: Green de Iberdrola, Digital de Sap y Fundación Telefónica y Metal de Confemetal para analizar la oferta formativa existente y la demanda de las profesiones y habilidades y preparar un plan de empleabilidad, con el objetivo de reducir la brecha de capacidades y necesidades del mercado.

Bizkaia Talent colabora en una inciativa europea en la que participan Dinamarca, Suecia, Noruega, Finlandia, Alemania, Países Bajos, Escocia, País Vasco y España para la preparación del Mapa Internacional de Talento [International Talent Map survey](#).

El Clúster de Ingeniería, Ciencia y Tecnología del País Vasco - 4gune ha puesto en marcha un programa operativo Empresa+Universidad, para dar respuesta a las necesidades formativas, teniendo en cuenta el Mapa de Capacidades y las prioridades establecidas en la Estrategia de Industria Inteligente (RIS3 Euskadi)

4 Impactos esperados

En la competitividad

Entendiendo la competitividad empresarial como la capacidad de un negocio para producir y vender productos / servicios que cumplan con la calidad de los mercados, maximizando los rendimientos de los recursos consumidos para producirlos, siempre hablamos de mejorar la competitividad de la empresa, entre otros, por medio de la tecnología, la atención al cliente y la gestión.

Sin embargo, no debemos olvidar el papel fundamental que juega la formación, tanto universitaria, como la FP y la formación permanente a lo largo de la vida, así como la atracción, retención y desarrollo del talento como otro de los pasos fundamentales para conseguir mejorar la competitividad de las empresas.

En la sostenibilidad medioambiental

Las habilidades, conocimientos y competencias de las personas contribuyen a la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, influyendo en la toma de decisiones, la innovación y la promoción de prácticas más responsables con el medio ambiente.

Por ello, es fundamental contar con profesionales formados y cualificados en materia de sostenibilidad y RSC para poder impulsar un verdadero cambio de paradigma y poder hablar de transformación.

El talento en campos relacionados con la sostenibilidad ambiental, como la energía renovable, la gestión de residuos, la conservación de recursos naturales y la tecnología verde, es un elemento clave para impulsar la transición hacia una economía más sostenible. En este sentido, en la transición hacia el vehículo eléctrico y la descarbonización de los procesos industriales, cobra especial relevancia el desarrollo de baterías y sistemas de propulsión avanzados que contribuyan a reducir las emisiones y el consumo de combustible.

Del mismo modo, la educación y las políticas para la regulación ambiental juegan un papel fundamental en la concienciación pública y la promoción de comportamientos sostenibles para la protección del medio ambiente. Sin embargo, la introducción de cambios en el sistema educativo español debe afrontar la rigidez de los procedimientos administrativos con un ritmo que no siempre va acompasado con el que el mercado demanda en nuevas competencias y perfiles profesionales.

En el empleo y cualificación

En el contexto de la transición a la digitalización, desplegada en torno a la industria 4.0 y la transición ecológica para hacer frente a la emergencia climática, en los últimos años se observan en España importantes crecimientos en las ocupaciones que requieren mayores niveles de cualificación, pero también en ocupaciones intermedias de tipo técnico, mientras que se sigue observando un incremento en las ocupaciones de nivel básico.

Estudios recientes muestran que, en los próximos años, será necesario cubrir un mayor volumen de puestos de trabajo de alta cualificación, pero también para ocupaciones que requieren cualificaciones de nivel medio y bajo. Estas previsiones apuntan a la exigencia de mayores niveles de cualificaciones y competencias en las ocupaciones porque los cambios no son solo de su estructura, sino también de sus tareas, más sofisticadas y complejas.

Social

La formación y el talento son motores clave para el progreso y el desarrollo de la sociedad. La inversión en la educación y el desarrollo de habilidades beneficia no solo a los individuos, sino también a la comunidad en su conjunto, al promover un crecimiento económico equitativo, la innovación y una mejor calidad de vida.

Las empresas y organizaciones que valoran y fomentan el desarrollo del talento tienen un impacto positivo en la sociedad. Estas empresas, en el marco de su estrategia RSG, ofrecen programas de formación y oportunidades de crecimiento a sus empleados, así como participaciones activas en iniciativas sociales y comunitarias.

Del mismo modo, la formación ayuda a reducir las desigualdades socioeconómicas al proporcionar a las personas las herramientas necesarias para superar barreras y alcanzar sus metas. Esto puede ser especialmente importante para comunidades marginadas o desfavorecidas. La escasez de personal cualificado y el envejecimiento de la fuerza laboral, brindará la oportunidad de reforzar el papel de la mujer en el entorno industrial y la atracción de talento y nuevos perfiles.

En el potencial de innovaciones e investigación español

La competitividad de las empresas del sector de automoción depende en gran medida de la creatividad, la experiencia técnica y la capacidad de investigación y desarrollo para mantenerse a la vanguardia de la tecnología. Los profesionales altamente capacitados son los impulsores de avances tecnológicos en disciplinas relacionadas con la ingeniería, la informática, la electrónica y la mecánica necesarios para el desarrollo de vehículos

eléctricos que integren sistemas de conducción autónoma y seguridad avanzada. La modernización del entorno industrial potenciará la atracción de nuevos talentos/jóvenes (STEM).

La colaboración entre los distintos agentes de la cadena de valor, junto con las universidades y los centros tecnológicos, es fundamental para acelerar la innovación en diversos ámbitos, como son el desarrollo de nuevos materiales más ligeros, resistentes, el diseño de software y electrónica, que con la proliferación de sistemas de entretenimiento, seguridad y conectividad alcanzan ya una presencia en torno al 50% en el vehículo.

GT8. SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR

1. Factores que afectan a la Sostenibilidad y la Economía Circular. Tendencias 2030

Al igual que el resto de las actividades económicas de nuestro entorno, la industria de la automoción se encuentra inmersa en una nueva revolución en toda su cadena de valor. Se trata de un proceso global que afecta a todos los integrantes de su cadena de valor y al entorno competitivo internacional y sobre el que es necesario, en algunos casos, adaptarse y, en otros, aprovechar las oportunidades que se generan para incrementar nuestra competitividad.

Esta profunda transformación está impulsada por diversos factores que se encuentran interconectados y que marcan unas tendencias claras a las que el sector de componentes de automoción debe hacer frente. Por supuesto, el cambio tecnológico acelerado en el que se encuentra el sector de fabricación es un elemento clave, al igual que otros elementos procedentes del macroentorno, como son el entorno regulatorio y gubernamental orientado hacia la descarbonización o el panorama geopolítico actual. En cuanto al microentorno, es clave la competencia de materias primas a nivel global que nos afecta a la cadena de suministro. También son importantes las oportunidades que se generan en materia de optimización de los procesos de fabricación. Por último, resulta sumamente relevante incorporar en nuestra agenda cuestiones relativas a la cada vez mayor conciencia medioambiental que, como personas, incorporamos en nuestra toma de decisiones, pero también como empresas.

Para la elaboración de la Agenda de Prioridades Estratégicas en el ámbito de la Sostenibilidad y la Economía Circular se ha considerado necesario partir de los siguientes drivers y tendencias para el futuro de la fabricación en España.

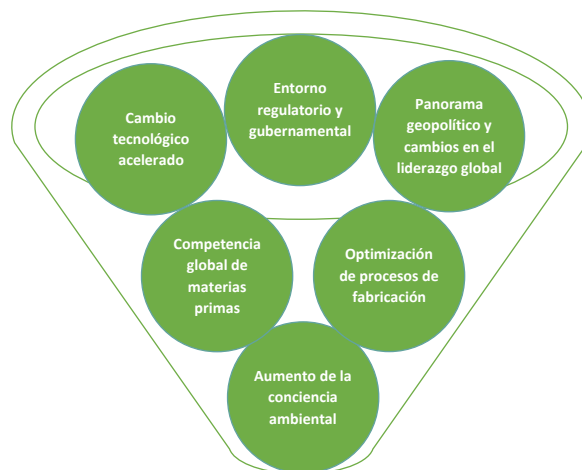


Figura 6 Principales drivers y tendencias para el sector de fabricación de automoción

Entorno regulatorio y gubernamental orientado a la descarbonización industrial y la lucha contra el cambio climático

Las economías con mayor grado de desarrollo, y en especial los países de la UE, disponen de marcos regulatorios dirigidos a satisfacer los desafíos globales del planeta que, en muchos casos, se articulan en torno a compromisos-país para la descarbonización del planeta y la lucha contra el cambio climático. Por ese motivo, las políticas y regulaciones de los países desarrollados están ejerciendo un papel muy relevante en cuanto a impulso de la Economía Circular y de la sostenibilidad. De esa forma, los gobiernos están legislando y poniendo en marcha normativas y estándares más exigentes y rigurosos en lo que hace referencia al uso de materiales reciclados y reciclables, la gestión de residuos, la reducción de emisiones, etc. Estas regulaciones incentivan y, en muchas ocasiones, obligan a las empresas a poner en marcha prácticas más circulares.

Contexto:

- **Objetivos de Desarrollo Sostenible en 2030.** Establecidos por la Asamblea General de la ONU en 2015. Se promueve un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad. A nivel de compromisos de los Estados Miembros, establece los 17 ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) para la lucha contra la pobreza y desigualdades, protección del planeta y la mejora de las condiciones de vida de los habitantes del planeta, con importantes implicaciones en materia de Economía Circular. Se declinaba en tres niveles: acciones a nivel mundial, acciones a nivel local y acciones por parte de las personas. En este tercer grupo, no sólo aparecen los ciudadanos, sino que también se insta al sector privado como un agente clave en la transformación de los objetivos en medidas tangibles.
- **Acuerdo de París sobre el Cambio Climático.** Además de por la UE, fue firmado inicialmente por 95 países, con medidas concretas para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero e importantes compromisos en materia de Economía Circular.
- **Marco legal UE y trasposición a legislación nacional de los Estados Miembros.** En sintonía con los compromisos asumidos por la UE, y en especial el Acuerdo de París, pretende convertir a la UE como la primera economía mundial climáticamente neutra en 2050 y se establece el despliegue a través de los planes de acción de Economía Circular de la Unión Europea y del Pacto Verde Europeo. En esta línea de actuación se sitúa la propuesta del nuevo Reglamento sobre diseño ecológico para productos sostenibles (marzo, 2022), pasaporte digital de producto (2023) etc con importantes medidas para promover y regular de forma armónica la circularidad de los productos en los Estados Miembros.
- **Estrategia Española de Economía Circular.** En línea con la europea, marca un plan de acción focalizado en diferentes ejes: producción y diseño, consumo, gestión de residuos, mercado de materias primas secundarias, agua I+D+i, empleo, formación, estableciendo unos objetivos claros en cuanto productividad material, aumento en la tasa de uso de materiales circulares y en la reducción de residuos.
- **Cambios legislativos en otros países** para la descarbonización y lucha contra el cambio climático, más allá de la UE (China, USA, Japón, etc.), lo cual implica distintas regulaciones y distintas especificaciones en materia de Economía Circular.

Panorama geopolítico y cambios en el liderazgo económico global

El panorama geopolítico mundial es una cuestión dinámica sometida a una evolución constante, pero que afecta de forma muy significativa al sector de fabricación de componentes. Estados Unidos continúa siendo la principal potencia económica y política a nivel global. Sin embargo, el poder económico lleva experimentado durante las últimas décadas un desplazamiento gradual hacia China. Iniciativas impulsadas por China, como la Nueva Ruta de la Seda, son una seria amenaza/oportunidad al *statu quo* actual (con un ambicioso plan de acuerdos comerciales, proyectos de infraestructura y mecanismos de colaboración en I+D, energía y económico-financiero).

Contexto:

- **Deslocalización -Relocalización de los centros de fabricación hacia otros países**, motivado por el cada vez mayor liderazgo económico de China. China, al igual que otros países asiáticos (India, Corea del Sur, etc.) están realizando fuertes inversiones para la mejora de la competitividad de sus centros productivos, por ejemplo, en materia de I+D. La industria automotriz europea puede cambiar en los próximos años gracias a la reciente ley “*Net Zero Industry Act*” de la Comisión Europea que pretende evitar que las dependencias estratégicas pongan en peligro la transición energética estableciendo un objetivo de capacidad de fabricación agregada propia para 2030. Permitirá a la UE convertirse en líder industrial en el sector energético evitando que las cadenas de suministro ya no se enfrenten a perturbaciones y que la transición hacia una energía limpia se sustente en la capacidad de fabricación europea o nacional necesaria. El sector de automoción indudablemente se verá impulsado por esta ley pudiéndose contemplar escenarios de nueva relocalización de centros de fabricación que se habían desplazado fuera del continente.
- **Amenaza competitiva de Estados Unidos** que está realizando también ingentes inversiones en programas destinados a mejorar la competitividad en fabricación (activo fijo, I+D, financiación de inversiones, atracción de talento, etc.). Este escenario sitúa a España y a la UE en la necesidad apostar con firmeza por el sector de fabricación para mantener la competitividad en este escenario global.
- **Cambios en la demanda y los mercados**. El desplazamiento de los centros de decisión y de fabricación, más allá de la esfera europea, supone que los productos industriales tengan que adaptarse a las preferencias de los diferentes mercados, en ocasiones con distintas estrategias en materia de Economía Circular.
- **Cambios en las cadenas de suministro**. Las alteraciones de las relaciones, políticas y alianzas repercuten de forma muy importante en la forma en la que operan y se organizan las cadenas de suministro para ajustarse a las nuevas dinámicas geopolíticas.
- **Tensiones comerciales y restricciones**, que pueden dar lugar a aranceles y barreras comerciales y afectar a los costes de producción y estrategias export/import.

Cambio tecnológico acelerado

El sector de fabricación está experimentando un cambio tecnológico acelerado, con múltiples tecnologías disruptivas en distintos dominios que suponen una oportunidad para mejorar la competitividad de las empresas manufactureras, pero también una necesidad de adaptarse a los nuevos estándares competitivos. Las tecnologías digitales tienen un claro

protagonismo en la introducción de prácticas circulares en los procesos de fabricación y en los nuevos productos/servicios del sector de componentes de automoción.

Contexto:

- **Transición de vehículos hacia el Vehículo de propulsión eléctrica o hidrógeno como sustitutos de combustibles fósiles**, lo cual implica cambios significativos en las materias primas y en la cadena de suministro. Por ejemplo, ahora mismo nos encontramos en un momento de auge en la demanda de baterías de iones de litio debido a la expansión de los coches eléctricos en detrimento del motor de combustión, aumentando a su vez la demanda de materias primas como el litio, el cobalto, el níquel o el neodimio.
- **Nuevos materiales, que sean reciclados y reciclables**, y que garanticen un ciclo circular en el consumo de recursos. Es el caso de los bioplásticos, materiales compuestos naturales, fibras de carbono y plásticos reciclados y reciclables, aluminio de segunda fusión, chatarras de calidad para generar acero con alto contenido en reciclado, , etc.
- **Economía de recursos**. La digitalización facilita la recogida y análisis de datos de los procesos empresariales en tiempo real, lo cual posibilita un mejor seguimiento y gestión de los recursos de los procesos de fabricación y la mejora de la productividad, así como garantizar la trazabilidad de los productos en aras a una correcta gestión al final de su vida útil (pasaporte digital).
- **Personalización y producción bajo demanda**. Tecnologías como la impresión 3D permiten adaptar los procesos a las necesidades del cliente y, al mismo tiempo, reducir desperdicios durante el proceso de fabricación.
- **Modelos de negocio circulares**, como la servitización de componentes y equipos o el uso de plataformas digitales para compartir recursos y promover la reutilización y el reciclaje.

Competencia global de materias primas y seguridad en el suministro:

El control de las cadenas de suministro globales y la competencia entre los países por asegurar el suministro de materias primas y energía es una cuestión clave en el sector de fabricación de componentes. Plantea desafíos muy relevantes para el sector, pero también puede impulsar la Economía Circular, mediante la adopción de tecnologías de reciclaje y la innovación de materiales sustitutos circulares.

Contexto:

- **Vulnerabilidad europea por elevada dependencia de recursos clave**. Cuando la dependencia de países geopolíticamente inestables se traduce en inseguridad en el suministro de dichos recursos, conlleva una transformación profunda en la búsqueda y/o reconstrucción de nuevas cadenas de suministro de materias primas y energía, así como un mejor aprovechamiento de los recursos de un entorno cercano. Por tanto, supone un impulso a la gestión de residuos o la innovación de materiales reciclados y reciclables que impulsen el aseguramiento de la disponibilidad de materias primas de calidad con menor huella ambiental .
- **Iniciativa UE de las Materias Primas**; La regulación en enero de 2021 sobre el uso de los minerales procedentes de zonas de conflicto obliga al sector a replantear su cadena de suministro y refuerza el impulso al uso de materias primas sostenibles y responsables con el entorno y con las personas asegurando que los productos no

ayudan a financiar directa o indirectamente conflictos armados o que no vulneran los derechos humanos en la cadena de proveedores vinculada a los minerales en conflicto.

- **Volatilidad de precios.** La incertidumbre de precios también puede suponer un aliciente para mejorar la gestión de residuos o el ecodiseño de materiales.
- **Complejidad en la logística,** lo cual puede impulsar el desarrollo de sistemas de trazabilidad de materias primas y productos que garanticen la calidad de materiales reciclados.

Optimización de procesos de fabricación

El objetivo de eficiencia de recursos y ahorro de costes de las empresas implica la optimización de los recursos y la reducción del desperdicio en los procesos de fabricación. Para las empresas de fabricación de componentes, esto puede significar la puesta en marcha de iniciativas y proyectos tecnológicos según prácticas de la Economía Circular.

Contexto:

- **Reducción de residuo** en procesos de fabricación, mediante la fabricación aditiva u otras tecnologías “*near-net shape*”.
- **Eficiencia en los procesos de fabricación** mediante la utilización de tecnología.
- **Sistemas de remanufactura,** para restaurar y renovar componentes usados que cumplan con los estándares de calidad y rendimiento equivalentes a los nuevos.
- **Colaboración de las empresas con otros actores de la cadena de suministro.** Implica compartir conocimientos y buenas prácticas, así como colaborar en la puesta en marcha de iniciativas en cooperación como infraestructuras o sistemas de gestión de componentes al final de su vida útil (plataformas digitales de mercados en línea para productos reciclados y reacondicionados, etc.).

Aumento de la conciencia medioambiental y social

La sociedad está cada vez más concienciada por el impacto ambiental de sus actividades, incluyendo las decisiones de compra de productos. En consecuencia, existe una creciente demanda de productos sostenibles, lo que impulsa a las empresas a adoptar enfoques de Economía Circular en los procesos de fabricación que sirvan para satisfacer las expectativas de los consumidores. Asimismo, las propias empresas están incorporando enfoques de Economía Circular para mejorar la rentabilidad de su actividad.

Contexto:

- **Ecodiseño para la circularidad.** Las empresas están adoptando enfoques de diseño que permiten la reutilización, reparación y reciclaje de los componentes. Esto implica selección de materiales, procesos de fabricación, multifuncionalidad de componentes, diseño modular de componentes, etc.
- **Logística inversa.** Implica la gestión eficiente de los flujos de productos desde el consumidor hasta la vuelta al fabricante. Permite la recuperación y el reciclaje de materiales, así como la reparación y reacondicionamiento de productos.
- **Necesidad de inversiones en sistemas y centros para recogida de productos tras su fin de vida útil,** que articulen el flujo de reutilización, remanufactura y reciclaje.
- **Transparencia.** El control, la trazabilidad, la transparencia de la información y en el etiquetado es clave para una industria responsable. El marco normativo y la cadena de suministro exigen prácticas que respondan a los criterios ambientales, sociales y de gobernanza.

- **Nuevos modelos de movilidad más sostenibles** (como el car sharing, renting, movilidad por suscripción..). Implica cambios en las especificaciones de los vehículos (durabilidad para uso compartido, mayor uso urbano, nuevos modelos de negocio por servitización de los productos o componentes, etc.).
- **Mejora de la reputación y responsabilidad social corporativa**, que está derivando en la puesta en marcha de estrategias circulares en las empresas.

2. Visión y objetivos

La industria automotriz ha dado un giro importante en los últimos años en cuanto a la sostenibilidad se refiere. Con el aumento de la conciencia medioambiental, el reciclaje y la creciente demanda de productos más ecológicos, los fabricantes de automóviles han realizado un gran esfuerzo en los últimos años adoptando medidas enérgicas para incorporar materiales reciclados y sostenibles en sus procesos de producción y cumplir con los compromisos y directivas de neutralidad climática. Sin embargo, hay que seguir avanzando en el camino de la descarbonización que ha de llevarse a cabo de forma progresiva y ordenada con una visión clara y unos objetivos concretos teniendo en cuenta todos los factores implicados tanto medioambientales como económicos, sociales y tecnológicos.

En concreto, el sector de los componentes de automoción trabaja desde hace años en estrecha relación con los integrantes de su cadena de valor. Gracias a su competitividad, flexibilidad y capacidad de adaptación han sido capaces de trabajar exitosamente con compañías de todo el mundo. En este nuevo contexto de desafíos y oportunidades los fabricantes de componentes abordan el futuro con una estrategia de sostenibilidad hacia la transformación energética-ambiental. Esta transformación verde se verá impulsada fuertemente por la transformación digital consiguiendo así avanzar hacia la descarbonización máxima y un escenario neutro en emisiones.

En este sentido y siendo evidente para todos que el tradicional modelo de producción lineal del sector de automoción no es sostenible desde el punto de vista del consumo de recursos naturales, ni de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a pesar de las iniciativas legislativas y de los progresos alcanzados por España y la Unión Europea en su conjunto, aún se está lejos de alcanzar metas de Sostenibilidad y Economía Circular. Los procesos de fabricación siguen siendo extremadamente intensivos en recursos y los vehículos, al final de su vida útil, generan millones de toneladas de residuos cada año.

En consecuencia, el sector de fabricantes para automoción ha de continuar transformando los procesos y prácticas de sus sistemas de fabricación para transitar desde el actual modelo de producción lineal, hacia un modelo circular sostenible en el que se maximice el uso de los recursos, se minimice la generación de residuos y se fomente la sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos. El enfoque se basa en la premisa de que los recursos son limitados y deben ser utilizados de manera eficiente y responsable.

Para esta visión es fundamental la colaboración y cooperación entre los distintos agentes del sistema, incluyendo empresas, gobiernos, y usuarios y propietarios de vehículos.

Los principales objetivos que se persiguen mediante el despliegue de la Agenda de prioridades Estratégicas de Sostenibilidad y Economía Circular son las siguientes.

Minimización del uso de recursos naturales, fósiles y residuos

El fin es la **utilización eficiente de los flujos de recursos naturales y renovables** para preservar y mejorar el capital natural, contribuyendo a mitigar el agotamiento de los recursos y la degradación del medio ambiente. Se contemplan las siguientes líneas de actuación:

- **Uso de recursos naturales.** Cuando se requieran recursos naturales, se deben priorizar recursos renovables o que utilicen una menor cantidad de recursos naturales. Asimismo, se debe potenciar la utilización de materiales reciclados en la fabricación de productos para reducir la dependencia de recursos naturales vírgenes. Resulta clave también establecer cadenas de suministro que permitan el acceso a materiales reciclados de calidad y asegurar que los productos sean eco-diseñados para que faciliten la reciclabilidad.
- **Procesos de fabricación, almacenamiento, logística y distribución de componentes y equipos.** Se debe ser más eficiente en el consumo de materias primas y de recursos energéticos en todo el ciclo de manufactura, logística y distribución, optimizando el consumo, generando menos residuo e impactos ambientales, contribuyendo así a paliar la escasez de recursos naturales, la reducción de la huella ambiental y a lograr una mayor competitividad.
- **Propulsión neutra en carbono.** La descarbonización del transporte es esencial para cumplir con los compromisos ambientales en cuanto a la neutralidad de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mitigación del cambio climático. Ello implica la transición hacia fuentes de energías no fósiles que sean más limpias y sostenibles. Hoy en día, estamos en una época de transición tecnológica en la que conviven diversos tipos de sistemas de propulsión considerando también la huella del combustible (*approach Well to Wheel*): por un lado, los motores de combustión puros; y por otro lado, los que se han electrificado en menor o mayor medida. Los coches eléctricos y los de pila de combustible de hidrógeno van a dominar el mercado a medio y largo plazo, pero hasta entonces, existe un abanico de posibilidades que ofrecen diferentes prestaciones y modos de uso con hibridaciones de combustibles y tecnologías. motores híbridos ligeros (eléctricos con gasolinas o diésel convencionales, biocombustibles avanzados o e-fuels), híbridos eléctricos completos (HEV), híbrido enchufable (PHEV), vehículos con pila de combustible de hidrógeno (FCEV) propulsados por hidrógeno o vehículos con motores alternativos en los que se usa una mezcla de hidrocarburos e hidrógeno.

La inversión en I+D es clave para la consecución de este objetivo, tanto por la introducción de tecnologías de fabricación más eficientes o por el desarrollo de nuevos materiales sostenibles.

Maximización de vida útil y retención del valor de los productos

Persigue alargar el ciclo de vida de los productos, con el fin de que el **valor de los productos y materiales se mantenga durante el mayor tiempo posible**, contribuyendo a reducir la generación de residuos y a optimizar el uso de los recursos naturales.

Para la consecución de este objetivo es fundamental el **ecodiseño de componentes**, consiguiendo que el producto se pueda fabricar y reparar de una manera eficiente, manteniendo las especificaciones técnicas y de calidad. Respecto de la fabricación, se debe asegurar que los productos sean robustos y estén fabricados para un uso prolongado,

mediante materiales de alta calidad y técnicas de fabricación específicas. En cuanto a la reparabilidad, es clave la utilización de componentes fácilmente accesibles y reemplazables, así como facilitar asistencia e información para la reparación.

Un **mantenimiento eficiente** es también vital para prolongar la vida útil de los productos, con prácticas de mantenimiento y cuidado adecuadas, incluyendo instrucciones de mantenimiento, servicios de mantenimiento o programas de actualización para garantizar un funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo.

En este sentido los cambios en los modelos de movilidad urbana (car-sharing, renting, modelos de suscripción vs renting, movilidad conectada y autónoma) unidos a la disrupción impulsada por la tecnología pueden propiciar **nuevos de modelo de negocio más sostenibles asociados con la servitización** de los equipos y componentes pasando de la venta del producto a la venta del servicio por uso del producto (PAAS, Product-as-a-service). La servitización brinda oportunidades para aquellos fabricantes que busquen destacar en el mercado de la economía circular, aumenta la diferenciación y contribuye a que las empresas sean más competitivas, sostenibles y resilientes. Las empresas retienen la propiedad del producto y gestionan todo su ciclo de vida desde la fabricación, la puesta en marcha integrando ahora las operaciones para garantizar los usos y el valor del producto en sus cualidades y funcionalidad originales durante el mayor tiempo posible, proporcionando los servicios de reparación, mantenimiento, renovación o sustitución de componentes y piezas hasta su fin de vida útil, De este modo los nuevos modelos de negocio asociados a la servitización de vehículos o componentes contribuyen no sólo a la sostenibilidad ambiental favoreciendo un uso eficiente de los recursos empleados, alargando la vida útil de los productos y evitando residuo, sino que tendrán un impacto relevante en la sostenibilidad económica de las empresas pues cuanto mayor vida útil o mayor reaprovechamiento en segundas aplicaciones se consiga en el uso de un equipo o componente conseguirán mayor rendimiento y monetización por unidad servicio o uso.

Generar más valor

Para generar “más valor” es necesario que, cuando un producto llega al final de su vida útil, se mantenga en el ciclo circular mediante el reciclado y valorización de los recursos con aquellos procesos que sean necesarios. Para ello, se deben poner en marcha sistemas de recogida y clasificación, que faciliten la circularidad de los materiales al final de su vida útil y la generación de valor.

Resulta clave disponer de **infraestructuras de reciclaje eficientes** que permitan el procesamiento adecuado de los residuos, con desarrollos tecnológicos avanzados para separar, limpiar y transformar los materiales reciclables en productos de calidad. Es un ejercicio de valorización de los productos al final de su vida útil, que puede generar **nuevas fuentes de ingresos** si se dispone de mercados para los productos reciclados.

Para la generación de valor es también esencial la **búsqueda de sinergias entre los diferentes agentes** que intervienen en la cadena de valor (proveedores, fabricantes, distribuidores, etc.) o en otras cadenas de valor (simbiosis industrial), con acuerdos y alianzas que promuevan y el intercambio de materiales la reutilización de productos y componentes o la valorización de los residuos (con garantías de trazabilidad, calidad y volumen de suministro) para producir nuevos productos. En este sentido, la iniciativa de la

Comisión Europea respecto a la introducción del pasaporte digital de producto (PDP o DPP en inglés) que contendrá información sobre la composición de los productos en el mercado europeo con el fin de ayudar a aumentar sus posibilidades de ser reutilizados o reciclados será una palanca clave para fomentar esas sinergias entre agentes de la cadena de valor, así como sinergias con otros sectores

3. Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras

Para dar respuesta a los objetivos anteriores, se identifican 4 Prioridades Estratégicas contemplando el horizonte 2030

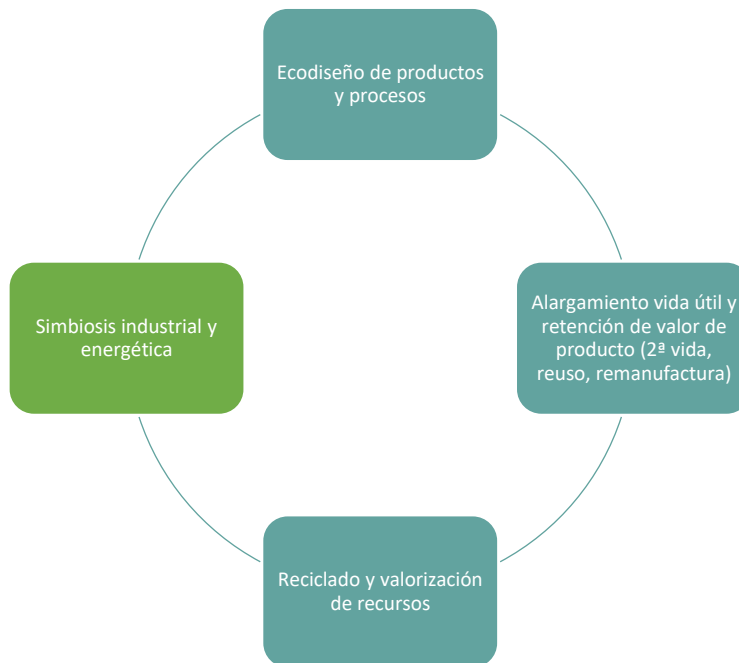


Figura 7: Prioridades Estratégicas del Grupo de Sostenibilidad y Economía Circular

3.1. Ecodiseño modular de productos y procesos

Además del reciclado considerado siempre como el proceso final que debe devolver la mayor cantidad posible de material al proceso productivo, hay un factor decisivo para favorecer la circularidad de los materiales y productos, y este factor es el **Ecodiseño** entendido como el diseño dirigido con perspectiva de Economía Circular. La llegada de productos nuevos y con alta escalabilidad puede suponer un grave problema medioambiental si en la fase de diseño no se ha tenido en cuenta la perspectiva de su impacto en la circularidad a lo largo de todo el ciclo de vida con medición del impacto asociado a través del análisis de ciclo de vida (ACV).

El ecodiseño modular incluye la selección de materiales con menor impacto ambiental, más duraderos, procesos menos contaminantes y la facilidad para el desmontaje y reparación y/o reemplazo de componentes y sistemas: Se trata de aplicar una estrategia holística

contemplando toda la vida del producto que permita tomar la decisión correcta para el nuevo diseño desde el punto de vista ambiental

A través de esta prioridad se pretende reducir el impacto ambiental de los productos y procesos a lo largo de su ciclo de vida aplicando la aproximación *Craddle to gate* para análisis comparativo de la huella ambiental en todo el ciclo:

- Durante el **proceso de fabricación**, el ecodiseño persigue la minimización del consumo de materias primas y energía, así como la reducción de la generación de residuos. También promueve la utilización de materiales reciclables y renovables en el ciclo productivo.
- Durante la **fase de uso** del producto el ecodiseño aspira a alargar la vida útil del producto facilitando el mantenimiento y un eficiente reemplazo de componentes.
- Tras el **fin de vida del producto**, el ecodiseño **plantea** facilitar el desmontaje y la reciclabilidad de los productos.

Para abordar el ecodiseño de un producto con un buen enfoque en Economía Circular es importante que tenga pocos componentes, un coste menor para el proceso secundario que el primario y un mecanismo estandarizado de recogida, segregación y reutilización o reciclado.

Otro aspecto importante en la fase de diseño y producción es asegurar que toda la información relativa a composición del producto y el proceso productivo sea trazable, contrastable, e interoperable para conocer el impacto ambiental asociado en cada una de esas fases y en todo el ciclo de vida, facilitar la reutilización, reaprovechamiento, así como informar de las necesidades de una correcta gestión de este al final de su vida útil. Así la Comisión Europea pretende regular de forma armónica el Pasaporte Digital de Producto estructurarán en forma digital todos los datos necesarios sobre la composición de cada producto, vida útil estimada de los mismos, la existencia de piezas de repuesto, los servicios de reparación, disponibilidad de actualizaciones de SW, de lotes, etc. Así se garantiza que los usuarios de la cadena de suministro pueden reutilizar el producto o componente y gestionarlo correctamente en las instalaciones de gestión de residuos, una vez acabada la vida útil.

Ámbitos de desarrollo:

- ✓ Desarrollo de biomateriales estables con especificaciones técnicas próximas a los materiales tradicionales para su utilización en los vehículos (Biopolímeros, bioaditivos, Biocomposites con alto contenido en fibra de carbono y grafeno para elementos estructurales y de interior, ...).
- ✓ Materiales sostenibles 100% naturales para estructuras, superficies y revestimientos.
- ✓ Materiales reciclados, reciclables y bio-basados *fit-for-purpose* con propiedades mejoradas, sostenibles, inteligentes y/o multifuncionales.
- ✓ Sustitución y/o reducción del contenido en materias primas críticas vírgenes
- ✓ Empleo de aluminios de mayor resistencia (por ejemplo, para componentes del chasis).
- ✓ Nuevas variedades de aceros y aluminio sostenibles con alto límite elástico y mejorados en su confortabilidad
- ✓ Materiales ligeros avanzados: uso de soluciones multimaterial sostenibles basadas en compuestos reforzados con fibras e integrados con metales.

- ✓ Uniones Reversibles sostenibles.
- ✓ Desarrollos modulares, piezas multiaplicación, piezas multimarca dentro de un grupo, ...
- ✓ Productos con arquitectura monomaterial.
- ✓ Ecodiseño de procesos: adaptación a productos monomaterial, generación de gemelos digitales del proceso de transformación de material para la fabricación de productos que permita garantizar la calidad de los mismos al mismo tiempo que se optimiza el proceso desde un punto de vista energético y de reducción o reutilización de materiales, lectura de trazabilidad en cada estación del proceso, control 100% características críticas, flexibilización de los procesos, cambio rápido de referencia, rentabilidad en series cortas, control de calidad basado en Inteligencia Artificial para reducción de residuos y rechazos: visión artificial.
- ✓ Aplicación del diseño computacional de materiales como herramienta para contribuir a la sostenibilidad, descarbonización y economía circular. Análisis virtual del comportamiento de materiales para disminuir el impacto ambiental de sus procesos de fabricación o transformación.
- ✓ Fabricación de componentes standard en versión sostenible y según Ecodesign Process.
- ✓ Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.
- ✓ Baterías reciclables y/o remanufacturables.
- ✓ Herramientas para la simulación y modelado de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño, hasta la fabricación y las estrategias de fin de vida.
- ✓ Despliegue de metodologías de reingeniería del ciclo de vida para reducir el impacto ambiental.
- ✓ Implantación del eco etiquetado o pasaporte digital de producto obligatorio en automoción (señalando grados de circularidad)

Tecnologías facilitadoras:

- ✓ Nuevos materiales descarbonizados y de larga duración
- ✓ Nuevos materiales biodegradables
- ✓ Materiales biobasados estables
- ✓ Materiales sostenibles (con alto contenido de material reciclado y fácilmente reciclables)
- ✓ Sustitución o reducción de la cantidad de materias primas vírgenes, especialmente materias primas críticas
- ✓ Diseño de máquinas y activos más ecoeficientes
- ✓ Fabricación aditiva
- ✓ Generación renovable / hidrógeno verde
- ✓ Electrónica embebida (plastrónica)
- ✓ Automatización de desmantelamiento y remanufactura
- ✓ Robótica
- ✓ Computer vision
- ✓ Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- ✓ Ciberseguridad
- ✓ Blockchain
- ✓ Espacios de datos
- ✓ Gemelo digital
- ✓ Sensórica / IoT

- ✓ Edge Computing
- ✓ Redes de comunicaciones
- ✓ Inteligencia Artificial
- ✓ Metodologías armonizadas para medida huella (LCA, LCC, y LCS)
- ✓ Tecnologías de optimización estructural.
- ✓ Productos seguros y sostenibles desde el diseño (SSbD).
- ✓ Modelos y herramientas de simulación vida en servicio.
- ✓ Modelos y herramientas de simulación de nuevos materiales.

3.2. Alargamiento de vida útil y retención de valor del producto

El alargamiento de vida útil y la retención de valor del producto son estrategias clave que pretenden extender la vida útil de los productos, manteniendo el valor económico a lo largo del tiempo. Resulta necesaria la fabricación de productos duraderos, con componentes modulares y reemplazables, que faciliten su mantenimiento, reparación o reacondicionamiento. Asimismo, es importante la reutilización de componentes en 2ª vida con garantías o a través de mercados secundarios para componentes usados.

Además, frente al reciclaje convencional, donde los materiales se descomponen para ser utilizados en la fabricación de nuevos productos, es prioritario potenciar la remanufactura de componentes, enfocada hacia el aprovechamiento de los componentes para reducir la necesidad de producir nuevos componentes desde cero.

Ámbitos de desarrollo:

- ✓ Desarrollo de nuevos materiales más eficientes y duraderos (aluminios de mayor resistencia, nuevos aceros y aluminios con mayor elasticidad, composites y plásticos reforzados con fibra de carbono, nuevas aplicaciones de magnesio...). Con estos materiales se pretende aumentar la resistencia de los vehículos y el rendimiento en el consumo de materias primas y en la eficiencia de GEI
- ✓ Reintroducción de componentes recuperados o refabricados procedentes de otros modelos en la línea de montaje.
- ✓ Reutilización de materiales del propio vehículo para piezas con prestaciones inferiores (parachoque, salpicadero, etc)
- ✓ Despliegue de metodologías de reingeniería del ciclo de vida para reducir el impacto ambiental.
- ✓ Arquitecturas de fácil desensamblaje que facilitan la extensión de vida y operaciones de reparación.
- ✓ Productos tecnológicos con diseño de vida extendida, SW actualizable.
- ✓ Adhesión a Programas de Circularidad y de Refabricación de OEMS.
- ✓ Implantación del eco etiquetado o pasaporte digital de producto obligatorio en automoción (informando de los grados de circularidad)
- ✓ Ingeniería concurrente de producto y fabricación orientada a la remanufactura, el reciclaje y la reutilización (Diseño para la circularidad), con una especial importancia en flotas de “car-sharing”.
- ✓ Metodologías numérico-experimentales y herramientas ingenieriles para extensión de vida útil (predicción del comportamiento *long-term* fatiga, envejecimiento, desgaste).
- ✓ Monitorización del comportamiento en servicio (Structural Health Monitoring – SHM / Condition or Predictive based maintenance – CBM): prognosis para predicción de vida útil.

- ✓ Desarrollo de sistemas escalables de inspección utilizando materiales con capacidad sensorial y sensórica embebida para evaluar las características del producto durante y después de su uso.
- ✓ Procesos innovadores de desfabricación, desmontaje y remanufactura (desensamblaje, limpieza, evaluación, clasificación, trazabilidad, sensorización), tanto de componentes (baterías, etc.) como de vehículos completos.
- ✓ Procesos de reparación y reutilización (fabricación aditiva, unión, conformado, funcionalización superficial, ...) que aseguren escalabilidad, asequibilidad y fiabilidad.
- ✓ Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.
- ✓ Estandarización de componentes para favorecer su segunda vida y reutilización en distintos modelos de vehículo, incluyendo la estandarización del software (ej. tarjetas para compartir ajustes entre vehículos).
- ✓ Retrofit de vehículos de combustión a eléctricos.
- ✓ Retrofitting de componentes
- ✓ Colaboración entre agentes para asegurar la calidad y volumen de componentes y piezas para reuso/remanufactura.

Tecnologías facilitadoras:

- ✓ Diseño de máquinas y activos más ecoeficientes
- ✓ Generación renovable / hidrógeno verde
- ✓ Automatización desmantelamiento y remanufactura
- ✓ Robótica
- ✓ Computer vision
- ✓ Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- ✓ Ciberseguridad
- ✓ Blockchain
- ✓ Espacios de datos
- ✓ Gemelo digital
- ✓ Sensórica / IoT
- ✓ Edge Computing
- ✓ Redes de comunicaciones
- ✓ Inteligencia Artificial
- ✓ Metodologías armonizadas para medida huella (LCA, LCC, y LCS)
- ✓ Structural Health Monitoring – SHM
- ✓ Condition or Predictive based maintenance – CBM
- ✓ Tecnologías de optimización estructural.
- ✓ Productos seguros y sostenibles desde el diseño (SSbD).
- ✓ Modelos y herramientas de simulación vida en servicio.
- ✓ Modelos y herramientas de simulación de nuevos materiales.

3.3. Reciclado y valorización de recursos

El reciclado de productos persigue la recuperación de los materiales de los componentes, al llegar a su fin de la vida útil, para mantenerlos en el ciclo circular. La extracción y recuperación eficiente de los materiales es una prioridad para maximizar la valorización económica de los materiales reciclados. Para ello es crucial el desarrollo de tecnologías para la separación y recuperación eficiente de materiales, la automatización de procesos de reciclaje o la mejora de la precisión del reciclaje.

Asimismo, es necesario promover la valorización de recursos no reciclables, mediante procesos o técnicas que den valor a los materiales que no son fácilmente reciclables o que no se pueden reciclar de manera tradicional (materiales de desecho, productos no biodegradables o componentes con propiedades especiales).

España cuenta con un subsector consolidado de recuperación y reciclado de materiales del vehículo, aunque los índices de reciclado aún son bajos (86% en peso sin valorización energética) comparados con otros países de la UE (>90% en peso):

En España, los vehículos fuera de uso se reutilizan a través de la red CAT (Centros Autorizados de Tratamiento) que cumple con unos objetivos de reciclaje específicos. En dichos centros se realiza el desguace y recuperación de componentes, la retirada de elementos tóxicos y se gestiona el suministro de chatarra. Posteriormente, los componentes pasan a plantas fragmentadoras que facilitan la recuperación de algunos metales.

La mayoría de los componentes del vehículo son reutilizables y reciclables. Sin embargo, actualmente, la barrera al aumento en las tasas de reciclado la constituyen los plásticos, vidrios y composites. A pesar de que éstos no superan el 10% del peso del vehículo, sí suponen una fracción de mucho volumen (superior al 50% del volumen de vehículos nuevos) debido a las tendencias en aligeramiento de vehículo.

El reciclado de estos materiales requiere de una importante reconversión del ecosistema de CATs y de financiación que apoye la adaptación de sus plantas a los requisitos de estos materiales, que en su mayoría acaban en vertedero.

En el caso del vehículo de motor eléctrico, la penetración de nuevos componentes y materiales plantea nuevos retos de recuperación y reciclaje (ej. tratamiento de tierras raras como neodimio, disprosio o praseodimio; composites; otras materias primas críticas como grafito, manganeso, cobalto o níquel; y segundas vidas para baterías).

Ámbitos de desarrollo:

- ✓ Nuevos materiales descarbonizados y de larga duración
- ✓ Materiales procedentes de subproductos y residuos orgánicos.
- ✓ Arquitecturas que faciliten la recuperación y reciclado a fin de vida.
- ✓ Tratamiento y valorización de residuos post-industriales.
- ✓ Tecnologías específicas para procesado de materiales con alto contenido de origen reciclado.
- ✓ Tecnologías para la incorporación de materiales procedentes de corrientes secundarias en componentes estructurales (aceros con mayor tasa de material reciclado de calidad)
- ✓ Sistemas y procesos de reciclado de baterías (se ha estimado que el reciclaje de baterías de vehículos eléctricos al final de su vida útil podría proporcionar el 60 % del cobalto, el 53 % del litio, el 57 % del manganeso y el 53 % del níquel necesarios a nivel mundial en 2040). o para un aprovechamiento de los distintos componentes y materiales.
- ✓ Homogeneidad de criterios de requerimientos de calidad de materiales reciclado
- ✓ Desarrollo pasaporte digital para la trazabilidad de productos y procesos a través de los datos.
- ✓ Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.

- ✓ Análisis experimental y técnicas computacionales (simulación multifísica / multiescala / multifase / ROM's) para el diseño, optimización, escalado y operación de equipos y procesos de reciclado y valorización de residuos.

Tecnologías facilitadoras:

- ✓ Nuevos materiales biodegradables
- ✓ Materiales biobasados estables
- ✓ Materiales sostenibles (con alto contenido de material reciclado y fácilmente reciclables)
- ✓ Sustitución o reducción de la cantidad de materias primas vírgenes, especialmente materias primas críticas
- ✓ Generación renovable / hidrógeno verde
- ✓ Robótica
- ✓ Computer vision
- ✓ Tecnologías de Captura, almacenamiento y Uso de Carbono (CCUS)
- ✓ Desarrollo de estándares de procesos de reciclado de baterías
- ✓ Piro/ Hidro-/ionometalurgia para recuperación de metales y de Materias Primas Críticas (MPC)
- ✓ Reciclado mecánico y químico con solventes sostenibles para plásticos y composites
- ✓ Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- ✓ Ciberseguridad
- ✓ Blockchain
- ✓ Espacios de datos
- ✓ Gemelo digital
- ✓ Sensórica / IoT
- ✓ Edge Computing
- ✓ Redes de comunicaciones
- ✓ Inteligencia Artificial
- ✓ Metodologías armonizadas para medida huella (LCA, LCC, y LCS)
- ✓ Simulación multifísica / multiescala / multifase / ROM's

3.4. Simbiosis industrial

La simbiosis industrial y energética puede generar importantes beneficios económicos y medioambientales al sector, por medio de mejoras en la eficiencia o la obtención de sinergias en el uso de recursos y energía con otros sectores industriales del entorno. Es una estrategia en la que las empresas o industrias deben establecer relaciones colaborativas para aprovechar sinergias y optimizar el uso de recursos y energía.

En este enfoque, las empresas deben trabajar de manera integrada, intercambiando subproductos, energía, servicios o conocimientos para beneficiarse mutuamente y reducir su impacto ambiental. Por ejemplo, subproductos de una empresa, como materiales, calor residual, agua o energía no utilizados, pueden ser aprovechados por otra empresa como recursos para sus procesos productivos.

Ámbitos de desarrollo:

- ✓ Herramientas para la simulación y modelado de todo el ciclo de vida del producto desde el diseño, hasta la fabricación y las estrategias de fin de vida.

- ✓ Implantación del eco etiquetado o pasaporte digital de producto obligatorio en automoción (señalando grados de circularidad)
- ✓ Trazabilidad completa e inmutabilidad de los datos a través de blockchain.
- ✓ Interoperabilidad en la integración de los datos medioambientales en el ecosistema, integrando la información propia de los fabricantes de componentes con la de los fabricantes de vehículos, incluyendo el comportamiento de los componentes durante su vida en funcionamiento.
- ✓ Desarrollo de nuevos servicios y modelos de negocio medioambientales, basados en el aprendizaje federado entre componentes y vehículos de distintos fabricantes.
- ✓ Monitorización y simulación en tiempo real para optimización energética y evaluación de la capacidad de *demand side flexibility*.
- ✓ Optimización de redes de intercambio y almacenamiento de calor.
- ✓ Desarrollo de procesos de segunda vida de baterías de automoción (aplicaciones estacionarias, ...).
- ✓ Reciclaje de textiles y plásticos, poliuretanos, etc. para emplear en otros sectores con menores requisitos técnicos.
- ✓ Uso de materiales de aluminio y metales para las industrias cementera y siderúrgica.
- ✓ Uso de residuos de automoción para construcción.
- ✓ Uso de fibras recicladas de otros sectores (EERR o aeronáutica) en nuevos componentes de interior.
- ✓ Reciclado de neumáticos fuera de uso para sector construcción u otros.
- ✓ Uso de plásticos reciclados (packaging) para parachoques, guardabarros, salpicaderos
- ✓ Potenciación de las cadenas de suministro asegurando la eficiencia en las actividades de logística verde (eficiencia en operaciones, optimización de km en vacío) y de logística inversa (ej. mantenimiento y reparación de activos, recuperación, valorización y reciclaje de recursos).

Tecnologías facilitadoras:

- ✓ Nuevos materiales descarbonizados y de larga duración
- ✓ Nuevos materiales biodegradables
- ✓ Materiales biobasados estables
- ✓ Materiales sostenibles (con alto contenido de material reciclado y fácilmente reciclables)
- ✓ Sustitución o reducción de la cantidad de materias primas vírgenes, especialmente materias primas críticas
- ✓ Generación renovable / hidrógeno verde
- ✓ Automatización del desmantelamiento y remanufactura
- ✓ Robótica
- ✓ Computer vision
- ✓ Tecnologías de Captura, almacenamiento y Uso de Carbono ((CCUS)
- ✓ Piro/ Hidro-/ionometalurgia para recuperación de metales y de MPC
- ✓ Reciclado mecánico y químico con solventes sostenibles para plásticos y composites
- ✓ Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración
- ✓ Ciberseguridad
- ✓ Blockchain

- ✓ Espacios de datos
- ✓ Gemelo digital
- ✓ Sensórica / IoT
- ✓ Edge Computing
- ✓ Redes de comunicaciones
- ✓ Inteligencia Artificial
- ✓ Metodologías armonizadas para medida huella (LCA, LCC, y LCS)

Matriz – resumen de tecnologías habilitadoras

Tecnologías \ Prioridades		1. Ecodiseño de nuevos productos y procesos	2. Alargamiento de la vida útil y retención del valor del producto	3. Reciclado y valorización de recursos	4. Simbiosis industrial
Familias	Tecnologías				
Nuevos materiales	Nuevos materiales descarbonizados y de larga duración				
	Nuevos materiales biodegradables				
	Materiales biobasados estables				
	Materiales sostenibles (con alto contenido de material reciclado y fácilmente reciclables)				
	Sustitución o reducción de materiales críticos				
Recursos Energéticos descarbonizados o low-carbon	Generación renovable / hidrógeno verde/ e-fuels				
Reciclado y/o valorización	Piro/ Hidro-/ionometalurgia para recuperación de metales (acero, aluminio, ...) y MPC (baterías, otros componentes...)				
	Reciclado mecánico y químico con solventes sostenibles para plásticos y composites				
	Tecnologías de Captura, almacenamiento y Uso de Carbono (CCUS)				
	Desarrollo de estándares de procesos de reciclado de baterías				
Medición sostenibilidad	Metodologías armonizadas para medida huella (LCA , LCC, y LCS)				
Ingeniería de fabricación de equipos, activos y productos	Diseño de máquinas y activos más ecoeficientes				
	Electrónica embebida (plastrónica)				
	Tecnologías de optimización estructural				
	Productos, seguros y sostenibles desde el diseño (SSbD)				
Información y Comunicación	Sistemas de gestión de la información y plataformas de colaboración				

Tecnologías \ Prioridades		1. Ecodiseño de nuevos productos y procesos	2. Alargamiento de la vida útil y retención del valor del producto	3. Reciclado y valorización de recursos	4. Simbiosis industrial
Familias	Tecnologías				
	Redes de comunicaciones				
Automatización de procesos de producción y remanufactura	Automatización de la fabricación, desmantelamiento y remanufactura				
	Robótica para producción, desmontaje y remanufactura				
	Fabricación aditiva				
Monitorización y simulación	Gemelo digital				
	Structural Health Monitoring – SHM				
	Condition or Predictive based maintenance – CBM				
	Simulación multifísica / multiescala / multifase / ROM's				
	Modelos y herramientas de simulación vida en servicio				
	Modelos y herramientas de simulación de nuevos materiales				
Gestión y procesado del dato	Espacios de datos				
	Edge Computing				
Seguridad y protección de la información para pasaportes de productos	Ciberseguridad				
	Blockchain				
Percepción y procesamiento de información del entorno físico	Computer vision				
	Sensórica / IoT				
Inteligencia Artificial	Inteligencia Artificial para ecodiseño modular y mantenimiento predictivo				

4. Impactos esperados

La Economía Circular no es sólo un imperativo medioambiental, sino de índole industrial. Actualmente, las prácticas relacionadas con la recuperación de recursos tienen mayor impacto y grado de adopción (sobre todo debido a metales férreos y no férreos, baterías y neumáticos). Asimismo, las prácticas relacionadas con la extensión de vida útil de vehículos han ido adquiriendo mayor relevancia.

Impacto en la competitividad y sostenibilidad

La incorporación de la sostenibilidad en la estrategia de negocio de las empresas del sector redundará un mejor posicionamiento y una diferencia competitiva sustancial de aquellas empresas que no apuesten por la sostenibilidad pues son criterios de gran importancia de elegibilidad por muchos inversores clientes y usuarios finales.

Según el Pacto Mundial de Naciones Unidas, 5 de cada 10 grandes empresas ya evalúan a sus proveedores bajo criterios de sostenibilidad medioambientales y más del 40% añaden cláusulas contractuales por motivos de sostenibilidad y otro 40% valora a sus potenciales proveedores según criterios de responsabilidad social y garantía de cumplimiento de derechos humanos.

De acuerdo con el World Economic Forum (WEF), los modelos circulares podrían mejorar la rentabilidad de toda la cadena de valor del sector de movilidad en torno a un 50%, aprovechando nuevas fuentes de valor que sobrepasan los modelos de negocio actuales. Además, WEF considera que el potencial de los nuevos modelos de negocio en torno a la Economía Circular es enorme, ya que pueden permitir generar unos ingresos entre 15 y 20 veces superiores al obtenido mediante la venta del vehículo (modelos as-a-service, leasing, car sharing, servicios de movilidad, así como a través de la reparación y el reciclaje).

Otra tendencia importante del impacto creciente de la sostenibilidad en los negocios es que son numerosas las PyMEs con sistemas garantistas de sostenibilidad las que están logrando acceder a mercados que antes estaban reservados sólo para las grandes empresas.

A continuación, algunos puntos a destacar con mayor impacto:

Oferta

- Nuevos modelos de negocio de producto basados en Economía Circular (ej. diseños modulares con materiales ecosostenibles, recuperados y reciclados, vehículo eléctrico, reconversión de VCI en VE).
- Reconversión del sector auxiliar hacia actividades relacionadas con materiales y componentes de Economía Circular (incluido Fabricación 4.0).
- Reforzamiento de las cadenas de suministro inversas y desarrollo de estrategias de reutilización, remanufactura, y valorización con un impacto directo en la huella de carbono y en la recuperación de materiales y activos
- Atracción de nuevos mercados gracias a la incorporación de nuevos procesos auxiliares ligados a la circularidad (desfabricación y remanufactura), que pueden permitir a las empresas ampliar o diversificar su actividad dirigiendo esos servicios a agentes con los que no trabajaban antes (o a incrementar facturación)
- Inversiones empresariales en torno a cadenas de suministro circulares – Centros de gestión circulares (centros autorizados de tratamiento-CAT, talleres fragmentadores y operadores logísticos) para cubrir toda la gama de componentes y materiales. Según indica el reciente estudio de KPMG, la inversión en economía

circular concretamente en remanufacturing de vehículos y componentes se verá impulsada por la mayor fortaleza del mercado de vehículos y componentes de 2ª mano (ratio 2,3 usado vs nuevo).

Demanda

- Eco etiquetado de vehículos y componentes.
- Normas obligatorias de incorporación de materiales recuperados en procesos productivos.
- Implantación de responsabilidad ampliada de productor (RAP) más ambiciosa para los cubrir 99% de volumen y no sólo 85% del peso del vehículo.
- Implantación de RAP en los envases industriales y comerciales por lo que debería también tenerse en cuenta en las operaciones de envasado y distribución del producto (plásticos, films, papel y cartón, pallets de madera, separadores metálicos,...) Incorporar los criterios de sostenibilidad en la logística y distribución del producto es fundamental.
- Necesidad de incentivos fiscales y deducciones a introducción de materiales recuperados, reciclados y/o más eficientes en GEI en nuevos modelos.
- IVA diferenciado por tipos de materiales (recuperados o vírgenes).
- Impulso del sistema de garantías de componentes y recambios, de trazabilidad digital (pasaporte europeo) y de documentación asociados.
- Campañas de sensibilización del mercado sobre vehículos de 2ª mano con materiales recuperados y sobre reparabilidad.
- Promoción de bancos de componentes y pasaportes de materiales. Tendencia a un stock único de materiales circulares.

Impacto en el potencial de innovación e investigación español

Los datos de inversión en I+D+i del sector de los fabricantes de componentes (6.776M€ invertidos en los últimos 5 años, lo que representa aproximadamente el 3,6% de su facturación en esta materia -el triple que la media industrial y mucho más que la empresarial del país (0,7%),) evidencian los esfuerzos que están realizando para adaptarse a los cambios tecnológicos que les permitirán afrontar con garantías la transformación ecológica. Se trata de un sector que tiene claro que una apuesta decidida en inversión en I +D les permite jugar un papel destacado en el cambio de modelo que implica la transición energética, la descarbonización, la sostenibilidad ambiental, los nuevos materiales y los acelerados procesos de desarrollo tecnológico que tiene este sector y la industria en su conjunto.

- Desarrollo de tecnologías de diseño y fabricación de nuevos materiales.
- Tecnologías de baterías de última generación.
- Desarrollo de tecnologías para la mejora de productividad en refabricación y recuperación de componentes (ej. 3D, robótica, IA o IOT).
- Impulso a tecnologías de reciclaje y valorización de componentes y materiales de mayor dificultad de reciclaje (ej. baterías, plásticos, composites o textiles) . Según estudios realizados por Accenture, se estima que la transición a la Economía Circular tendría un potencial de ahorro de costes de materiales de 630 billones de

dólares por año en 2025, en gran parte debido al reciclaje y valoración de componentes y materiales.

- En el caso concreto de las baterías, aproximadamente el 50% de la batería puede reciclarse. Se estima que, en 2031, unas 40.000 Toneladas de minerales para baterías podrían provenir del reciclado de baterías fuera de uso y se podrían reincorporar al ciclo de vida para fabricar 200.000 nuevas baterías eléctricas en Europa. Sin embargo, hoy por hoy, el reciclado de baterías a coste reducido es un gran reto que aún hay que solucionar desarrollando tecnologías competitivas y sostenibles para la recuperación de las materias primas críticas. La inversión en I+D+i en tecnologías de reciclado permitirá a la industria española reducir la dependencia de importaciones de materias primas clave y mejorar su competitividad en costes al tiempo que cumplirá con la legislación en cuanto a contenido exigido de material reciclado que establece la UE para 2031 (6% de litio y níquel, 16% de cobalto y 85% de plomo)
- Inversión e iniciativas empresariales para la implantación de tecnologías de nuevos materiales, valorización de componentes sensibles y vehículos eléctricos.
- Desarrollo de tecnologías estandarizadas, interoperables y escalables de trazabilidad de materiales (ej. blockchain).

Impacto en el Empleo

El mercado laboral se transforma constantemente y muchas de las profesiones más demandadas hoy en el tejido industrial hace una década apenas existían. La nueva revolución laboral está catalizada por la economía circular además de la transformación digital y,

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), a finales de 2019 la economía verde era responsable de más de medio millón de empleos en España, el 2,5% de la ocupación total y estiman que gracias a la economía circular se generarán 24 millones de empleos en 2030 en el conjunto de la economía. Uno de los sectores con más potencial para el impulso del empleo a través de la palanca de la sostenibilidad y la economía circular es el sector de automoción.

Si bien los efectos de la economía verde sobre el empleo serán positivos, supondrán, no obstante, un cambio en la distribución del empleo entre los diferentes eslabones y actividades de la cadena de valor. Por ejemplo, dada la menor demanda de materias primas vírgenes, la demanda de empleos en las industrias extractivas será menor y se requerirán menos puestos de trabajo en la fabricación del vehículo eléctrico. Sin embargo, se compensarán con la creación de nuevos puestos de trabajo en otras actividades.

En el caso del sector de automoción debido al cambio del sector productivo y los nuevos usos de movilidad compartida, algunos empleos estarán en juego en España, pero la economía circular supone una gran oportunidad para mantenerlos e incluso incrementar el número de puestos de trabajo adaptando los perfiles y funciones a las necesidades del nuevo modelo productivo que implica la transición ecológica.

Según diversos informes, los empleos dedicados a actividades de reciclaje, mantenimiento y reparación estarán entre los sectores de mayor crecimiento, y especialmente los empleos

locales recibirán un impulso importante, teniendo en cuenta que el principio de proximidad es inherente a la economía circular y la necesidad de asegurar un abastecimiento sostenible de materiales y componentes, se fomentará la creación de puestos de trabajo para acercar y controlar localmente las cadenas de suministro entre proveedores y consumidores. De manera análoga se evidencia el impacto de la economía circular en la creación de nuevos puestos de trabajo cualificados para las actividades de reparación, remanufactura y reciclado de componentes, así como en la gestión de residuo al final de vida útil (actualmente esta última actividad ocupa a más de 140.000 personas, según el Ministerio para la Transición Ecológica)

Por último, es evidente el impacto significativo en cuanto a la necesidad de nuevos perfiles cualificados que conllevará la creación de nuevos puestos de trabajo o la adaptación y reconversión de los actuales.

Como resumen, algunas de las nuevas oportunidades que si se saben aprovechar tendrán un impacto positivo en el sector:

- Reconversión del sector hacia las tecnologías del vehículo eléctrico.
- Oportunidad de reconversión de industria auxiliar hacia el reciclaje y valorización de componentes.
- Reconversión de proveedores hacia la remanufactura de vehículos y componentes (alargamiento de vida útil y retrofitting a vehículo eléctrico).
- Potenciación del sector de gestores de residuos, tratamentistas y recuperación de componentes.
- Generación de empleo por los nuevos requerimientos de fabricación de bienes de equipo, de materiales reciclados, reciclables y/o más ligeros y eficientes, así como por las actividades de I+D asociadas.



Move to Future

AGENDA DE PRIORIDADES ESTRATÉGICAS DE I+D+i DEL SECTOR AUTOMOCIÓN



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



AGENCIA
ESTATAL DE
INVESTIGACIÓN

www.move2future.es