



M2F

Move to Future

Área 5 – Estructuras más ligeras, seguras y sostenibles



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



AGENCIA
ESPAÑOLA DE
INVESTIGACIÓN

Contenido

1	Factores que afectan a las estructuras más ligeras, seguras y sostenibles.....	2
2	Visión y objetivos	6
3	Prioridades estratégicas y tecnologías facilitadoras.....	9
3.1	Adaptación a nuevos tipos de vehículos	10
3.2	Componentes con nuevas funciones	12
3.3	Ecodiseño	14
3.4	Materiales.....	17
3.5	Procesos de fabricación avanzada.....	20
3.6	Procesos de unión	25
3.7	Nuevas técnicas para simplificar desarrollo.....	28
3.8	Impacto de las tecnologías propuestas en los objetivos del sector	31
4	Impactos esperados	31

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.

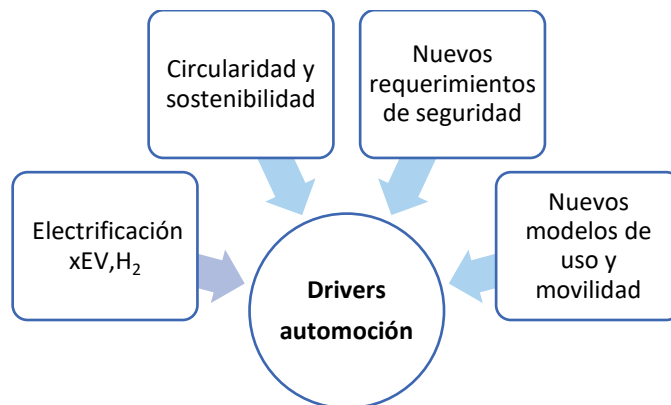


Figura 1. Principales drivers impulsores de la automoción

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 **sensórica impresa** 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 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.

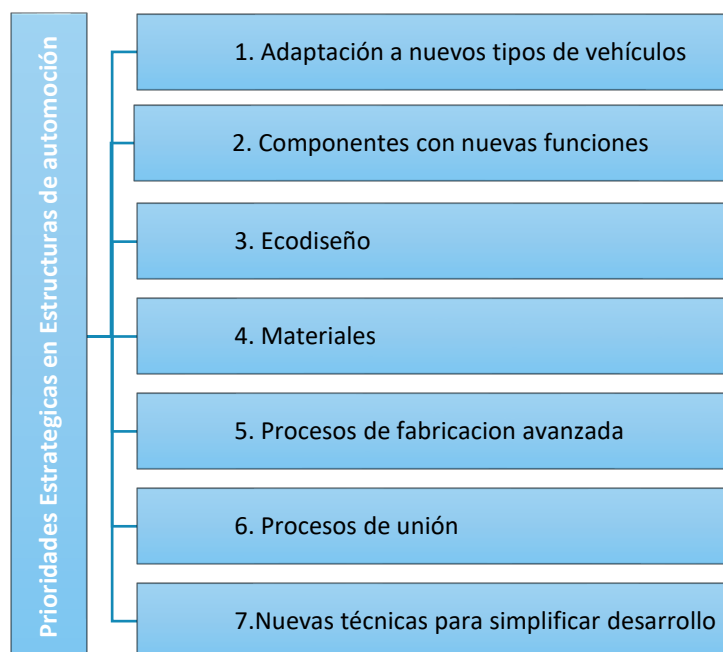


Figura 2. Prioridades Estratégicas en Estructuras de Automoción

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 su 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 sensórica 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 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., Farcal, 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.

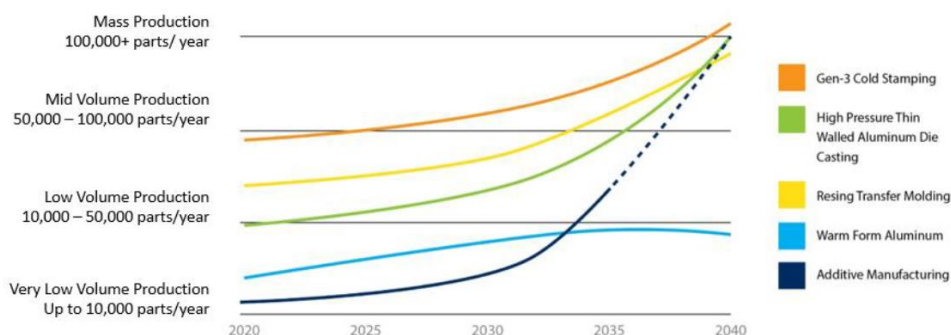
3.5 Procesos de fabricación avanzada

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 serias 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 (ResinTransfer 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 3^o 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 busca 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.

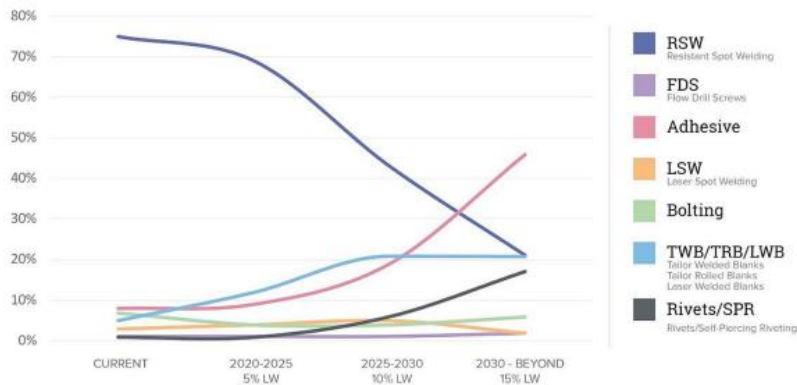


Figura 4. Evolución de las tecnologías de unión en automoción [1]

- **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 disimilares 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 superficial 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 español

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 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.
- [5] S. Modi and A. Vadhavkar, "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



Move to Future

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



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



www.move2future.es