



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda
Dirección General de Industria
y Competitividad



**Europa impulsa
nuestro crecimiento**

Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional



UNIÓN EUROPEA



ESTUDIO DE TENDENCIAS 4.0 EN UN CONTEXTO GLOBAL CON IMPACTO EN EL SECTOR DE AUTOMOCIÓN AEI/18/03

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA 4.0	página 5
1. La oportunidad de la Industria 4.0	página 6
2. La fusión de la industria física a la digital	página 7
3. La clave está en los datos	página 8
4. El poder del tiempo real	página 9
5. Tecnologías protagonistas	página 10
6. Por qué dar el salto a la Industria 4.0	página 11
7. Oportunidad para recuperar la producción	página 13
8. Retos de la nueva Revolución Industrial	página 14
9. La situación en España	página 15
II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN	página 16
1. La tecnología no es una opción para el automóvil	página 17
2. Nuevas necesidades, nuevas tendencias	página 18

3. Un sector en continua reinención	página 19
4. Automoción y Robótica, el tándem perfecto	página 20
5. Realidad Virtual y Aumentada	página 25
6. La Impresión 3D, la Fabricación Aditiva	página 32
7. Internet de las Cosas y 5G, la alianza segura	página 37
8. De la conectividad a la autonomía	página 43
9. La situación en España	página 45
III. LOS POTENCIALES HABILITADORES TECNOLÓGICOS PARA EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN	página 47
1. El camino de la digitalización	página 48
2. La incorruptibilidad del Blockchain	página 49
3. Computación Cuántica	página 54
4. Impresión 3D de metal	página 58
5. Diseño Generativo	página 60
IV. MODELOS DE COLABORACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0	página 62

1. Una vista clásica de los modelos de colaboración	página 63
2. La innovación abierta	página 64
3. Una vista evolutiva de los modelos de colaboración	página 65
4. Incubadora Aceleradora Corporativas	página 66
5. Los procesos de innovación utilizados dentro de los centros de innovación	página 67
6. Las metodologías y herramientas usadas por las startups que en los últimos años están incorporando el resto de empresas	página 68
7. Los nuevos desafíos de los modelos de colaboración y tecnologías exponenciales	página 71
8. La supervivencia empresarial y la Innovación digital	página 73
Referencias	página 75



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda
Dirección General de Industria
y Competitividad



**Europa impulsa
nuestro crecimiento**

Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional



UNIÓN EUROPEA

I. INTRODUCCIÓN A LA INDUSTRIA 4.0

1. LA OPORTUNIDAD DE LA INDUSTRIA 4.0

“La industria está abocada a una transformación digital que afectará a todas las empresas y todas tendrán la necesidad de adaptarse a esa transformación”. Esta frase forma parte del informe preliminar del Ministerio de Industria para impulsar la transformación digital en España¹.

El informe del Gobierno español está acompañado de un plan de acción que responde a la intención fijada por la Comisión de Europea de que la industria comunitaria aporte el 20% al PIB en el año 2020. Actualmente, la industria española representa el 13% del valor añadido del país y emplea al 11% de la población ocupada, según el documento público.

A nivel europeo el sector industrial es motor de crecimiento y de empleo. La industria comprende dos millones de empresas y da empleo a más de 34 millones, el 20% del empleo de la UE. Pese a ello, el peso relativo de la industria se ha reducido en los últimos años.

La economía europea ha perdido un tercio de su base industrial en los últimos 40 años, según un informe de septiembre de 2015 del Parlamento Europeo. En 2014, el valor añadido del sector manufacturero a la economía comunitaria era del 15,3% del total, lo que suponía un 1,2% menos que lo que representaba en 2008. La desindustrialización europea se ha producido en paralelo al aumento de la actividad manufacturera en otras partes del mundo, principalmente en China, y en general en aquellos países con menores costes laborales. Por eso, la Comisión Europea se marcó en el año 2012 el objetivo de elevar el peso de la industria manufacturera al mencionado 20% del PIB. Y lo quiere hacer a través de la Industria 4.0.

La Industria 4.0 es el nombre con el que se ha acuñado la cuarta revolución industrial. Si la primera (mitad del siglo XVIII) estuvo marcada por la máquina de vapor; la segunda (principios del siglo XX), por la producción en cadena y la energía eléctrica; la tercera (segunda mitad siglo XX), por la electrónica y las tecnologías de la información; esta cuarta transformación se caracteriza por la fusión de la industria física con el mundo digital.

¹ *La transformación digital de la industria española.* Ministerio de Industria, Energía y Turismo

2. LA FUSIÓN DE LA INDUSTRIA FÍSICA A DIGITAL

La Cuarta Revolución Industrial pone su foco en la digitalización de todos los elementos físicos y su integración en ecosistemas digitales. El impacto de la Industria 4.0 y sus beneficios varían según el país y el sector.

“La generalización de iniciativas públicas para estimular la digitalización empresarial demuestra que hay una oportunidad que pronto será un requisito imprescindible para el éxito de las empresas industriales”, dice el Ministerio de Industria español.

- **Alemania.** Espera que en el año 2020 su productividad crezca entre un 15% y un 25%, que sus ingresos aumenten un 1% del PIB adicional por la nueva producción y que se registre un aumento del empleo del 6%.
- **Japón.** Junto con Alemania, es el país que ha realizado una apuesta más clara por la digitalización interna de las operaciones y por el asociacionismo horizontal, con una fuerte inversión en tecnología y en formación de los trabajadores.
- **Francia.** En 2015, el Gobierno lanzó un plan para crear centros de demostración que se encarguen de lanzar nuevos productos y nuevos servicios con las pymes como protagonistas.
- **Estados Unidos.** En 2010, el Gobierno lanza su plan [Advanced Manufacturing](#) para ayudar a su industria en la digitalización.
- **Reino Unido.** En su estrategia de digitalización presta especial atención a la contratación pública.
- **Corea del Sur e Israel.** La digitalización se centra en reforzar sectores ya predominantes, la tecnología avanzada en Corea del Sur y la industria de la defensa en Israel.
- **Italia:** El proyecto [Fabbrica del Futuro \(2011-13\)](#) apoyó iniciativas de investigación en áreas como la personalización de productos, fábricas reconfigurables, alto rendimiento y sostenibilidad.
- **China.** Es uno de los países que puede ganar más de la automatización y la digitalización, ya que necesita encontrar una solución al creciente aumento de sus costes laborales. Las compañías chinas son muy flexibles y están muy abiertas al cambio digital.

3. LA CLAVE ESTÁ EN LOS DATOS

La Industria 4.0 lleva consigo la promesa de fábricas inteligentes que son altamente eficientes gracias a los datos. Y es que esa información, hasta ahora escondida, es el núcleo de la Cuarta Revolución Industrial. El Big Data y la analítica avanzada pueden incrementar entre un 20% y un 25% el volumen de la fabricación y disminuir más de un 45% los tiempos de producción, según McKinsey².

Para crear valor a partir de los datos es imprescindible:

- **Obtención:** Las ineficiencias sólo pueden ser eliminadas si son detectadas y documentadas, por eso los procesos productivos físicos necesitan ser obtenidos de forma automática. Esto implica cambiar de mediciones específicas para el control de calidad a una cobertura completa del proceso productivo, utilizando sensores en las líneas de fabricación y dispositivos de medida para captar datos de cada pieza de trabajo.
- **Transferencia:** Los datos recogidos en un punto específico de la cadena de producción pueden ser muy valiosos en otros. Para que la información esté disponible en un lugar concreto es crucial compartirla a lo largo de todo el proceso en tiempo real. Para crear una visión holística, las empresas necesitan integrar diferentes fuentes de datos, no sólo propios, también de proveedores y clientes.
- **Procesado y síntesis:** Convertir los datos en conocimiento requiere del uso de la analítica avanzada. Llegar a la conclusión correcta depende de encontrar una relación relevante entre los factores. Las oportunidades de optimización existen allá donde las interrelaciones no son obvias.
- **Resultados:** La automatización de la toma de decisiones a partir de los datos abre nuevas oportunidades para las empresas.

² Informe *Industry 4.0: How to navigate digitalization of the manufacturing sector* de McKinsey Digital

4. EL PODER DEL TIEMPO REAL

Los datos son el corazón de la Industria 4.0. Obtener información hasta ahora oculta abrirá nuevos horizontes a las empresas. Pero los datos, por muy infinitos que sean, se quedan obsoletos. Por eso, su verdadero potencial llegará con el tiempo real. Y la mejor manera de conseguir esas cifras en el momento en que se producen es con el 5G.

Esta nueva generación de conectividad tendrá tal impacto en la economía global que se estima que generará 3,5 billones de euros de beneficio, 22 millones de puestos de trabajo y atraerá una inversión de 180.000 millones de euros anuales, según el director general de Orange, Stéphane Richard.

Las redes 5G tienen el potencial de reducir significativamente la latencia, permitir las cargas y descargas ultrarrápidas, mejorar la eficiencia del espectro y la fiabilidad de la red e incrementar el número de dispositivos que pueden conectarse simultáneamente a la red, favoreciendo el llamado Internet de la Industria.

El tiempo de respuesta (latencia) será una de las claves. El 5G permitirá reaccionar en un milisegundo en contra de los 10 milisegundos de hoy. Así, la industria podrá alcanzar servicios en tiempo real. Además, esta tecnología de comunicación traerá cobertura extendida en cualquier lugar y robustez para que las aplicaciones puedan funcionar en cualquier condición. Sin embargo, habrá que esperar hasta 2020 para que el 5G llegue al cliente final. Mientras tanto, las operadoras, apuestan por aprovechar las capacidades inexploradas del 4G.

5. TECNOLOGÍAS PROTAGONISTAS

Todas las tecnologías de la Industria 4.0 tienen un nexo común: ofrecen nuevas posibilidades para desbloquear el potencial de los datos. McKinsey clasifica estas herramientas en cuatro bloques según su propósito principal.

5.1. Conectividad

Este grupo incluye el Big Data, el Internet de las Cosas y la nube. La reducción de los costes de los sensores y los actuadores permite un almacenamiento, transmisión y procesamiento de datos más asequible y potente.

La sensorización de las fábricas da lugar a los llamados ‘gemelos digitales’, una copia virtual de la planta que servirá de campo de pruebas. Por primera vez, las fábricas pueden poner a punto sus nuevas líneas de producción antes de instalarlas.

“El mundo real de la producción viene acompañado de su equivalente en ceros y unos”, dicen desde Siemens. Las nuevas plantas virtuales permiten simular y optimizar en detalle los procesos de las líneas de fabricación. Este modelado asegura no sólo la mejora del desarrollo de la manufactura, sino la eficiencia de cada una de las operaciones que tienen lugar en la fábrica. Las instalaciones ganan en productividad, ahorro energético y colaboración con los humanos.

5.2. Inteligencia

Los últimos avances en Inteligencia Artificial (IA), unidos al incremento de la disponibilidad de los datos, están dando lugar a nuevas formas de automatización industrial.

En la Industria 4.0, los componentes de la planta serán capaces de organizar entre sí su trabajo, sin intervención humana, para hacerse cargo de las tareas que reciben de las unidades de control superiores. Estos módulos mecatrónicos o sistemas ciberfísicos, con inteligencia propia, recogerán los datos, se comunicarán con la red y tomarán decisiones. Tendrán la inteligencia suficiente para decidir si continúan con el trabajo o si advierten del fallo.

Toda la información que obtendrán los sistemas se almacenará en la nube, rompiendo la clásica estructura jerárquica piramidal y saltando de un sistema centralizado a uno en red.

5.3. Interacción hombre-máquina

La familiaridad de los humanos con la tecnología ha avanzado mucho con el auge de los dispositivos móviles. Tras la popularización de las interfaces táctiles con el auge de las tabletas y los teléfonos inteligentes, llega el momento de la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada, que facilitan una interacción hombre-máquina más natural en el entorno industrial.

La Realidad Aumentada proveerá información a tiempo real para mejorar la toma de decisiones y los procedimientos de trabajo. Por ejemplo, los trabajadores podrán recibir instrucciones de reparación de cómo sustituir una determinada parte en un sistema que precisa de un ajuste. Esta información podrá ser entregada directamente a través de gafas de realidad aumentada.

5.4. Conversión de lo digital a lo físico

a) La fabricación aditiva

La impresión 3D desempeñará un papel protagonista en las fábricas del futuro. Hasta ahora, si se quería fabricar un producto más complicado, inevitablemente las empresas tenían que invertir más en maquinaria. Pero, para la impresión 3D, añadir más características no significa añadir costes.

Un fenómeno similar se repite con la variedad. “Imprimir 100 piezas distintas cuesta lo mismo que imprimir 100 piezas iguales”, indica Lipson. La fabricación aditiva permite crear diferentes artículos con una misma máquina. Y sin tener que pasar por un proceso de ensamblaje posterior, una de las fases industriales que más coste genera a la cadena industrial. Además, al eliminar el montaje y los posibles puntos de ruptura, se mejora el rendimiento del producto.

b) Los robots colaborativos

Robots colaborativos o *cobots*, una nueva familia de autómatas que se definen por su completa interacción con los seres humanos dentro de las cadenas productivas. La digitalización está dando paso a una nueva era, donde máquinas y humanos colaboran en sus actividades diarias. El contacto con el autómata ya no es un problema, de hecho, al incrementar la eficiencia de su trabajo, hasta llega a ser deseable por los propios operarios. Y es que los nuevos robots, que están ganando en seguridad, se entenderán como herramientas para aumentar las capacidades del ser humano, no como competidores.

6. POR QUÉ DAR EL SALTO A LA INDUSTRIA 4.0

- **Coste:** Esta revolución industrial necesita un reemplazo de equipamiento menor. Mientras que la tercera obligó a cambiar un 90% de los medios productivos, para abrazar la Industria 4.0 las empresas tendrán que sustituir entre un 40% y un 50% de los equipos de fabricación actuales³. El principal requerimiento será actualizar el equipamiento actual con sensores y conectividad.

³ Informe *Industry 4.0: How to navigate digitalization of the manufacturing sector* de McKinsey Digital

- **Calidad.** La mayor capacidad de reacción permite a la industria controlar y corregir de forma constante la calidad de sus productos evitando que los fallos se reproduzcan en grandes tiradas.
- **Reducir tiempos:** En un modelo de Industria 4.0 las cadenas de suministro estarán integradas y los canales de distribución y de atención al cliente son digitales. Todo ello permite responder con más precisión y rapidez a las necesidades de los consumidores.
- **Nuevos servicios y productos:** La variedad será una de las grandes características de la industria que llega. Y la gestión de la complejidad será, en este contexto, un factor competitivo.
- **Flexibilidad:** Cada vez más, las fábricas estarán diseñadas como un Lego, donde las piezas se podrán intercambiar según el producto a fabricar. El diseño de la fábrica se tendrá que hacer a partir del producto y no al contrario.
- **Seguridad:** La digitalización reduce los “accidentes” en la fábrica.
- **Productividad:** La Industria 4.0 ayudará a las compañías a desarrollar procesos de fabricación más eficientes al mismo tiempo que incrementará la producción. Contar con datos que hasta ahora estaban escondidos aumenta el nivel de transparencia de toda la cadena y permite aprovechar mejor las máquinas y los sistemas de la planta.
- **Personalización:** La disponibilidad de datos en tiempo real permite a las empresas ofrecer productos y soluciones personalizadas y customizadas, que normalmente generan márgenes más elevados que las de la fabricación en masa.

7. OPORTUNIDAD PARA RECUPERAR LA PRODUCCIÓN

Tras la deslocalización de la industria desde Occidente a Oriente, la Industria 4.0 impone un nuevo concepto, el *next-shoring*, basado en la proximidad con la demanda.

Este modelo aborda el futuro de la fabricación desde la necesidad creciente de adaptar los productos a las regiones, utilizando nuevas tecnologías que puedan mejorar los costes y procesos, a la vez que se prioriza el desarrollo de nuevos ecosistemas de distribuidores. No se trata de trasladar la producción de un sitio a otro, sino de adaptarse y prepararse para la naturaleza cambiante de la manufacturación en cada lugar.

Localizar las fábricas cerca de la demanda facilita el proceso de identificar y conocer las necesidades locales, de la misma forma que permite reaccionar a tiempo ante los cambios de la demanda. Por eso, la innovación global se está dirigiendo hacia los mercados locales, adaptándose a las necesidades concretas de cada uno.

Uno de los factores que facilitará el fenómeno del *next-shoring* será la robótica, porque la automatización permitirá que los costes laborales dejen de ser una traba para fabricar en un país concreto. Los robots acabarán sustituyendo (y abaratando) muchas tareas que ahora realizan humanos dentro de las fábricas. En los países en desarrollo, la robótica acelerará los niveles de automatización y recortará las diferencias con los países desarrollados en cuestiones de cualificación del empleo.

La compañía MGI pronostica que entre el 15% y el 25% de las tareas de los trabajadores industriales en países desarrollados y entre el 5% y el 15% en países en desarrollo podrían estar automatizados en 2025.

Esta evolución de la manufacturación se sustentará, asimismo, en la impresión 3D. “Ahora el diseño de los productos se hará en cualquier parte del mundo porque el producto como tal se moverá en un formato digital hacia cualquier lugar, tan sólo habrá que imprimirlo con un sistema de impresión 3D”, dice el director de los laboratorios de investigación de HP, Shane Wall.

El hecho de que los productos se obtengan de una misma máquina con un coste fijo supone que los bienes del futuro se imprimirán en un lugar próximo al de la venta para garantizar así que lleguen en el menor tiempo posible y ahorrar en transporte.

8. RETOS DE LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

8. 1. Estandarización

La Industria 4.0 permitirá el *networking* entre empresas y la integración a través de redes de valor. Pero, para ello, es imprescindible el desarrollo de los estándares apropiados. Los esfuerzos en la estandarización necesitarán centrarse en los mecanismos de cooperación y la información que se va a intercambiar⁴. Este modelo general para todas las compañías se conoce como ‘arquitectura de referencia’ y ofrece un marco de trabajo para estructurar, desarrollar, integrar y operar los sistemas tecnológicos.

8. 2. Formación

La Industria 4.0 demandará nuevas habilidades de los empleados de las plantas. Los operarios necesitarán dominar un entorno más complejo y abstracto, que les ofrecerá oportunidades de trabajo distintas. Sin embargo, este escenario plantea una serie de desafíos desde el punto de vista de la formación laboral.

Parece probable que las tareas más simples acaben automatizándose y los empleos menos cualificados corren el riesgo de desaparecer. Sin embargo, la Industria 4.0 seguirá necesitando a personas, aunque sus habilidades tendrán que adaptarse. La Cuarta Revolución Industrial demandará empleados capaces de tomar decisiones y de supervisar los nuevos procesos productivos.

8. 3. Ciberseguridad

La amenaza de recibir un ataque cibernético aumenta con el crecimiento del mundo hiperconectado. La maquinaria conectada se convierte en un polo de interés para los ciberdelincuentes. Es por ello que las compañías necesitan protegerse frente a este tipo de riesgos. Según McKinsey, hay cuatro prácticas que son ineludibles para salvaguardar las fábricas 4.0⁵: priorizar la protección alrededor de los activos clave, integrar la ciberseguridad en los procesos centrales, involucrar a la cúpula y a los empleados y proteger la tecnología.

⁴ *Recomendaciones para la implementación de la iniciativa estratégica Industria 4.0* de Platform Industrie 4.0

⁵ *Industry 4.0: How to navigate digitalization of the manufacturing sector* de McKinsey Digital

9. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

España es un país tradicionalmente industrial y el sector no pasa por su mejor momento. Si en 1970 representaba el 34% del PIB, hoy ha caído hasta el 13%. Aun así, la industria genera el 50% del empleo cualificado, aporta el 45% de la inversión en I+D+i y exporta más del 53% de su actividad.

España aún tiene por delante un largo camino hacia la digitalización. El *Índice de Evolución Digital 2017* del Foro Económico Mundial coloca a nuestro país en una discreta posición 25. Es decir, hay 24 naciones que están mejor preparadas para esta transformación.

La principal barrera a la que se enfrenta esta revolución en España es la resistencia al cambio (en el ámbito interno de la empresa), según una encuesta de Roland Berger⁶. “La resistencia al cambio aparece de manera natural en toda conversación sobre transformación digital”, dice el informe. Bajo distintas perspectivas subyace el cambio cultural. Es por ello que este salto hacia la Industria 4.0 no puede realizarse sin la refundación cultural y organizativa de los empleados.

Rosa García, presidenta de Siemens en España, señala que “Las empresas españolas dominan temas básicos, como ofimática e Internet, pero no están aprovechando las ventajas de la digitalización en su *core business*: las nuevas tecnologías apenas han llegado a las fábricas o al transporte. Tenemos mucho que hacer y muy rápidamente”. Sin embargo, para ello hay que romper con los cuatro grandes demonios del cambio: el coste, la falta de conocimiento, el tamaño de las empresas (incapaces de beneficiarse de la economía de escala) y el medio a dar el salto. En esta última línea, García compara el temor al cambio de las organizaciones españolas con “un ciervo cuando se paraliza al ver las luces de un coche en la carretera”.

A falta de una estrategia nacional de Industria 4.0 como la de otros países (ver pág.2), la empresa privada ha cargado con el peso de implementar esta revolución.

El principal reto de la Cuarta Revolución Industrial en España está íntimamente relacionado con el talento. En concreto, con su atracción y retención. Se necesitarán ingenieros, diseñadores o especialistas que gestionen las nuevas tecnologías industriales.

⁶ España 4.0. El reto de la transformación digital de la economía de Roland Berger



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda
Dirección General de Industria
y Competitividad



**Europa impulsa
nuestro crecimiento**

Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional



UNIÓN EUROPEA

II. LAS TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0 EN EL SECTOR DE A AUTOMOCIÓN

1. LA TECNOLOGÍA NO ES UNA OPCIÓN PARA EL AUTOMÓVIL

“En los próximos 10 años, la industria del automóvil va a cambiar más que en los últimos 100”. Así resume el futuro más próximo Mario Armero, vicepresidente ejecutivo de la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (Anfac). La Cuarta Revolución Industrial está provocando ya cambios constantes, determinantes, en un sector industrial siempre a la vanguardia. Conocer y comprender las tecnologías disruptivas y la nueva demanda de movilidad no es sólo una ventaja, es esencial. “La tecnología no es una opción, sino una obligación”, asegura Dionisio Campos, director de Operaciones de Ford. “Si no la integramos, nos va a desplazar”, advierte.

La inversión anual en I+D del sector del automóvil en la Unión Europea ha aumentado un 7,4% en el último año hasta llegar a un máximo histórico de 53,8 miles de millones de euros, según datos de la patronal ACEA. Según la consultora McKinsey, desde 2010 los fabricantes de automóviles, proveedores, compañías tecnológicas y firmas de capital de riesgo han invertido 111.000 millones de dólares en nuevas tecnologías de movilidad.

La tecnología facilita la gestión de los procesos, da seguimiento a las compras, a la logística y a la gestión de los pedidos, y está presente hasta en la propia relación con los clientes. Las empresas automovilísticas deben ser conscientes de la importancia de contar con sistemas y herramientas capaces de tratar y analizar la información con **un triple objetivo**: decidir mejor, aumentar el conocimiento sobre su propia actividad y encontrar vías de mejora constantes para garantizar su competitividad como compañía.

Los desafíos para el fabricante de vehículos son múltiples: van desde controles más estrictos sobre emisiones y una legislación ambiental que persigue nuevas regulaciones sobre la eficiencia de los combustibles, a la búsqueda de soluciones creativas en el nuevo concepto de movilidad.

Los coches se han convertido en ‘**computadoras sobre ruedas**’, que emplean iones de litio de las baterías y pilas de combustible para el almacenamiento de energía y nuevos materiales ligeros tales como fibras de carbono y plásticos en vez de acero. El nuevo foco en software y servicios significa que las empresas deban adaptar sus modelos de negocio y su propia organización

2. NUEVAS NECESIDADES, NUEVAS TENDENCIAS

Nuevos servicios basados en datos, materiales más resistentes, pero a la vez más ligeros y la rápida infraestructura construida en torno a los coches eléctricos (EV) serán las tendencias que impactarán en la industria automovilística en los próximos años.

Según el informe *Tendencias actuales del sector de la automoción*, de la consultora Roland Berger, cuatro son las grandes transformaciones que va a experimentar esta industria:

- **Movilidad:** Compartir coche, compartir viaje, incluso compartir estacionamiento son sólo algunos ejemplos de cómo el campo de la movilidad es un segmento económico en expansión. Se estima que en 2025 moverá 30 billones de euros.
- **Conducción autónoma:** Hasta hace no mucho era sólo un sueño. Hizo su aparición en 2005 de la mano de Google. Ahora, además del reto de la tecnología, el vehículo autónomo debe superar los problemas derivados de su regulación por parte de los gobiernos locales.
- **Digitalización:** Máquinas inteligentes, servicios digitales, dispositivos conectados, herramientas e infraestructura. Grandes cantidades de datos que comparten empresas y clientes que obligan a plantear nuevos modelos de negocio y una regulación que proteja la intimidad de los usuarios.
- **Electrificación:** El uso del vehículo eléctrico que sustituye a los motores de combustión, impulsado por los cambios reglamentarios y tecnológicos - vinculados a la protección del medio ambiente- y por la creciente demanda del consumidor.

Autónomo, conectado y ecológico: así será el coche del futuro según la consultora KPMG⁷. El horizonte de posibilidades que ofrece la conectividad entre un vehículo y su entorno mediante la transferencia de datos está suponiendo una transformación en la industria automovilística que ve en el coche conectado un producto cuya implantación en el mercado será prácticamente de un 100% en los próximos 10 años. Se estima que para 2025 más de 81 millones de vehículos estarán conectados, un mercado que superará los 152.000 millones de dólares en 2020.

⁷ Informe *Global Automotive Executive Survey*

3. UN SECTOR EN CONTÍNUA REINVENCIÓN

La Red de Institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana (REDIT) en su libro “Empresas que cambian el mundo” aventura cómo será la movilidad del futuro. Los expertos de REDIT consideran que será sostenible y multimodal, diversa, no propietaria y con infraestructuras cada vez más valorizadas y más utilizadas.

Entre los retos que señalan estos agentes de innovación destacan la distribución urbana de mercancías con vehículo eléctrico; la descarbonización del transporte – mirando a nuevos combustibles menos contaminantes y otros materiales como pinturas más respetuosas; así como a nuevos materiales para lograr vehículos más ligeros–; o el vehículo conectado. “Este vehículo informará al conductor o derivará los datos a un cerebro autónomo para que tome ciertas decisiones”, indica en este estudio José Solaz, director de Innovación en Automoción y Medios de Transporte del Instituto de Biomecánica de Valencia IBV.

Durante muchos años los fabricantes se han enfrentado al dilema de elegir entre ligereza o seguridad. Pero, ¿Por qué no elegir ambos?

Ya estamos viendo la llegada de una nueva generación de materiales que permitirán fabricar vehículos más ligeros y seguros, que cumplen con las demandas regulatorias más exigentes. Materiales como el aluminio y el acero de alta resistencia se convertirán en estándar, y en menor medida el CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic), polímero reforzado con fibra de carbono, excepcionalmente resistente y seguro, que pasará de los automóviles deportivos a otro tipo de vehículos.

Según un estudio de Goldman Sach, una reducción de 50 kilos en el peso del vehículo se traduce en un gramo menos de CO2 por kilómetro. Sin embargo, el peso de los vehículos sigue aumentando. Para invertir esta tendencia, la consultora espera un mayor uso del aluminio y el acero de alta tensión, así como el plástico reforzado de fibra de carbono (CFRP).

Desde Aimplas, el Instituto Tecnológico del Plástico, en Valencia, explican que el coche del futuro está fabricado con nuevos materiales que le proporcionan propiedades avanzadas. A saber, ligereza, resistencia al fuego y al rayado, también va a tener mecanismos antihielo y será autolimpiable. Este centro, de hecho, habla de ello con conocimiento de causa dado que participa, junto con empresas del sector, en numerosos proyectos que desarrollan productos y tecnologías en esta línea.

- El **proyecto Pegasus**, por ejemplo, que lleva a cabo junto a la empresa [Acteco](#) y otros partners, se centra en el desarrollo de espumas con diferentes estructuras y nanomateriales para conseguir más protección del peatón en caso de choque contra un vehículo. También trabajan en la creación de adhesivos reversibles que faciliten el reciclado posterior y en la reducción de costes durante el proceso de fabricación.

- **Biofibrocar**, con la empresa [Pertex](#), por otro lado, desarrolla tejidos biodegradables para los interiores
- **Ecoplast**, de [Nanobiomatters](#) y [Grupo Antolin](#), se ha centrado en los materiales procedentes de fuentes renovables para las piezas plásticas del interior de los vehículos

De cualquier forma, los fabricantes están trabajando con universidades de toda Europa en el I+D de nuevos materiales de plástico y laminados de carbono. Además, a medida que se acelere su introducción en vehículos normales, los costes de los aceros y aluminios de alta resistencia podrían bajar, al igual que el coste del CFRP con el surgimiento de nuevos modos de producción. Lo que seguro no va a cambiar son las exigencias regulatorias sobre emisiones y seguridad, por lo que estos materiales pueden ser la solución.

El centro tecnológico IK4-IDEKO de Elgoibar, Guipúzcoa, se ha centrado en la aplicación de una innovadora técnica de pulso electromagnético para llevar a cabo la soldadura entre materiales compuestos y metales de naturaleza diversa. Esta tecnología presenta grandes ventajas respecto a los procesos de unión convencionales, tanto por su elevado grado de repetitividad como por la ausencia de generación de calor y constituye una herramienta más sostenible, ecológica y respetuosa con el medio ambiente. Según Javier Vallejo, responsable del proyecto del centro tecnológico vasco “resulta clave fabricar nuevas gamas de materiales para impulsar la competitividad de la automoción europea y avanzar en la línea actual de sustitución de los materiales pesados por aceros de alto rendimiento, aleaciones ligeras, plásticos y composites”.

4. AUTOMOCIÓN Y ROBÓTICA, EL TÁNDEM PERFECTO

El interés de las personas por los robots es ya antiguo, pero ya hoy, por primera vez, disponemos de los conocimientos necesarios y de la tecnología adecuada para hacerlos realidad. La robótica es uno de los campos más efervescentes de la digitalización empresarial y su impacto afecta a todos los sectores y segmentos de población.

1961 fue la fecha de arranque de esta nueva carrera industrial. Fue entonces cuando se vendió el primer robot industrial para realizar trabajos útiles, transferir piezas desde un punto a otro de la fábrica. Lo hizo General Motors. Y al igual que ese primer robot, la mayor parte de los brazos robóticos que se instalaron a partir de los años 60 se centraban en la parte de fabricación, principalmente en el sector de la automoción.

Allá por la década de 1970, los robots revolucionaron la industria automovilística al asumir un amplio abanico de tareas de manera más fiable y rápida que los humanos. Más recientemente, una nueva generación de robots más delicados ha empezado a

aparecer en las líneas de producción de la industria. Estas máquinas son capaces de ejecutar tareas que requieren más precisión y que resultan engorrosas. Esta potente y nueva fuerza laboral podría revolucionar la fabricación de formas que aún resultan difíciles de anticipar. Así se recoge en la *MIT Technology Review*

Se trata de un proceso de automatización sin precedentes que no ha hecho más que comenzar. Entre otras cosas, porque el coste de fabricar un robot es cada vez más reducido y su rendimiento, por el contrario, es cada vez mayor. Como ha recordado un estudio del *think tank* Bruegel, la soldadura ha dejado de ser la aplicación más utilizada, con algo más del 19% del número total de robots, siendo superada por la manipulación y carga o descarga de máquinas, que representa ya más del 57% de los nuevos robots incorporados al sistema productivo.

Los robots se están volviendo más inteligentes, más hábiles y altamente eficientes. Aptitudes que están siendo potenciadas y que seguirán aumentando. Durante los últimos años, el crecimiento en las ventas de robots ha procedido principalmente de la industria, en particular de la industria electrónica, del sector del metal, del químico, plásticos y, por supuesto, del sector del automóvil.

Asia es en general (incluyendo en este grupo a Australia y a Nueva Zelanda) el mercado mundial que registra un mayor crecimiento y el segundo mayor mercado para los robots industriales se encuentra en Europa. Las previsiones, en este punto, apuntan a que los mayores mercados para el robot serán los asiáticos y que también se mantendrá el crecimiento en América del Norte. En países como Brasil la demanda se recuperará, se acelerará el crecimiento en el centro y este de Europa mientras que el oeste de Europa registrará un crecimiento más moderado. Otros estudios manejan tendencias similares en cuanto al comportamiento de los países en el consumo de robots.

El sector de **la automoción en España acapara casi seis de cada 10 robots**, lo que supone un 55% del parque, con lo que lidera la clasificación por delante de otros como el sector de alimentos y bebidas o el del metal.

En concreto, según datos de la Asociación Española de Robótica y Automatización de Tecnologías de la Producción (AER-ATP), el parque de robots en España en el 2016 se compone de 34.528 unidades.

Pese a ello, el mundo de la robótica avanza más despacio de lo que las previsiones siempre han fijado porque es un campo multidisciplinar que combina ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica y computación, pero que también toca disciplinas como la psicología, la biología, la neurología y las matemáticas.

La irrupción de la robótica más allá de las cadenas industriales está obligando a legislar. O al menos, a empezar a pensar en ello. El Parlamento Europeo reclamó en febrero de 2017 una legislación que contemple el aumento de robots, incluyendo un marco ético para su desarrollo y empleo o el establecimiento de responsabilidades por las acciones de las máquinas, incluyendo los coches autónomos. Bruselas rechaza el llamado "impuesto robot" que reclamó el magnate de Microsoft, Bill Gates, a los propietarios para financiar la reubicación de los trabajadores que pierdan su empleo por el uso de robots.

El debate está sobre la mesa en otros países y en otras zonas del mundo. El estado de Virginia, en EEUU, ha hecho historia robótica al ser el primero en permitir y regular que los robots entreguen cosas en los hogares. La nueva ley entra en vigor el 1 de julio de 2017. Otro caso sería el de Canadá, que Canadá ha decidido endurecer la legislación alrededor del uso no comercial de drones. La normativa es más restrictiva que la que tiene, por ejemplo, EEUU y prevé sanciones de hasta 3.000 dólares canadienses a quienes infrinjan la nueva regulación.

La factoría de Airbus en Puerto Real ya emplea robots humanoides en sus líneas de producción. La firma ha recurrido a las soluciones de la japonesa Kawada Industries para integrarlas en la grada de montaje de largueros de los timones del A380. Ahí, la tarea de remachado es compartida entre el montador y el humanoide.

Independientemente del área al que estén destinados (desde la fabricación hasta la comercialización), más de la mitad de robots (el 57,1 %) se dedica a la manipulación y la carga y descarga de máquinas. Seguido del 19,3% que se utilizan para tareas de soldaduras, el 14,3 % para usos no especificados, el 3,6 % para montaje y desmontaje y el 3 % en materiales.

La compañía vallisoletana DGH ha dado una solución a un sueño industrial: la clasificación de las piezas que llegan a granel a las fábricas. Hasta ahora, hacía falta la intervención de un humano para su extracción y clasificación posterior. Pero la empresa ha creado un sistema capaz de sacar las piezas de forma robotizada y ordenarlas después con Inteligencia Artificial. La solución ya está implantada en las plantas de clientes industriales, como el grupo Renault.

4.1 Cobots: robots colaborativos

Desde hace un par de años, la robótica industrial avanza hacia un camino muy claro: la colaboración con el humano. Nacen así los llamados cobots, una nueva familia de autómatas que se definen por su completa interacción con las personas dentro de las cadenas productivas. Arranca una nueva era donde máquinas y humanos colaboran

en sus actividades diarias. El contacto con el autómatas ya no es un problema, de hecho, al incrementar la eficiencia de su trabajo, hasta llega a ser “deseable” por los propios operarios.

Los robots colaborativos –conocidos como cobots- forman ya parte de las plantas de producción de automóviles. A diferencia de los robots convencionales, que necesitan mucho espacio y obligan a acometer grandes cambios en las líneas de producción porque tienen que estar aislados en recintos donde no haya personas, los colaborativos no tienen por qué tener una separación física y se coordinan con los trabajadores porque son capaces de tener en cuenta el entorno en el que se mueven. El concepto de robótica colaborativa aporta flexibilidad a la industria, ya que permite que los robots puedan trabajar al lado de los operarios, sin requerir un vallado de separación, de forma más ágil y mejorar así la ergonomía en la planta.

DGH fue la primera empresa en instalar un robot colaborativo en el grupo PSA, en concreto, en su fábrica de Vigo. La máquina era capaz de realizar una lectura de códigos de barras de los productos para controlar la trazabilidad de las piezas del coche. A partir de ese primer caso de éxito, el grupo de automoción ha ido incrementando el número de cobots en sus plantas con otros propósitos, por ejemplo, en el montaje de motores.

Esben H. Østergard, CTO y fundador de Universal Robots, señala que ha finalizado la época en que los robots industriales ejercían una única tarea dentro de un proceso de producción masiva. El experto está convencido de que el robot colaborativo es el próximo paso en tecnología de la automatización. “Este tipo de máquina reacciona adaptándose a cada situación”, comenta. “Y en lugar de reemplazar a los humanos, trabajará en un tándem con ellos”. El director de automatización de ABB, Hendrik Weiler, se muestra de acuerdo con esta premisa. “Los robots liberarán al hombre de las tareas monótonas e incómodas, pero siempre se necesitarán personas para controlar y programar los procesos”, subraya.

Los proveedores han detectado estas necesidades y ya han empezado a desarrollar soluciones de automatización eficaces capaces de responder a las tiradas productivas más cortas y a los cambios en los bienes. “La robótica colaborativa permitirá a las pequeñas empresas aplicar la filosofía del ‘lean manufacturing’ [producción ajustada] de las grandes compañías”, resalta Riccardo Tarantini, CEO de la empresa italiana Comau.

SEAT Componentes y Eurecat desarrollan un “manipulador móvil” que puede desplazarse de forma autónoma por la fábrica, evitar obstáculos, al tiempo que es capaz de interactuar con los operarios para ciertas tareas. Se trata de un manipulador móvil industrial, llamado MAIC, cuyo diseño integra avances en robótica colaborativa

y navegación autónoma. En concreto, MAIC está dotado de un manipulador colaborativo que permite la operación del brazo robotizado de forma segura, lo que le permite operar en el mismo entorno que las personas e incorporar una serie de funciones que facilitan al operador interactuar directamente con el robot.

La combinación y la flexibilidad de los seres humanos con el poder, resistencia y fiabilidad de los robots permiten aumentar la calidad de los productos y la productividad. El sector del automóvil en España está intensificando de nuevo la compra de robots industriales con más 1.500 unidades nuevas cada año según datos de ANFAC.

4.2. Los exoesqueletos saltan de la Sanidad a la Industria

"Estamos inaugurando la era de los cibernéticos, organismos cibernéticos, gracias a organizaciones públicas y privadas, especialmente a través del DARPA", explicaba el doctor José Luis Puerta, patrono de la Fundación Pfizer, en el foro *Medicina exponencial, cómo la tecnología está transformando la medicina*. A lo que este experto se refiere es al incipiente desarrollo de tecnologías como los implantes y prótesis cibernéticas o los exoesqueletos, una evolución de los primeros dispositivos robóticos que ha saltado del ámbito militar para comenzarse a aplicar en la rehabilitación de pacientes que han sufrido enfermedades como ictus, lesiones medulares o temblores patológicos.

Desde la sanidad, los exoesqueletos están empezando a dar el salto al ámbito industrial. Estos trajes robóticos empiezan a contemplarse como una herramienta para 'aumentar' las capacidades físicas del empleado, de forma que puede cargar peso o realizar movimientos imposibles por sí solo.

La planta de Ford en Almussafes es la primera del mundo en integrar exoesqueletos en sus líneas de montaje, unos trajes que permiten a los operarios levantar y manejar objetos pesados de manera más fácil. Con esta incorporación, la compañía se convierte en el primer fabricante de automóviles en integrar operarios con trajes robóticos, que suponen un importante refuerzo para los hombros y la espalda de quien lo utiliza, ya que traslada el peso hacia las caderas y reduce el riesgo de lesiones laborales.

4.3. Drones de vigilancia para la Industria 4.0

Los drones, pequeños aviones no tripulados, son parte importante ya de la Industria 4.0. Vigilancia, teledetección o incluso transporte. Robots que vuelan para colaborar también en la industria de la automoción.

Los avances exponenciales en tecnología de sensores, sistemas de posicionamiento por satélite, redes de comunicación y capacidad de procesamiento de los ordenadores han facilitado a los drones una amplia gama de aplicaciones, alguna de ellas impensables hace tan solo una década. Un informe de Lloyd's asegura que las innovadoras aplicaciones se dividen en dos grandes áreas: las mediciones (incluidas el seguimiento medioambiental), fotografía y filmación, y el transporte (incluido el reparto dirigido).

Realizar inspecciones de maquinaria y plataformas automatizadas que están a una gran altura dentro de las factorías ya es cosa de drones. Estas pequeñas aeronaves no tripuladas llevan a cabo estas tareas rutinarias y lo hacen en la décima parte del tiempo que normalmente le llevaría a un trabajador y sin los riesgos de trabajar en altura.

Ford ha implementado esta tecnología en la planta de motores de Dagenham (Reino Unido). Las inspecciones se realizan con cámaras montadas en los drones, que sobrevuelan pórticos elevados, tuberías y zonas de cubierta situadas a una elevada altura en esta factoría británica. Hasta ahora, este mantenimiento se realizaba con plataformas extensibles y cada inspección de área podía llevar 12 horas hasta ser completada, mientras que ahora, con los pies firmemente en el suelo y controlando drones equipados con cámaras GoPro, el equipo de mantenimiento puede inspeccionar minuciosamente cada área en solo 12 minutos. Además, estos drones también se utilizan para trabajos de inspección en tuberías, localización de filtraciones de aire y comprobación de maquinaria. La compañía está actualmente evaluando la posibilidad de usar esta tecnología de altos vuelos en otras regiones.

5. REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA

En la revolución de la digitalización en la industria una tecnología se perfila como ganadora: la Realidad Virtual (RV). Para ser exactos, comparte expectativas con la Realidad Aumentada (RA) que, tras años de tímida existencia, logró irrumpir en el mercado de forma masiva gracias al éxito del juego para móviles Pokémon Go.

Hoy todavía resulta difícil predecir cómo estas dos tecnologías cambiarán el día a día de las personas, tanto dentro como fuera del trabajo. Desde comprar una casa nueva hasta consultar al médico, pasando por el aprendizaje del uso de una nueva máquina o ver un partido de fútbol. Impactan en absolutamente todos los sectores económicos y redefinen la experiencia del usuario por completo. Algo que no ha ocurrido desde el boom del smartphone.

La RV y la RA guardan la promesa de poder interactuar con la tecnología de una forma más natural. Tras las líneas de comando, Windows y las últimas superficies táctiles, el mercado se ha dirigido hacia interfaces de manejo más sencillo. Hace 20 años, una persona tenía que ser adecuadamente formada para usar un ordenador escribiendo código, pero hoy hasta un niño pequeño es capaz de hacerlo.

La Realidad Virtual y la Aumentada crean una nueva forma más intuitiva de utilizar un computador. Y es que se basan en gestos naturales. Además, aportan mayor campo de visión, donde el concepto de escritorio virtual ya no está confinado por el tamaño de una pantalla física, ya sea de un ordenador como de un teléfono. Por todo ello, ambas tecnologías tienen “el potencial de cambiar los modelos de negocio y las formas en las que transaccionamos”, según el informe *Virtual & Augmented Reality. Understanding the race for the next computing platform* de Goldman Sachs¹.

La RV y la RA tienen diferentes casos de uso, tecnologías implicadas y oportunidades de mercado, por lo que es importante distinguir entre ambas. Mientras que la Realidad Virtual sumerge al usuario en un mundo virtual imaginario o simula su presencia en el mundo real, la Realidad Aumentada superpone imágenes virtuales sobre el mundo real. Una forma sencilla de visualizar la diferencia es que la RV necesita de un casco o unas gafas opacas (a través de las que no se puede ver nada) para facilitar esa inmersión total y la RA usa dispositivos como gafas o teléfonos para que el usuario pueda seguir viendo la realidad.

Las previsiones de crecimiento económico en torno a las tecnologías de RA y RV en los próximos cinco años son realmente espectaculares. Se espera que el volumen de negocio se incremente desde cifras inferiores a los 10 billones de dólares para el año 2016 hasta los 150 billones de dólares en 2020.

5.1. La Realidad Virtual

Para definir la Realidad Virtual hablaremos de un entorno artificial creado a partir de un software para que el usuario tenga la sensación de estar en un escenario real.

La Realidad Virtual nació lejos del mundo del entretenimiento, en la NASA y en la fuerza aérea de Estados Unidos. La primera gran ola de la RV fue en los años 60. Morton Heilig patentó en 1962 lo que muchos consideran la primera máquina de Realidad Virtual, el Sensorama, un aparato que combinaba imágenes 3D, sonido estéreo, viento, olores y vibración del asiento. Heilig pretendía crear una experiencia que estimulase todos los sentidos. Sin embargo, no consiguió encontrar inversores y el proyecto fracasó.

El concepto de Realidad Virtual lo describe por primera vez Ivan Sutherland en 1965 en un artículo titulado *The Ultimate Display*. Un par de años después, diseñó junto a su equipo del MIT el primer casco de Realidad Virtual. El aparato era tan grande y pesaba tanto que tenía que estar colgado del techo. Al estar apoyado sobre la cabeza del usuario se ganó el cariñoso mote de “la espada de Damocles”. A pesar de lo avanzado de su invención, la tecnología no estaba lo suficientemente madura, los ordenadores eran demasiado lentos y los componentes no acababan de integrarse bien entre ellos.

En 1982 se patentó el Data Glove, un guante que incluía sensores capaces de reconocer la posición y flexión de los dedos, y Sega lanzó el primer videojuego comercial con imagen estereoscópica, el SubRoc - 3D.

En los años 90 del siglo pasado la RV vivió un cierto boom de la mano de los juegos en 3D. Las consolas y los ordenadores empezaron a entrar en los hogares y también en aquel momento muchas empresas hablaban de la RV como el futuro del mundo del entretenimiento interactivo. Pero la tecnología tenía muchas limitaciones, la principal era que distaba demasiado de la realidad, los dispositivos que usaba el consumidor eran voluminosos en líneas generales, muy caros y, además, sufrían fallos. Pese al relativo fracaso comercial, la RV se popularizó como concepto y se coló también en el cine y en la televisión.

La verdadera disrupción de la tecnología se ha dado en esta década. En 2010, Palmer Luckey retomó aquellos dispositivos para mejorarlos con la tecnología del momento. Nació así Oculus Rift. Por primera vez, unas gafas de Realidad Virtual alcanzaban un ángulo de visión de 90 grados. El proyecto gustó al público. Un éxito que llamó la atención de Mark Zuckerberg, fundador y CEO de Facebook, que acabó comprando la compañía por 2.000 millones de dólares. “Imagina disfrutar de un partido desde las gradas, estudiar en una clase con alumnos y profesores de todo el mundo o hablar con tu doctor cara a cara... con sólo ponerte unas gafas en casa”. Con esta afirmación anunciaba Zuckerberg la adquisición de Oculus Rift en 2014. De hecho, la red social por excelencia ve la Realidad Virtual como una plataforma de comunicación completamente nueva, algo que algún día “formará parte de la rutina de miles de millones de personas”.

Hudly es una de las pocas startups noruegas que han dado vida a un gadget con una aplicación tan necesaria como la conducción. Su propuesta pasa por un display transparente, colocado en la luna delantera, en el que se proyecta una pantalla que replica nuestras apps favoritas del móvil, así como información crítica del vehículo (velocidad, GPS, gasolina, etc.). De esta forma, e imitando las pantallas de realidad aumentada de los pilotos de aviación, los conductores pueden acceder a datos y comunicaciones de forma sencilla, segura y muy fácil sin tener que desviar la mirada

en ningún momento de la carretera.

LA Realidad Virtual se ha convertido ahora en un elemento más para ‘revolucionar y mejorar’ la fabricación y, sobre todo, el diseño y evaluación de vehículos. Esta tecnología permite reducir en un 30% la fabricación de prototipos. SEAT ya la está utilizando desde hace más de 15 años. “Nos sirve para optimizar nuestros procesos de producción y visualizar de manera muy real el producto que vamos a fabricar”, comenta Javier Díaz, responsable del Centro de Prototipos de SEAT.

¿Cómo aplican la Realidad Virtual en la factoría? El cambio ha sido sustancial. Se utilizaban mesas de más de 10 metros para desplegar los planos, listas infinitas de las piezas que componían el coche y meses de trabajo. Ahora, gracias a la realidad virtual, con un solo ordenador se puede visualizar el coche y realizar mejoras con mucha más rapidez.

- Diseñadores con gafas Full HD: Les permiten sumergirse en una experiencia de conducción similar a la que tendrá el futuro cliente. Aunque el diseño de un coche siempre empieza con lápiz y papel, convive muy pronto con el 3D. Gracias a esta tecnología, los diseñadores no sólo pueden valorar aspectos puramente creativos, sino otros más funcionales, lo que permite garantizar el 90% de la viabilidad de su proyecto en una fase muy inicial.
- Simulaciones en 3D: La realidad virtual juega un papel muy importante en toda la fase de desarrollo. Entre otras pruebas, se hacen tests virtuales de colisiones para que los futuros coches sean cada vez más seguros.
- Inmersión en la fábrica virtual: Las tecnologías virtuales permiten también una experiencia inmersiva para reproducir el mundo real. En esta línea, gracias a las gafas 3D y unos mandos, se imitan los movimientos que realizan los operadores en la línea de montaje. Así, se optimiza el tiempo de trabajo y se mejora su ergonomía.
- Los concesionarios del futuro: La elección de un coche ‘catálogo en mano’ pasará pronto a la historia. Gracias a la realidad virtual, el cliente podrá configurar el acabado y el color del vehículo y ver el resultado gracias a unas gafas 3D. Y no sólo esto, sino que también podrá vivir la experiencia de conducción de forma virtual en los concesionarios.

Audi ha introducido un programa de formación mediante RV para sus empleados de logística, quienes visualizan una simulación del Centro de Logística de Ingolstadt. Con este método los trabajadores pueden ensayar paso a paso los distintos procesos que se dan en esta división, además de familiarizarse con los programas informáticos

correspondientes.

Esta tecnología ha permitido reducir a la mitad el número de prototipos que se tienen que fabricar antes de lanzar un modelo. Esta optimización de tiempo y recursos repercute en el cliente de forma positiva no solo en la precisión y calidad del producto, sino en la reducción del precio final.

5.2. La Realidad Aumentada

La realidad aumentada ocupa por derecho un espacio propio en el mundo de las tecnologías emergentes. Durante los últimos años, la realidad aumentada ha venido llevando a cabo pequeñas incursiones en nuestras vidas que sugieren un futuro en el que podría convertirse en algo cotidiano.

La Realidad Aumentada, que tan popular se hizo con el éxito del Pokémon GO, se puede definir como una tecnología que superpone contenido generado digitalmente - como video, gráficos o sonido- a imágenes reales captadas en teléfonos inteligentes, tabletas o gafas de alta tecnología. La principal diferencia con respecto a la Realidad Virtual es que cuando se habla de Realidad Aumentada lo que se intenta es perfeccionar la realidad, es decir, ver el mundo real con información añadida. Por eso hablamos de realidad “aumentada”, porque el dispositivo lo que hace es incrementar la información que tenemos del mundo físico en el que nos movemos, y no sustituirlo. La Virtual, sin embargo, intenta sustituir esa realidad, introducir al usuario en un mundo diferente.

En el sector de la automoción la Realidad Aumentada se ha hecho fuerte en los departamentos de diseño e ingeniería. “La Realidad Aumentada beneficia a los fabricantes de automóviles en muchas fases del ciclo de un producto, desde el diseño, creación de prototipos a fabricación y comercialización”, dice Marina Lu, analista senior de ABI Research. Según esta experta, la tecnología puede ahorrar tiempo y recursos en el diseño, la visualización 3D digital y el análisis de la estructura corporal y los componentes. “La colaboración se simplifica y mejora evaluando el mismo contenido real, lo que en última instancia acelera la toma de decisiones”, añade.

En el caso de Ford, el equipo de diseño crea el concepto del vehículo y lo materializa a través de la realidad aumentada. El objetivo es conseguir que su departamento de ingeniería pueda situarse directamente delante del vehículo para ver, de un solo vistazo y a través de la realidad aumentada, qué áreas deben mejorar y cuál es la mejor forma de hacerlo. Es un método para evaluar el diseño de los coches de forma rápida y eficaz.

Esta misma tecnología se está convirtiendo en indispensable en las plantas de producción del sector automotriz en la fase final de control de calidad y seguridad. Una opción más rápida y segura de realizar los chequeos de los vehículos.

Porsche ya está aplicando la realidad aumentada en su nuevo Panamera. En lugar de gafas de realidad aumentada se están utilizando tablets con aplicaciones de RA con las que conseguir unos resultados similares al enfocar al coche con la cámara del dispositivo. Además, con esta aplicación pueden no solo conocer qué partes interfieren con otras, sino también utilizar algunas funciones básicas del vehículo, como las luces y la pantalla de arranque, de forma que aseguran que todo funciona correctamente.

Pero, sobre todo, gracias a la Realidad Aumentada la Industria 4.0 implementa la capacidad predictiva de los posibles fallos del sistema y la posibilidad de las reparaciones a distancia. Si la central está en Hamburgo y los problemas surgen en China, no es necesario desplazar equipos de especialistas. Basta con que los técnicos sigan las instrucciones que reciben en la tablet para solventar el problema.

Industrial Augmented Reality, iAR ha creado una aplicación que combina en su software el potencial de la digitalización con la visualización de comandos mediante Realidad Aumentada. Se trata de un sistema por el que, primero, el sistema alerta de cualquier avería e indica el lugar exacto donde se ha producido. Después, para repararla, basta que el técnico de mantenimiento siga las instrucciones que le facilita el dispositivo en la reparación. Gracias a este dispositivo se reduce el tiempo de reparación en un 60%.

Gracias a la Realidad Aumentada el cliente puede sentirse un auténtico experto en el automóvil. Un smartphone sustituye ya a los complejos y pesados manuales de uso. Simplemente deberemos enfocar la cámara de nuestro teléfono móvil a una pieza o parte de nuestro vehículo, para que nos diga qué es y cómo funciona. Los usos más interesantes los encontramos cuando enfocamos las ruedas para conocer la presión óptima de nuestros neumáticos, cuando enfocamos el tapón del aceite del motor para saber qué tipo de aceite debemos comprar, o cuando enfocamos las palancas o botones de la velocidad de cruce para saber qué utilidad tienen y cómo funcionan.

También destaca el nuevo DS3, modelo de la marca recientemente creada del Grupo PSA, DS, que sorprendió en el Salón del Automóvil de Ginebra presentando el sistema de realidad virtual. Este, desarrollado mediante la tecnología Virtual Garage, permite al usuario personalizar el automóvil y experimentar las opciones disponibles mediante unas gafas de realidad virtual. Así el usuario puede simular de una forma

extremadamente precisa, el color de la carrocería o los acabados del coche para realizar la configuración a su elección.

Esta tecnología aumenta sin duda la seguridad del conductor al volante –por no decir que será imprescindible cuando alcancemos el vehículo autónomo-. Las empresas automovilísticas están ya trabajando en la recreación de los escenarios de la carretera en el interior del vehículo. Gracias a la Realidad Aumentada, el parabrisas de nuestro coche se convertirá en la más completa pantalla de información sobre cuanto sucede a nuestro alrededor. Sin desviar la mirada del camino tendremos acceso a información del tráfico, del tiempo, nos avisará si falta repostaje...o incluso nos alertará de que debemos descansar

Hyundai y la empresa tecnológica suiza Wayray AG desarrollan un nuevo sistema de navegación que aplica la realidad aumentada y que la coreana quiere implementar en todos los vehículos a partir de 2020. Las soluciones holográficas de Wayray crean una verdadera experiencia de realidad aumentada donde los objetos virtuales se integran perfectamente en el ambiente interior del vehículo. En comparación con los monitores convencionales (HUD) disponibles en el mercado, la tecnología de Wayray cuenta con un sistema de proyección más pequeño que proporciona una imagen más clara, que se puede instalar en casi cualquier vehículo.

Su amplio campo de visión permite mostrar más objetos virtuales a una distancia cómoda para los ojos de un conductor. Incluso puede llegar a emplear el parabrisas completo o incluir las ventanillas laterales para que la información envuelva a los pasajeros. Actualmente no existen otras tecnologías capaces de alcanzar esos parámetros.

5.3. Aplicaciones reales

Las empresas detectan cuatro áreas prioritarias de aplicación en la industria:

- **Diseño y ensamblaje.** La RV y la RA pueden ser una herramienta eficaz para experimentar digitalmente el diseño y la operación de activos, así como para testear y realizar cambios de modelo antes del diseño final.
- **Entrenamiento inmersivo.** Estas tecnologías permiten sumergir al empleado en un entorno seguro y guiado en el que operar y tomar de decisiones de forma controlada.
- **Inspección y control de calidad.** Las tecnologías inmersivas facilitan una más rápida inspección de los componentes mediante la visualización superpuesta

de información.

- Reparación y mantenimiento. Ver vídeos tutoriales y manuales, ofrecer asistencia experta remota, visualizar componentes y funciones específicas saltándose barreras físicas y superponer en tiempo real imágenes con instrucciones sobre las piezas son algunas de las aplicaciones de estas tecnologías en materia de reparación y mantenimiento.

Queda claro, en cualquier caso, que el futuro inmediato de estas tecnologías es más prometedor en las fábricas y cadenas de montaje que entre el gran público.

6. LA IMPRESIÓN 3D, LA FABRICACIÓN ADITIVA

La impresión 3D es una tecnología transversal, que está revolucionando desde la fabricación de pequeños objetos hasta grandes infraestructuras y edificios. Y de materiales tan distintos como el plástico o la cerámica e incluso ya algún metal.

La impresión en tres dimensiones se define como el proceso de unir materiales para hacer objetos a partir de un modelo digital, normalmente poniendo una capa encima de otra, por contraposición a las metodologías de fabricación sustractivas, tales como el mecanizado tradicional. Sin embargo, este término se asocia más bien a la impresión hecha en casa o en comunidad, mientras que, si se aplica en tecnologías de producción y a cadenas de suministro, se suele utilizar el término fabricación aditiva (*additive manufacturing*, AM, o *rapid manufacturing*).

La tecnología de impresión 3D existe desde hace poco más de 30 años, ya que fue en 1984 cuando Chuck Hull patentó su sistema de impresión 3D en EEUU. Su despegue es todavía más reciente. La aparición de nuevos materiales con más prestaciones, el vencimiento de las patentes que protegían algunas tecnologías de fabricación aditiva, las intensas acciones de marketing que están realizando y las aplicaciones insospechadas que han permitido estas tecnologías de fabricación y la difusión que supone Internet abren un prometedor horizonte. Durante los últimos años, la tecnología de impresión 3D ha experimentado un importante avance, que ha repercutido en la reducción del coste de los equipos.

Durante los primeros años las máquinas de impresión 3D costaban medio millón de euros, pero actualmente se pueden adquirir máquinas por alrededor de mil euros. El código abierto ha contribuido al abaratamiento de la tecnología. La popularización de la impresión 3D también ha llegado de la mano de la variedad de materiales. Al principio, solo era posible imprimir plástico blando y, por tanto, las aplicaciones que se podían lograr estaban limitadas al prototipado de baja calidad. En la actualidad, sin

embargo, es posible imprimir en 3D en casi cualquier tipo de material, desde cerámica, vidrio, madera, cemento, oro, comida hasta células vivas.

Renault Trucks incorpora ya la impresión 3D en metal en la fabricación de piezas. Ha conseguido diseñar un prototipo de motor DTI 5 de cuatro cilindros Euro 6 Step C, utilizando exclusivamente la impresión 3D. El propulsor ha sido concebido de forma virtual, los balancines y sus soportes se han fabricado por impresión 3D en metal y se han probado con éxito con un motor Euro 6 en un banco de pruebas durante 600 horas. Con la tecnología 3D se ha reducido un 25%, 120 kg, el peso de un motor de cuatro cilindros.

6.1. Una rápida evolución tecnológica

“Tan sólo una cuarta parte del mercado está aprovechando la tecnología de Impresión 3D, de fabricación aditiva. Dicen que está de moda, todo el mundo habla de ella. Pero ocurre como con el bitcoin: hablan de sus ventajas, pero no lo compran”. Son palabras de Thibaut Mathieu Sales Manager South-West Europe de STRATASYS, la firma líder del sector. Saben que la industria tiene que abrir definitivamente los ojos ante la irrupción de esta tecnología. La formación desde la misma Universidad es importante “Los ingenieros de hoy salen de las universidades sin haber recibido cursos de fabricación aditiva. Un ingeniero hoy está programado para fabricar de forma subtractiva, mecanizada. Debe “cambiar el chip” para trabajar con esta nueva tecnología”, insiste Mathieu.

La evolución de la fabricación aditiva solo acaba de empezar a revolucionar la producción empresarial. Atravesará tres fases y los expertos aseguran que en la actualidad nos encontramos en el final de la fase primera.

El reto de la primera etapa ha sido lograr imprimir en 3D cualquier forma imaginable. El problema es que las “herramientas de diseño están limitando el potencial de la tecnología”, y la solución a esta realidad vendrá de las herramientas de Inteligencia Artificial sofisticadas. “En el futuro tendremos programas donde el usuario simplemente expondrá su necesidad y el software decidirá automáticamente en tiempo real qué diseño se adapta mejor”, explicaba en abril de 2016 Hod Lipson, profesor de Ingeniería de la Universidad de Columbia. “Llegará incluso el momento en que los robots diseñarán y fabricarán sus propios componentes basándose en sus experiencias previas”, agregaba.

Stratasys ha creado los primeros robots capaces de llevar la impresión 3D a la cadena de montaje. Infinite-Build es capaz de construir cosas de tamaño ilimitado, como las ventanas de la cabina de un avión; mientras que con Robotic Composite 3D se pueden

hacer formas complejas, superando el modelo tradicional de capa a capa. La industria aeroespacial y la automovilística han sido las primeras en aprovechar estos cambios, que ahora pueden construir grandes piezas que no se podían hacer antes.

La segunda fase pondrá en el centro los materiales. En el futuro la combinación de distintos componentes dará lugar a los llamados “metamateriales”. “Combinar diferentes materiales en 3D permitirá explorar nuevas geometrías que cambiarán sus propiedades iniciales”, contextualiza el profesor de la Universidad de Columbia. Así, un producto rígido impreso en 3D con una forma concreta podría convertirse en blando.

La tercera fase se alcanzará cuando sea posible fabricar sistemas activos integrados, desde dispositivos electrónicos de consumo hasta músculos vivos, utilizando “microprocesadores como tinta”. Pero para que todo esto ocurra habrá que lograr escalar la tecnología para que el coste de la complejidad sea cero.

6.2. Una tecnología que engloba muchas

La impresión 3D es sólo una de las tecnologías de la conocida como fabricación aditiva. A continuación, describimos brevemente las principales que se utilizan en la industria:

- **Fused Depositon Modelling (FDM):** El proceso se basa en un cabezal que se mueve en un plano y funde un filamento de plástico. El material se va aportando capa a capa y se crea una pieza 3D. Es la base de las conocidas impresoras 3D y su principal ventaja es el bajo coste del equipamiento junto con la posibilidad de trabajar en diferentes materiales poliméricos.
- **Estereolitografía y PolyJet:** Se obtienen piezas a partir de resinas líquidas que se curan con un haz de luz. El proceso originario fue la estereolitografía, pero posteriormente se desarrolló el denominado polyjet que se basa en curar la resina con múltiples haces de luz UV. El resultado es una pieza con excelente calidad tanto en precisión dimensional como en acabado superficial. A pesar de que en los últimos años se han desarrollado materiales que imitan a los principales polímeros industriales, la principal desventaja que plantean estos procesos es la necesidad de utilizar materiales especiales.
- **Fusión selectiva de lecho de polvo:** Se basan en la fusión selectiva de una capa de polvo que se ha depositado previamente. El proceso se realiza dentro de una cámara precalentada y que puede tener una atmósfera controlada para evitar la oxidación. La pieza resultante se obtiene a partir de la fusión y posterior resolidificación capa a capa, pudiendo obtener piezas en diferentes

materiales, incluyendo materiales metálicos, polímeros industriales, etc. También conocida como Selective Laser Melting o SLM, es uno de los procesos de fabricación aditiva más extendidos, sobre todo para la fabricación de piezas metálicas. El proceso se basa en fabricar piezas 3D mediante la fusión de una capa de polvo que se ha depositado previamente sobre la capa generada en la operación anterior. El material en polvo se funde únicamente en aquellos puntos donde se requiere añadir material, resultando así en un aporte selectivo de material.

- **Inyección directa de material:** El proceso consiste en la fusión de un material base y en la inyección de un material (tanto en forma de polvo como de hilo) en el baño fundido. El resultado es el aporte de un material sobre un material base. Este proceso se emplea tanto para fabricación aditiva de detalles o estructuras sobre una pieza previamente fabricada, como para reparar zonas dañadas. La principal ventaja es que se puede aplicar sobre piezas que se han fabricado por forja, fundición, y se pueden aportar una gran cantidad de materiales incluyendo diferentes aleaciones metálicas, materiales cerámicos, mezclas de componentes.

6.3. Los costes caen, los tiempos se reducen y se gana en versatilidad

La tecnología 3D es transversal a todos los sectores y a las distintas actividades. Pero hay algunos sectores que lideran esta evolución. Las empresas aeroespaciales, por ejemplo, se han posicionado como los primeros motores de la fabricación aditiva. También en medicina y en automoción se está sabiendo aprovechar más que en otras actividades la fabricación aditiva.

Boeing ha registrado la patente de una nueva tecnología que permite imprimir objetos en tres dimensiones mientras flotan en el espacio. El sistema utiliza múltiples impresoras 3D simultáneamente que van depositando el material en el aire. Primero se crea una pepita de material magnético que consigue volar con estabilidad controlada porque se encuentra bajo un imán. El documento incluso hace referencia a la posibilidad de emplear la levitación cuántica y la electrostática. Después, mientras el núcleo de la pieza gira en el aire, las máquinas que la rodean van añadiéndole nuevo material desde todos los ángulos posibles que se va depositando capa por capa sobre la pepita.

Hoy en día, tecnologías de impresión en 3D tales como la sinterización por láser (SLS), la multi inyección de material (MJP) y la estereolitografía (SLA), son utilizadas por grandes empresas del sector para ahorrar millones de euros en el desarrollo de sus productos, eliminando la necesidad de fabricar herramientas especiales o moldes

específicos para piezas prototipo que, mientras se va definiendo el diseño definitivo, probablemente se tengan que modificar en varias ocasiones.

La impresión 3D con celulosa está cerca. Una nueva investigación del MIT apunta a la celulosa como un material para imprimir en 3D, lo que arroja grandes ventajas por ser un material muy abundante y porque proporciona una alternativa renovable y biodegradable a los polímeros actualmente utilizados en material de impresión tridimensional. Y es barato.

Tanto fabricantes de automóviles como la cadena de proveedores están introduciendo ya la impresión 3D en sus procesos, lo que permite la obtención de modelos conceptuales duraderos, prototipos, herramientas y piezas de uso final de cadencia baja-media. De esta forma, la tecnología 3D adquiere cada vez más importancia como método alternativo de fabricación de componentes y prototipos.

La sostenibilidad en el sector de la automoción no debe contentarse únicamente con la fabricación de vehículos más limpios en carretera, gracias al uso de combustibles alternativos; sino que también debe preocuparse por el cómo y el dónde se fabrican. Gracias al ahorro en el consumo de materiales y a la eliminación de residuos que permite la tecnología 3D, y junto con la confidencialidad del producto, se mantiene la competitividad en el sector. El escaneado y la impresión 3D resultan la opción idónea para la fabricación de automóviles de un modo más sostenible y económico.

Audi utilizará la impresora J750 multimaterial y multicolor de Stratasys, con la que se podrán producir cubiertas para luces traseras transparentes y de varios colores en una sola tirada de impresión, lo que permitirá prescindir del proceso de varias fases que se utilizaba anteriormente. Con más de medio millón de combinaciones de colores disponibles, el equipo puede imprimir en 3D piezas transparentes de varios colores y texturas que cumplen los estrictos requisitos del proceso de aprobación de diseños de Audi. Andy Middleton, presidente de Stratasys para EMEA señala a INNOVADORES que si se extrapola “el ahorro de tiempo que Audi ha conseguido en las luces traseras a otras piezas del automóvil, el impacto global en el tiempo de comercialización puede ser enorme”.

La aplicación de esta tecnología en un departamento de I+D+I puede ayudar a producir piezas prototipo de forma exageradamente más rápida, reduciendo notablemente el tiempo empleado en su desarrollo. Por ejemplo, la fabricación del prototipo de un colector de admisión de un vehículo requiere un tiempo de espera cercano a los 4 meses, y con un coste que ronda los 350.000 €. El mismo prototipo realizado con una impresora 3D se podría imprimir en sólo 4 días, sin la necesidad de fabricar ningún utillaje específico, y con un coste que rondaría los 3.000€.

En la automoción, cada vez son más los fabricantes que empiezan a incluir entre sus planes la fabricación aditiva. En campos como la Fórmula 1, esta tendencia está más evolucionada y la mayor parte de fabricantes y escuderías que participan en la competición utilizan la impresión 3D para obtener componentes de diseño o prototipos, de herramientas de producción y de componentes finales. Pero la tendencia incluye también a los fabricantes convencionales de automóviles, en plena efervescencia por los grandes cambios que se anticipan a medio plazo en su sector.

Ford acaba de anunciar que ha comenzado a probar la impresión 3D a gran escala. El proyecto piloto está diseñado para averiguar cómo Ford podría ser capaz de utilizar la impresión en 3D para hacer piezas grandes, herramientas y componentes en volúmenes relativamente pequeños.

España cuenta con una serie de puntos fuertes en cuanto a la fabricación aditiva. Según el ICEX, uno de ellos es que el sector se vertebra y avanza a través de diferentes asociaciones. La principal, Addimat, reúne a empresas fabricantes de impresoras 3D, de equipamiento y de materiales para dar respuesta a las demandas que se generan a nivel mundial desde España. La fabricación aditiva en España sigue creciendo gracias a los esfuerzos de pequeñas startups y centros tecnológicos que trabajan por mejorar las propiedades de esta técnica, ampliar la gama de materiales o reducir su coste.

En un futuro no muy lejano, la tecnología de Impresión 3D permitirá personalizar los coches de manera rápida. Los clientes podrán modificar los parámetros de los diseños ellos mismos, lo que aumenta el número de opciones y les permite conseguir un diseño único y excepcional.

7. INTERNET DE LAS COSAS Y 5G: LA ALIANZA SEGURA

La confluencia de la Inteligencia Artificial (AI) y el Internet de las Cosas (IoT) en los procesos de fabricación alumbrará un nuevo modelo económico. El automóvil es, probablemente, la punta de lanza de esa revolución, la referencia que seguirán el resto de las industrias. El coche tendrá dentro un supercomputador que recogerá datos y los mandará a la nube, que los compartirá. Es, al menos, lo que aseguran con rotundidad desde Intel.

Obtener y procesar en tiempo real actividades que hasta ahora se mantenían ocultas abre un campo infinito de posibilidades para sacar el máximo partido a la organización de una planta de fabricación. Con los algoritmos de la Inteligencia Artificial se supera, por ejemplo, el problema de la localización con GPS vía satélite en interiores.

IA e IoT asociadas permiten soluciones muy 'disruptivas'. La conectividad en las plantas

llega a ser total lo que permite, por ejemplo, localizar cualquier cosa en cualquier parte del mundo de manera inalámbrica y en tiempo real. De esta forma se consigue el 'tracking total', desde que el producto está en el almacén hasta que llega a su lugar de destino. Así se conoce en todo momento dónde están localizados los componentes del automóvil fuera y dentro de plantas de fabricación, se monitorizan procesos productivos para contar piezas o se hace el seguimiento de elementos móviles en exteriores (como camiones o plataformas ferroviarias). En definitiva, permite controlar consumos y mermas en fábricas y mejorar la productividad.

7.1. La Red de redes lo conecta todo

Internet de las cosas, o lo que es lo mismo, todo conectado. Esencialmente es un sistema de máquinas u objetos equipados con tecnologías de recopilación de datos, que les permite comunicarse entre sí. Así nacen los *smartwatch*, los *smartphone*, los *smart tv* y llegarán las *smart cities*.

Internet de las Cosas, cuyas siglas en inglés son IoT (Internet of Things) es también conocido como Internet de los Objetos o Internet de Todo. Está llamado a modificar la forma en la que nos relacionamos con nuestro entorno. El origen de esta tecnología hay que encontrarlo hace casi 20 años, cuando un grupo de profesores del MIT describió un mundo donde las cosas estarían conectadas para compartir datos entre sí. Años después, la convergencia de diversos factores, como la caída en el precio de los microchips o de los sensores, lo permite.

El Internet de los años 90 permitía conectar de forma fija mil millones de usuarios, mientras que en el año 2000 y gracias al Internet móvil se podían conectar dos mil millones más. El Internet de las Cosas tiene el potencial de conectar 10 veces más (28.000 millones) y no solo usuarios, sino cosas.

El término IoT se introdujo cuando el número de dispositivos fue mayor que el número de personas conectadas a Internet, entre 2008 y 2009. Cabe recordar que Steve Jobs, director general de Apple, presentó su iPhone el 9 de enero de 2007. Actualmente, de hecho, es habitual que los ciudadanos estén conectados a Internet a través de un teléfono inteligente, de una tablet o de un ordenador portátil y cada vez son más los ciudadanos que están conectados por todas estas, y por otras vías.

El informe de Cisco '*Internet de las Cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo*' señala que el IoT permitirá que "las personas, empresas y países tengan más control sobre su tecnología, así como un acceso a la información mayor que nunca", y reconoce que estamos lejos todavía de entender las "ramificaciones y consecuencias involuntarias" de lo que estamos haciendo en la actualidad. "Está claro que Internet de las cosas cambiará nuestras vidas aún más que Internet", apostilla el catedrático del Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de

Cantabria, Luis Muñoz.

A nivel de investigación científico-tecnológica, en el programa europeo de financiación de la I+D+I, Horizonte 2020, el Internet de las Cosas aparece como objetivo específico. La Comisión Europea apoya distintas iniciativas para acelerar el despegue en la unión del IoT en beneficio de ciudadanos y empresas

El vicepresidente senior y responsable de estrategia de producto y marketing de Software AG, Giles Nelson, defiende que donde el IoT promete crear valor real es a la hora de “cambiar el modelo de negocio de las empresas tradicionales”. Y sugiere el ejemplo de General Electric. ¿Vende aviones?, se pregunta, “no, vende potencia; no está interesada en el motor, sino en la energía que puede obtener”. General Electric ha sensorizado por completo sus motores para que las líneas aéreas puedan saber “cómo funcionan en todo el mundo y predecir el mantenimiento”. Concluye Nelson: “La cuestión es cuál es el valor de mis datos y cómo controlo su uso por terceros”.

Intel es uno de los líderes tecnológicos globales más implicados en el cambio de paradigma. Ha protagonizado varias operaciones que proyectan un mensaje rotundo: “Desde hace años tenemos claro que el futuro viene por el IoT”, asegura su responsable de comunicación en España y Portugal, Álvaro García. “Hemos desplegado diferentes chips que permiten a los desarrolladores plasmar sus ideas en dispositivos y que éstos puedan llegar al mercado. Sacamos Intel Edison, Intel Curie, Genuino 101 y una plataforma vinculada a la IA”.

IoT Analytics estima que en el año 2020 habrá 50 millones de dispositivos conectados y el mercado del IoT se convertirá en un mercado de varios billones de dólares en el mencionado año. Para cada persona, agrega el mencionado informe, habrá al menos dos e incluso hasta 6 “cosas” conectadas en 2020.

En las fábricas, internet de las cosas mejora sus procesos productivos: los inventarios están totalmente actualizados, se abaratan los costes y se mejora el proceso logístico. El uso de sensores en las máquinas facilita su mantenimiento, anticipa un posible problema – y por tanto su solución - y facilita información a los ingenieros para nuevos diseños.

La fábrica de PSA EN Vigo emplea la tecnología de la startup Situm. Sus sensores son capaces de proveer datos en tiempo real de la interacción de activos móviles con otros elementos (como carretillas, AGVs y demás vehículos logísticos) en el interior de ambientes industriales, proporcionando información valiosa para la optimización del proceso logístico y del uso de estos vehículos. La tecnología de Situm destaca debido a su mínimo tiempo de despliegue, y reduce significativamente los costes de instalación gracias a que puede funcionar con la infraestructura existente. El Grupo

PSA ha escogido a Situm como una de las mejores startups a nivel mundial por Situm Factory Indoor, una solución que adapta su tecnología para localizar otros elementos que no sean personas y poder hacerlo desde dispositivos dedicados.

Internet de las Cosas tiene aplicaciones en diferentes ámbitos. La compañía donostiarra Datik ya está ofreciendo un servicio completo e integral en el mantenimiento de máquinas que comprende desde sensorizar la máquina, enviar esa información a la nube mediante distintos protocolos de conectividad, hasta el análisis de la información mediante algoritmos. A la hora de supervisar el funcionamiento de cualquier máquina los sensores o dispositivos IoT más utilizados se encargan de medir variables como “vibraciones, que son señales de muy alta frecuencia que deben ser procesadas dentro del equipo antes de ser enviadas a la nube; temperatura, que cambia mucho y muy rápidamente; movimiento, como las revoluciones por minuto de un motor; sonido y ruido que pueden indicar que algo no va bien; actuadores, si están funcionando correctamente, y la medición y control de corrientes y tensiones eléctricas”, incide Iñigo Etxabe socio fundador y CTO de Datik

Datik apostó en 2008 por trasladar su conocimiento en nuevas tecnologías al mundo del transporte; primero ferroviario y luego a la automoción y, más concretamente, a los autobuses. En 2011 entraron a formar parte del Grupo Irizar y, hoy en día, se han convertido en una referencia en la aplicación de tecnologías IoT en diferentes tipos de vehículos.

Uno de los principales proyectos relacionados con IoT que está llevando a cabo esta empresa es un programa piloto de un autobús de conducción autónoma en Málaga. “Estamos desarrollando dos demostradores de un vehículo autónomo que permitirán llevar al centro de Málaga a pasajeros que lleguen al puerto de cruceros de esta localidad. El trabajo de Datik en estos demostradores se centra en implementar la sensorica, para que el vehículo pueda detectar posibles obstáculos, y crear el ‘software’ que analizará esa información y permitirá, gracias a herramientas de inteligencia artificial, desarrollar cierta percepción. “Nuestro ‘software’ de percepción detecta diferentes elementos como los coches, los peatones y las señales de tráfico. Con esos elementos genera la visión del entorno cercano y es capaz de hacer sugerencias sobre lo que puede ocurrir en los próximos 3-4 segundos. Puede observar a una persona en un paso de peatones, en qué posición se encuentra, hacia dónde está mirando y en función de esos parámetros puede prever qué va a hacer esa persona. Si estima que va a cruzar la calzada, el autobús puede reducir la velocidad o pararse”, detalla el CTO Iñigo Etxabe.

Para el mundo de la automoción el internet de las cosas es la puerta al coche conectado: desde nuestro coche podremos no sólo tener acceso al correo electrónico, sino que será el propio vehículo el que nos encuentre aparcamiento o nos avise cuando

detecte nuestro cansancio.

La *startup* israelí Otonomo va bien encaminada a liderar el campo de la recopilación y procesamiento de los datos que producen los coches conectados, compitiendo con gigantes de la industria como Google. Cada hora, un automóvil moderno procesa cerca de 25 GB de información, el equivalente de aproximadamente siete películas de alta definición, desde la temperatura del motor y la presión de los neumáticos hasta lo que se escucha en la radio. Otonomo dice tener la respuesta para convertir el '*big data*' de la automoción en ingresos económicos para las empresas del automóvil.

7.2. La revolución del 5G. Nada será como antes

Las redes de telecomunicaciones de la próxima generación (5G) llegarán muy pronto al mercado (hacia 2020). Sostiene Roberto Viola que el año próximo «habrá 5G en Europa». Aunque advierte el director de DG Connect, organismo de la Comisión Europea, que «no será el próximo móvil que compraremos, ni el próximo regalo de Navidad. Es una tecnología para que la usen los médicos, los coches conectados, la industria, la digitalización... Pero esto no es una competición olímpica para anunciar el primero, el más rápido o el mejor 5G».

Más allá de las mejoras en la velocidad, la tecnología 5G abrirá el campo para la implantación definitiva y masiva del Internet de las Cosas con un equilibrio justo entre velocidad, latencia y costo. Aportará una tasa de datos 100 veces mayor que la del 4G, con un milisegundo de retardo y una banda ancha 1.000 veces más rápida. Y esto se traducirá en una hiper conectividad casi absoluta con una reducción del consumo de energía de red del 90%.

En la industria: las fábricas inteligentes conectarán máquinas, procesos, robots y personas para conseguir una producción más versátil y dinámica, más adaptable a las innovaciones. Los únicos componentes fijos de las fábricas modernas serán las paredes, el techo y el piso; el resto será desmontable, con capacidades de conexión directa (plug and play) que permitan conectar máquinas adicionales y que requerirán conectividad inalámbrica.

En el sector de la automoción, el 5G (abre todo un mundo de posibilidades de conectividad, de hecho) es la puerta de acceso al coche autónomo. Se conseguirán más posibilidades de servicios de entretenimiento e información a bordo. Pero sobre todo logrará que los automóviles puedan conectarse no sólo con otros vehículos sino con la red de infraestructuras: semáforos, autopistas, gasolineras, aparcamientos...

Y qué decir de la logística: puertos, aeropuertos, empresas de transporte trabajan con cientos de movimientos cada hora. La última generación de red no sólo permitirá que

la comunicación sea más rápida, sino que será mucho más segura y rigurosa. El transporte inteligente mejorará los flujos de tráfico e incluso reducirá la contaminación con sensores en las embarcaciones o vehículos en movimiento.

Por otro lado, **las redes** son las otras grandes protagonistas, ya que deben permitir la transmisión de datos. Así, el **5G**, la próxima generación de tecnología inalámbrica, permitirá una sociedad totalmente móvil y conectada. El 5G es la red móvil que servirá de base para el IoT. La llegada de este nuevo estándar va a suponer un fuerte impacto en todos los sectores. Con velocidades medidas en gigabits múltiples por segundo, latencia en los milisegundos de un solo dígito y capacidad para manejar 1.000 veces más consumo que las tecnologías de red actuales, 5G promete ofrecer oportunidades de IoT como robótica, vehículos autónomos y la enorme escala esperada en un verdadero conectado. Los datos precisarán de sensores para captarlos.

Las redes 5G tienen el potencial de reducir significativamente la latencia, permitir las cargas y descargas ultrarrápidas, mejorar la eficiencia del espectro y la fiabilidad de la red e incrementar el número de dispositivos que pueden conectarse simultáneamente a la red, favoreciendo el Internet de las Cosas.

La próxima generación de conectividad tendrá tal impacto en la economía global que se estima que generará 3,5 billones de euros de beneficio, 22 millones de puestos de trabajo y atraerá una inversión de 180.000 millones de euros anuales, según destacó el director general de Orange, Stéphane Richard, en abril de 2017 en el Mobile World Congress de Barcelona.

El 5G permitirá que se optimice la conexión de los teléfonos inteligentes, la interacción con drones, con robots de todo tipo, con los nuevos automóviles, pero también mejorará el *streaming* de música y vídeo, ayudará a los *wearables* y a los sensores inteligentes que se vayan instalando en las ciudades para, por ejemplo, controlar el tráfico, la contaminación o la iluminación, y permitirá una mayor eficiencia en los entornos laborales o sanitarios, por citar solo algunos de la larga lista de posibilidades que abre esta tecnología.

La clave está en la llamada revolución de los datos, donde “la cantidad de información generada por todos los objetos conectados a internet será tan viva que las infraestructuras actuales tendrán que evolucionar dramáticamente para lidiar con ello”, explica en ‘El Mundo’ Venkata (Murthy) Renduchintala, presidente del Área de Negocio y Arquitectura de Sistemas de IoT.

Pero para llegar a este punto, antes habrá que definir algunos aspectos. Más concretamente, habrá que definir el estándar del 5G. En la actualidad no existe un estándar unificado para impulsar el 5G en todo el mundo. La Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT) publicó en febrero de 2017 un borrador con las especificaciones técnicas que podría tener esta nueva generación de redes, llamado IMT-2020, en el que proponía, por ejemplo, una velocidad mínima de 20 Gbps de descarga y 10 Gbps de subida; así como una latencia máxima de 4 milisegundos (actualmente rondamos los 20 ms) y capacidad para absorber hasta un millón de dispositivos por cada cuatro metros cuadrados de extensión.

Para que el 5G cumpla su promesa de llegar en 2020 es necesario un testeo de precio que garantice la plena interoperabilidad. Para ello, 25 operadores móviles han anunciado la creación de un laboratorio para probar la tecnología durante sus primeras etapas de vida. El vicepresidente de diseño de producto de AT&T, Gordon Mansfield, explicó en el MWC 2017 que la principal razón de estas pruebas es obtener *feedback* de los usuarios, tanto consumidores como negocio, para validar el 5G en sus distintas verticales.

8.- DE LA CONECTIVIDAD A LA AUTONOMÍA

El motor ha dejado de ser el 'centro' del vehículo. El foco está ahora en el software y en los servicios que se consiguen con él. El coche del futuro será ecológico, conectado y autónomo. Para 2025 más de 81 millones de vehículos estarán conectados y en 2035, 1 de cada 4 vehículos será total o parcialmente autónomo.

a) Los datos y la conectividad

El coche conectado es un reflejo de una sociedad que demanda disponer en su automóvil la misma experiencia de conexión a servicios de Internet con la que cuenta en casa, en el trabajo o a través de sus dispositivos móviles. Asegurar una conducción eficiente, acceder a canales de información o de entretenimiento sin riesgos al volante, abaratar costes o aumentar las prestaciones del vehículo son algunos de los beneficios de la implantación de esta tecnología en los automóviles.

El Informe Global sobre Automoción 2018 que ha hecho la consultora KPMG a nivel mundial entre empresarios del sector (1.000) y conductores (2.400), coincide en que "el ecosistema digital del coche generará más ingresos que la venta del vehículo en sí mismo".

Así, por ejemplo, hasta un 80% de los directivos consultados considera que un automóvil digitalizado y conectado aportará más dinero que 10 que no lo están. Aunque del pastel de esos datos también querrán participar quienes los generan: los usuarios. Si el año pasado, sólo el 30% de conductores estaban dispuestos a compartir la información de forma gratuita, ahora el porcentaje ha bajado al 20%.

La seguridad es uno de los ámbitos que experimentarán una mejora significativa gracias a las nuevas posibilidades que ofrece el coche conectado, disminuyendo los riesgos en caso de accidente, facilitando la asistencia a los ocupantes del vehículo y reduciendo el impacto en la salud de los ocupantes del vehículo mediante servicios como el Smart SOS, capaz de transmitir un paquete de datos con información vital para los equipos de emergencias, como la localización del coche siniestrado y el número de pasajeros. Una aplicación que puede ayudar a salvar vidas, sobre todo en los casos en los que el conductor o los pasajeros se hallen en estado de inconsciencia.

El vehículo conectado se comunica no solo a su fabricante y proveedores, que prestan servicios como información sobre navegación y tráfico. También se comunica con otros dispositivos en el Internet de las Cosas: con smartphones, el hogar inteligente, bicicletas inteligentes, con la infraestructura vial y con otros vehículos

La operadora coreana SK Telecom presentó en el Mobile World Congress 2018 de Barcelona su proyecto de coche conectado, autónomo y 5G. “El vehículo está conectado con el usuario, con los demás coches y con una torre de control”, explica Marta Silva. El vehículo está rodeado de cámaras para una visión 360º que además van mandando imágenes a la torre de control. “Si ocurre un accidente, el coche que va delante puede enviar el vídeo a los demás para que recalculen la ruta y no se forme un atasco”. Lo mismo podría ocurrir con los semáforos, el vehículo los lee a distancia y calcula la ruta más rápida.

Este coche 5G, que demostró su funcionamiento el pasado 5 de febrero en unas pruebas en circuito cerrado en Corea, no está disponible aún por la necesidad de una red 5G que permita una transmisión de datos “mucho más rápida” entre vehículos.

Sin embargo, el vehículo conectado aún tiene varios asuntos que resolver, como es garantizar la privacidad del usuario (que la información sea anónima), la ciberseguridad (que nadie pueda controlar un coche) o asegurar que las comunicaciones funcionen con total fiabilidad.

b) Hacia el vehículo autónomo

Grandes empresas tecnológicas y automovilísticas están inmersas en una carrera por desarrollar el mejor coche autónomo. Este tipo de vehículos promete menos congestión en las carreteras y menos accidentes de tráfico. Aunque los coches autónomos están empezando a salir a las carreteras todavía tienen que mejorar en muchos aspectos como el de entender lo que pasa a su alrededor y controlar sus encuentros con otros vehículos y personas.

El coche autónomo precisa de la conectividad, pero no es lo mismo que el coche conectado, aunque muchas veces se confunde. Javier Gonzalez, presidente de la sociedad científica internacional IEEE Vehicular Technology Society explica sus diferencias por los “sentidos” que emplean. Mientras el coche conectado se centra en el 'oído' (a través de las comunicaciones), el autónomo potencia la 'vista' (con cámaras, sensores y radares). Hoy por hoy siguen caminos independientes que, quizás, lleguen a cruzarse.

En el mercado son varios los sistemas de control de crucero que son capaces de seguir al coche que te precede, mantener la distancia de seguridad, acelerar, frenar, reanudar la marcha si el coche se para por completo, e incluso girar, sin intervención del conductor. Y ninguno de ellos se anuncia como coche autónomo de nivel 3 (aquellos modelos que pueden requerir la atención del conductor en un momento determinado). Entre otras cosas hará falta un repaso a la legislación: la mayoría de los países no nos permiten soltar las manos del volante y dejar que el coche conduzca por sus propios medios.

Para que el coche autónomo sea una realidad es imprescindible la tecnología 5G. Pero ¿cuándo llegará el 5G? Las operadoras hablan de estas redes como un futuro cercano (a partir del 2020) pero pocas son las demostraciones que se realizan con esta tecnología. Este panorama podría cambiar durante este año y Telefónica está dispuesta a ser una de las operadoras que demuestren las bondades de esta red y a liderar su despliegue junto a varios partners, como Nokia o Ericsson. "En tan solo 5 años, el 20% de la población mundial contará con cobertura 5G, tecnología que tendrá un enorme impacto en la experiencia de los usuarios y la transformación digital de las ciudades e industrias", según Jorge Navais, director para la cuenta Telefónica de Ericsson España.

9. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA

En España, los retos del sector automoción son muchos y en los últimos años asistimos a una clara apuesta estratégica por su internacionalización, principalmente con un doble objetivo: diversificar sus riesgos y aumentar su posicionamiento en otros mercados. El sector automoción es más global que nunca, tanto en su producción como en su comercialización, lo que hace necesario aprovechar al máximo las tecnologías disponibles para ser competitivos. Este proceso de globalización de los mercados y de la actividad productiva conlleva nuevas formas de organización de la producción, tanto a nivel internacional como a nivel local, imposibles de llevar a cabo de forma eficiente sino es de la mano de las soluciones tecnológicas.

Las startups y las empresas emergentes españolas están posicionándose con éxito en el mercado automovilístico internacional.

Es el caso de Sherpa, una compañía vasca que lanzó al mercado un asistente virtual para smartphones, ha alcanzado ahora un acuerdo con Porsche para implementar su tecnología en los vehículos de alta gama. Este nuevo asistente virtual aprende del usuario, sabe lo que le gusta y lo que no, y se anticipa a sus necesidades sin tener que preguntar. De forma totalmente proactiva. Por ejemplo, si siempre vas a la oficina a las 8:30 y tardas 20 minutos en llegar y hoy hay atasco, te lo hará saber para que salgas antes. Y si salta una noticia sobre un tema que sabe que te interesa, te avisará. Desde la empresa aseguran estar en contacto con otras firmas de fabricantes de automóviles que no desvelan por confidencialidad.

El uso de herramientas y soluciones tecnológicas adaptadas para la optimización de los procesos y la reducción de costes es vital para asegurar la eficiencia del sector. La tecnología facilita la gestión de los procesos, da seguimiento a las compras, a la logística y a la gestión de los pedidos, y está presente hasta en la propia relación con los clientes. Las empresas tecnológicas apuestan por contribuir a situar a España entre los países líderes en la nueva sociedad digital.

La tecnología de la española LIS-Solutions anticipa las incidencias de la cadena de suministro de grandes compañías. Un robot revisa continuamente cientos de miles de combinaciones para anticipar los problemas. Con esta tecnología, la empresa está digitalizando toda la cadena de suministro de Volkswagen en España, desde el pedido hasta la entrega. Los clientes no se conforman con recibir su coche en un plazo de semanas, incluso meses. Con su solución, los consumidores pueden ver diariamente dónde se encuentra su vehículo. No sólo eso. La compañía de automoción recupera el control de su cadena de suministro.

La factoría de TESLA en Fremont (California), cuenta con el apoyo tecnológico de la startup valenciana IT8 que ya ha demostrado su destreza en Industria 4.0 en multinacionales como Ford, Mazda, Jaguar, GM, Volkswagen, Land Rover o Audi. IT8 ha sido pionera en un aspecto determinado de los gemelos digitales, el *virtual commissioning* o, lo que es lo mismo, la puesta en marcha virtual de una instalación antes de su ejecución en el mundo físico. El objetivo está claro: depurar fallos y adelantar el tiempo de lanzamiento del producto al mercado.

La generación de entornos de colaboración entre empresas y *startups* es imprescindible para mejorar la operatividad, la competitividad y la eficiencia en todos los sectores, por supuesto también en el de automoción. Aportar agilidad, flexibilidad y autonomía; facilitar la digitalización, el intercambio de conocimientos o el acceso a clientes estratégicos, la visibilidad y el aumento de credibilidad, son algunos de los factores para la colaboración entre ambas.



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda
Dirección General de Industria
y Competitividad



**Europa impulsa
nuestro crecimiento**

Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional



UNIÓN EUROPEA

III. POTENCIALES HABILITADORES TECNOLÓGICOS PARA EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN

1. EL CAMINO DE LA DIGITALIZACIÓN

La integración tecnológica ha dejado de ser una opción para el automóvil. Es una mera cuestión de supervivencia. El simple hecho de mantener una fabricación rentable implica la adopción de las nuevas herramientas digitales. Pero también hay una justificación de imagen de marca. Y es que la tecnología se ha convertido en el principal factor que convierte a una marca en premium, según *Harvard Business Review*⁸.

Hasta el momento, el hardware definía el 90% del valor percibido de una marca, pero ahora, esta cifra caerá hasta el 40% y se verá superada por el software del vehículo y el contenido que ofrezca.

Esto repercute directamente en la experiencia generada sobre el cliente. El rendimiento y la seguridad han sido tradicionalmente las cualidades asociadas al lujo. Pero en la era digital, la conectividad y el entretenimiento ganan protagonismo. La industria ha utilizado históricamente la experiencia de conducción como atractivo para convencer al consumidor. Pero, con el avance del coche autónomo, la experiencia dentro del vehículo cambiará. Lo importante ya no será conducir, sino aprovechar el tiempo para trabajar, descansar o entretenerse. Para mantener el mismo estatus que hasta ahora, los fabricantes necesitan ofrecer una integración digital en los automóviles.

Se aproxima, por tanto, una reestructuración de las marcas de lujo en el automóvil. “Las marcas premium que elijan depender exclusivamente o principalmente de sus fortalezas tradicionales, perderán pronto mucha de su habilidad para atraer a los consumidores y crecer en el mercado, mientras que las nuevas marcas podrán alcanzar una posición alta mucho más rápido que nunca”, señala el artículo de *Harvard Business Review*. Un ejemplo claro es el de Tesla, que en tan sólo una década se ha establecido como una marca de lujo.

Una vez marcada esa estrategia, el siguiente reto consiste en dotarla de continuidad. **La digitalización es un camino, un proceso, no un fin en sí mismo.** Por eso siempre hay que tener la mirada en los últimos avances y estudiar su aplicación en cada caso concreto.

La automoción es uno de los sectores que está liderando la transformación digital con la integración de prácticamente todas las herramientas maduras disponibles en el mercado. Pero existe una serie de tecnologías, todavía en su primera fase de desarrollo, que presentan ventajas indudables para la industria. El blockchain, la

⁸“Technology Is Changing What a Premium Automotive Brand Looks Like”

computación cuántica, la impresión 3D de metal o el diseño generativo son las cuatro más prometedoras.

2. LA INCORRUPTIBILIDAD DEL BLOCKCHAIN

Entre las innovaciones más destacadas de la revolución digital ha llegado con fuerza el blockchain, una tecnología que permite la transferencia de datos digitales con una codificación muy sofisticada y de una manera completamente segura. Sin intermediarios. La información está distribuida en nodos conectados y, lo que es más importante, no se puede modificar.

El blockchain mejora el desarrollo del internet de las cosas. Cientos de sistemas y aparatos pueden estar conectados de una manera más segura y fiable. La tecnología blockchain permite el intercambio de datos de forma segura y fiable entre los diferentes dispositivos inteligentes conectados.

Para el sector de la automoción, esta tecnología abre **un campo infinito de posibilidades vinculadas sobre todo con la seguridad de los datos**: los datos de la empresa (confirma la trazabilidad de sus activos y productos), los datos de los usuarios (que una vez dentro del coche vuelcan toda su información en numerosos dispositivos) y la seguridad de la misma movilidad (los vehículos aprovecharán esta tecnología para sus comunicaciones externas con infraestructuras o con otros vehículos).

De esta forma, los vehículos autónomos podrán autogestionar vía blockchain el pago del parking, los peajes, la gasolina, la electrolinera... Las empresas de transporte podrán cobrar a sus pasajeros. Las de logística pueden, con esta tecnología, aplicar el contrato inteligente en el que de manera automática e inmediata se incluyan los certificados de origen, listas de bultos, pólizas de seguro, certificados sanitarios, letras de crédito... Sin intermediarios y con la seguridad de que esa 'cadena de bloques' únicamente se alterará si todos los miembros de la comunidad lo autorizan.

Según Frost & Sullivan⁹, para el año 2025, la inversión total de la industria automovilística en la tecnología blockchain alcanzará los 1.680 millones de dólares aproximadamente, con un 0,6% de inversión debido a su valor en la fabricación inteligente, la logística de la cadena de suministro, retail y *leasing*, el IoT y los servicios de movilidad. La consultora espera que en esa fecha, entre el 10% y el 15% de las transacciones de vehículos conectados utilice la tecnología blockchain.

Empresas como BMW, Honda, Hyundai, Fiat-Chrysler, Ford, Faraday Future,

⁹ Frost & Sullivan and Outlier Ventures Identify the 2017 Global Blockchain Startup Map

Mercedes-Benz, Nissan y Toyota ya han dado sus primeros pasos.

Toyota, por ejemplo, ya está explorando la tecnología de bloques en colaboración con el MIT Media Lab para desarrollar un nuevo ecosistema de movilidad que podría acelerar el desarrollo de la tecnología de conducción autónoma, en particular con el intercambio seguro de datos tanto para los seguros como para las transacciones en el caso de los coches compartidos. “Es posible que se necesiten cientos de miles de millones de datos de conducción humana para desarrollar vehículos autónomos seguros y confiables. El blockchain y las tecnologías de registro distribuido (*distributed ledger*) pueden permitir el agrupamiento de datos de propietarios de vehículos, administradores de flotas y fabricantes para acortar el tiempo para alcanzar esta meta, aportando los beneficios de seguridad, eficiencia y comodidad de la tecnología de conducción autónoma”, afirma Chris Ballinger, director de servicios de movilidad del Instituto de Investigación de Toyota.

Inicialmente la investigación se centra en compartir datos sobre cada viaje que realiza un vehículo autónomo; en el desarrollo de herramientas que los usuarios pueden tener para hacer más fácil compartir viajes; y en crear nuevos productos de seguros. Toyota está aprovechando el desarrollador de aplicaciones blockchain Gem, de Los Ángeles, para trasladar las aplicaciones que ha estado desarrollando para la industria de seguros de la salud al seguro del automóvil.

El proveedor alemán **ZF** e **IBM** anunciaron en 2017 que estaban desarrollando conjuntamente Car eWallet, una tecnología de pago dirigida a futuros servicios de movilidad. De acuerdo con las dos compañías, el ‘coche monedero’ podría ser utilizado por fabricantes de automóviles y proveedores de servicios para manejar peajes, estacionamiento, carga de vehículos eléctricos, compartir coches y servicios en el vehículo.

El Car eWallet es un asistente digital para el automóvil que puede pagar de forma segura y cómoda y recibir pagos en ruta. El Car eWallet está basado en la tecnología de cadena de bloques de IBM, que permite sincronizar la información de cada participante en la red en un registro de datos fiable y que no se puede modificar y garantiza que los usuarios tengan acceso solo a la información que están autorizados a ver y usar. Esto hace posibles transacciones seguras casi en tiempo real sin necesidad de una instancia central o de un tercero fiable. Surge así la primera plataforma de transacciones automatizada para servicios relacionados con la movilidad.

2.1. Nuevos modelos de negocio

La tecnología Blockchain permite contar con un libro de contabilidad digital público descentralizado y distribuido, que servirá para almacenar registros estáticos y datos de transacciones dinámicos en muchos equipos. Estos registros no se pueden alterar sin modificar todos los bloques siguientes. De esta manera, la validez de estas transacciones (que son absolutamente transparentes) queda certificada por el acuerdo entre las partes. Aparentemente sencillo, pero infinitamente más seguro, el blockchain facilita el trabajo en muchos aspectos y permitirá que surjan nuevos modelos de negocio:

- **Plataforma de transporte multimodal:** La tecnología de bloques ayudará a resolver problemas básicos de movilidad, como el uso compartido de la propiedad de vehículos. Consumidores, productores, empresas de movilidad e incluso gobiernos pueden conseguir crear sistemas o plataformas multimodales con servicios de transporte que van desde vehículos individuales hasta flotas disponibles en la plataforma. Con una única forma de pago basada en el blockchain, se conseguirá dar forma a una gran variedad de soluciones de movilidad bajo demanda.
- **Economía compartida (P2P):** Algunas compañías estudian ya la posibilidad de desarrollar una plataforma que eventualmente permitirá a los clientes alquilar sus vehículos autónomos para que otras personas lo utilicen. Es el caso de Toyota, que está realizando pruebas con una app que permitirá a un conductor autenticado acceder a la plataforma a través de una aplicación móvil que encuentra los vehículos disponibles. Gracias al blockchain el usuario podrá reservar, pagar y desbloquear el coche con un solo clic. La aplicación sabrá cuánto tiene que cobrar sin necesidad de aportar los datos en cada momento.
- **Smart contracts:** La tecnología de bloques asegura que cada transacción registrada relacionada con los activos digitales puede ser verificada en cualquier momento en el futuro, permitiendo nuevas transacciones basadas en contratos. Estas transacciones automatizadas son iniciadas y reguladas por los contratos inteligentes, que son básicamente programas que se ejecutan automáticamente según unas condiciones predefinidas y permiten una verificación completa y concluyente sin un intermediario o una institución financiera. Así, el vehículo autónomo es capaz de participar en la comunicación bidireccional con su entorno y puede manejar las transacciones por sí mismo. Los contratos inteligentes ayudarán a los vehículos autónomos a identificar conductores autenticados y a establecer transacciones como horarios de carga de baterías y de precios del combustible o energía. Un ejemplo: la plataforma

Innogy ha puesto en contacto a cientos de estaciones de carga para coches eléctricos en Alemania mediante este sistema.

- **Seguros basados en el uso:** El seguro basado en el uso es una innovación reciente de las aseguradoras automáticas. Se trata de ajustar la prima que se debe pagar con la utilización del vehículo asegurado. El blockchain permite, en este caso, rastrear tanto el kilometraje como el comportamiento del conductor para ajustar sus datos y por tanto el coste. Los vehículos autónomos podrán disponer de cajas negras que, junto con los contratos inteligentes relacionados con los datos de reclamaciones, pueden automatizar los pagos de siniestros, así como archivar y adjudicar reclamaciones basadas en información segura registrada en el contrato inteligente. Esto reducirá los costos, aumentará la velocidad de los pagos y proporcionará nuevos modelos de negocios en el mundo de los seguros. Frost & Sullivan anticipa que este tipo de pólizas podrá ser utilizado por 100 millones de conductores en 2020.
- **Seguridad y privacidad del automóvil:** Los vehículos conectados y la hiperconexión que se anuncia para el vehículo autónomo incrementarán la vulnerabilidad de la seguridad. Incluso el FBI advierte de que los vehículos autónomos pueden convertirse en un problema real para la seguridad nacional si llegan a ser hackeados. Expertos del CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) y del centro de investigación de vehículos virtuales de la Universidad de Nueva Gales del sur estudian la utilización del blockchain para evitar problemas de seguridad. Proponen un sistema donde los datos pueden ser intercambiados de forma segura entre vehículos, *smart cities* y vendedores de software garantizando la privacidad del propietario de automóviles con blockchain asegurando un control de acceso, gestión de identidad e integridad de datos apropiados. Estos sistemas de seguridad pueden proteger vehículos conectados y autónomos contra ataques cibernéticos y brechas de privacidad.
- **Fábricas inteligentes:** La cadena de suministro de una planta automovilística es increíblemente compleja. Incluye numerosos tipos de piezas, proveedores de hardware/software/firmware, distribuidores, o compañías de seguros. Tanto los fabricantes de automóviles como los de la industria auxiliar asumen que su cadena de suministro es de confianza y a no ser que se observe manipulación física obvia o que por casualidad la logística de entrega de dichas piezas falle (robos, retrasos, etc.), la confianza se mantiene. Pero con la entrada en escena de la digitalización y sobre todo del vehículo autónomo, las alarmas de la confianza se encienden. ¿Qué podría suceder si las piezas se falsificaran o no funcionaran como las piezas originales para ese vehículo autónomo? El blockchain permite el desarrollo de registros de memoria de

productos digitales seguros: desde las materias primas, hasta cómo y dónde se fabricaron, incluyendo su historial de mantenimiento y recuperación. La trazabilidad completa de todos y cada uno de los componentes del vehículo.

2.2. El avance de la tecnología

El Parlamento Europeo destaca la idoneidad del empleo del blockchain, mencionando explícitamente como ejemplo de buena práctica la aplicación distribuida CarTrustChain desarrollada desde Asturias por CTIC Centro Tecnológico, habiendo contando para ello con cofinanciación de la Comisión Europea destinada a proyectos de innovación.

En marzo de 2016, tres meses antes de que la DGT anunciase su intención de implantar un registro con el historial de averías y reparaciones de vehículos, el equipo de blockchain de CTIC ya tenía en mente la creación de una aplicación para gestionar cierta información sobre vehículos mediante el registro distribuido que provee el protocolo blockchain. Así en julio de ese mismo año CTIC desarrolló una sencilla prueba de concepto que validó internamente, constatando la idoneidad del caso de uso y de las tecnologías propuestas.

En octubre de 2016, el gigante Ericsson valoraba emplear tecnologías propietarias de la empresa GuardTime (Estonia) para aplicarlas a la trazabilidad y seguridad del software y datos de los vehículos. También en ese mismo mes tuvo lugar la Conferencia Internacional sobre Políticas Contra el Fraude de los Cuentakilómetros organizada por Car-Pass (Bélgica)

Y en el 2018, Ford ha patentado un sistema de gestión cooperativa del tráfico donde los vehículos intercambian información entre sí y emplean un token, por ejemplo para ‘comprar’ preferencia de paso. También grandes empresas tecnológicas como crear servicios basados en blockchain para la industria del automóvil, centrados en explotar de alguna forma la plétora de datos que los sensores de un vehículo generan durante su vida útil.

Con este tipo de aplicaciones distribuidas los propietarios de vehículos y demás implicados pueden unirse en una red global de información veraz sobre vehículos para protegerse mejor de los estafadores.

Explorar los usos del blockchain en el contexto de la movilidad para hacer el transporte más seguro, más económico y más accesible. Este es el objetivo de la iniciativa Mobility Open Blockchain (MOBI), que persigue fomentar un ecosistema donde las empresas y los consumidores tengan no solo la ‘soberanía’ de sus datos, sino garantizar la

seguridad de los mismos.

A través de herramientas y software de blockchain en código abierto, el consorcio MOBI espera estimular una adopción más rápida y escalable de la tecnología por parte de otras compañías que desarrollan servicios autónomos de vehículos y movilidad. Al cooperar a través de esta iniciativa, los socios de MOBI pretenden crear un clima de transparencia y confianza entre los usuarios, ya que se reduce el riesgo de fraude, así como los costes de transacción en la movilidad, como las tarifas o los recargos aplicados por terceros.

Estos son los principales proyectos de MOBI:

- Identidad del vehículo, historial y seguimiento de datos
- Seguimiento de la cadena de suministro, transparencia y eficiencia
- Pagos automáticos de máquinas y vehículos
- Comercio de ecosistemas de movilidad segura
- Mercados de datos para la conducción autónoma y humana
- Compartir coche y viajar en bicicleta
- Precios de movilidad basados en el uso de vehículos, seguros, energía, congestión, contaminación, infraestructura, etc.

Según Chris Ballinger, presidente y CEO de MOBI y exdirector financiero y de movilidad en Toyota Research Institute, esta tecnología está llamada a “redefinir la industria automotriz, cómo los consumidores compran, aseguran y usan vehículos”.

3. COMPUTACIÓN CUÁNTICA

La computación cuántica está a las puertas de convertirse en una realidad. Las expectativas sobre su impacto en todas las industrias son tremendas. “Los ordenadores cuánticos podrían ser exponencialmente más rápidos en la ejecución de programas de inteligencia artificial y ser capaces de lidiar con simulaciones complejas y problemas de planificación. Hasta podrían crear una encriptación irrompible”, dicen desde el *MIT Technology Review*.

Incluso se espera que acabe con la Ley de Moore, que domina la industria de los microprocesadores y ha estructurado la computación en los últimos 50 años. Por todo ello, la automoción no puede dejar pasar este tren.

Estos bits cuánticos (conocidos como cúbits) son una unidad de información básica análoga a los ceros y unos de los transistores comunes de hoy. ¿La diferencia? Pueden

representar un cero, un uno... O ambos al mismo tiempo. Así es cómo son capaces de llegar a realizar varias operaciones a la vez. En definitiva, se trata de que **las máquinas aprovechen la naturaleza y las peculiares propiedades de la física cuántica** para procesar la información de una manera totalmente diferente a los ordenadores tradicionales.

Hasta hace muy poco tiempo, los cúbits y los ordenadores cuánticos solo existían sobre el papel o en frágiles experimentos diseñados para determinar su viabilidad. Pero en 2017, se produjo un auténtico despertar de la computación cuántica y los diseños que sólo existían en la teoría, empezaron a cobrar vida en el mundo real. "Hasta ahora, la tecnología cuántica había estado circunscrita al ámbito de la academia, entendiendo su funcionamiento. No ha sido hasta estos años recientes cuando la hemos trasladado a la ingeniería, haciendo sistemas robustos y estables para, poco a poco, estar preparados para sacar provecho de esta nueva generación de computación", explica Jerry Chow, físico especializado en computación cuántica experimental a INNOVADORES by Inndux.

El progreso de la computación cuántica depende básicamente de grandes multinacionales tecnológicas, que están dedicando ingentes recursos con el objetivo de alcanzar la llamada supremacía cuántica (que un ordenador cuántico supere al mayor supercomputador de hoy). El MIT señala que estas compañías están destinando recursos tanto para la investigación como para el desarrollo de una variedad de tecnologías requeridas para construir una máquina funcional: la microelectrónica, los circuitos y el software de control.

Estos actores clave son Intel, Microsoft, Google e IBM. También destaca un nombre de la rama de la investigación: el instituto holandés QuTech, que ya ha realizado algunos de los trabajos más punteros del mundo. Por lo tanto, si la industria del automóvil quiere empezar a beneficiarse de los avances logrados en la materia tendrá, sí o sí, que aliarse con uno de estos grandes nombres.

3.1. Aplicaciones inimaginables

Los ordenadores cuánticos resultarán especialmente útiles para procesar grandes números (lo que hará que muchas de las técnicas actuales, como la encriptación, se resquebrajen y ofrecerá alternativas indescifrables), para resolver complejos problemas de optimización y ejecutar algoritmos de aprendizaje automático. Pero quizás, **una de las aplicaciones que mayor impacto tenga en la automoción sea la ciencia de los materiales**, que puede transformar la propia estructura de los vehículos como sus fuentes de energía.

El límite actual del diseño de materiales es que las moléculas son extremadamente difíciles de reproducir en un ordenador clásico. “Pero este es un problema básico para los ordenadores cuánticos”, dicen desde el *MIT Technology Review*. De hecho, investigadores de IBM ya han reproducido una pequeña molécula de tres átomos con un ordenador cuántico de siete cúbits.

Simular con precisión moléculas mucho más grandes y más interesantes debería empezar a ser posible a medida que los científicos construyan ordenadores con más cúbits y mejores algoritmos cuánticos.

3.2. Aproximaciones en el mercado

Aunque la computación cuántica está más cerca que nunca de ser una realidad, todavía no está disponible como tal para las empresas. Sin embargo, las grandes compañías tecnológicas han optado por un modelo de negocio disruptivo que consiste en **acercar la tecnología a los futuros clientes para que tengan una primera toma de contacto** y puedan ir aprovechando los avances que se van produciendo poco a poco. Así, cuando finalmente esté lista en el mercado, esa labor de evangelización ya se habrá superado e incluso ya estará implantada en la actividad de las empresas.

La primera en apostar por este modelo ha sido IBM. El Gigante Azul también ha abierto a la comunidad su potencia de procesamiento cuántico, a través de un servicio de experimentación en la nube que permite componer, programar y configurar los sistemas IBM Q de cinco y 20 cúbits de una manera tan intuitiva que hasta un niño podría hacerlo. "Disponemos los cinco cúbits en forma de pentagrama musical, de modo que puedes arrastrar y soltar los procesos en el lugar adecuado, estableciendo las superposiciones o las relaciones entre elementos", explica Talia Gershon, responsable de este programa comunitario, a INNOVADORES by Inndux. Hasta el momento, 75.000 personas han ejecutado tres millones de experimentos con base cuántica.

"Hay otra forma de hacer computación cuántica que no puede hacer exactamente lo mismo, pero sí es suficiente para los problemas reales de la industria", indica a INNOVADORES Joseph Reger, CTO de Fujitsu en EMEA. La compañía nipona ha seguido el mismo camino que IBM. Su oferta pasa por una tecnología de inspiración cuántica que logra resolver problemas (casi) igual de complejos y (casi) igual de rápido en presente y no en futuro con un simple chip.

Bajo el nombre de Digital Annealer, la aplicación se circunscribe a problemas de optimización combinatoria. Simplificando mucho significa que, si tengo X opciones

para hacer esto, ¿cuál es la mejor en términos de eficacia, rapidez, menores costes, sencillez o cualquier parámetro que se desee? Para resolver estas operaciones, en lugar de ordenadores cuánticos, se puede utilizar el sistema de los *Quantum Annealers*, es decir, algoritmos del temple cuántico, mucho más sencillos que los computadores cuánticos.

Atos es otra tecnológica que ha querido adelantarse a la llegada de los cúbits en el día a día empresarial. La compañía ha creado la primera máquina comercial capaz de simular 40 cúbits. De esta forma, ha logrado reducir esa potencia en una caja a un coste asumible.

3.3. Volkswagen toma posiciones

Pocas empresas en el mundo pueden presumir de mostrar usos reales, pero una de las pioneras ha sido una del automóvil: Volkswagen. La alemana ya se está beneficiando de esta nueva generación de tecnología gracias a su acuerdo de colaboración con dos grandes partners tecnológicos: Google y D-Wave, que ofrecen a los expertos industriales acceso a sus sistemas.

"Nosotros no queremos construir un ordenador cuántico, queremos usarlo", dice el responsable de computación cuántica de Volkswagen Data:Lab, Christian Seidel. Y eso es lo que están haciendo. Por primera vez, ha simulado con éxito moléculas relevantes para la industria utilizando esta técnica. ¿Qué tipo de moléculas? Hidruro de litio o cadenas carbonadas. ¿Para qué? Para el desarrollo de baterías alto rendimiento para los coches eléctricos. Los investigadores trabajan en la simulación de compuestos químicos más complejos con el fin último de crear la batería del vehículo del futuro.

Otro ejemplo. Volkswagen ha calculado con computación cuántica cómo reducir el ruido dentro del coche cambiando la forma de las ventanillas.

4. IMPRESIÓN 3D DE METAL

La fabricación aditiva está demostrando su potencial más allá del prototipado. La tecnología está superando dos de las barreras clásicas a las que se enfrentaba: el tiempo y el coste de producción. El foco se centra ahora en el tercer freno de la impresión 3D: los materiales.

La industria busca cómo ampliar el potencial de estas máquinas al mayor abanico de materiales posibles. Y entre todos ellos, hay uno que se alza como especialmente valioso para la industria del automóvil, el metal.

“La impresión 3D de metales permite **crear piezas más ligeras y fuertes y con formas complejas**, imposibles de lograr con los métodos convencionales de fabricación de metales”, dicen desde el *MIT Technology Review*. También puede proporcionar un control más preciso de la microestructura de los metales. En 2017, los investigadores del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (EEUU) anunciaron que habían desarrollado un método de impresión 3D para crear piezas de acero inoxidable el doble de resistentes que las que se producen por métodos convencionales.

La impresión en 3D de piezas metálicas es cada vez más fácil. Los avances en la tecnología se suceden casi mensualmente. Desktop Metal, una de las pioneras en la materia, ya ofrece un software que genera diseños listos para imprimir. Los usuarios le dicen al programa las especificaciones del objeto que desean imprimir y el software produce un modelo de ordenador adecuado para la impresión.

HP se ha desmarcado recientemente de la competencia con una máquina para la fabricación a gran escala de piezas metálicas industriales: la HP Metal Jet. Se trata de producción en masa en líneas finales y no solo en prototipos. Sus ventajas ya han seducido a una de las grandes de la automoción, como Volkswagen.

Un único coche puede tener entre 6.000 y 8.000 piezas diferentes, por lo que poder producir muchas de estas piezas sin tener primero que construir las herramientas de fabricación es un gran avance en el proceso productivo. Este es uno de los motivos por los que Volkswagen ya está integrando HP Metal Jet en su estrategia de diseño y producción a largo plazo, a través de GKN Powder Metallurgy.

El objetivo es agilizar la fabricación de piezas personalizables en masa, como llaveros y placas de nombre instaladas en el exterior de los vehículos. En este plan también se incluye la producción de piezas funcionales de mayor rendimiento con significativos requisitos estructurales, como los pomos de la palanca de cambio y las monturas de espejos.

Además, cuando nuevas plataformas como los vehículos eléctricos se introduzcan en la producción en masa, se espera que la tecnología de impresión 3D en metal pueda aprovecharse para aplicaciones adicionales, como lograr una mayor ligereza de las piezas metálicas con plena certificación de seguridad.

“La industria del automóvil está viviendo una revolución: los propios clientes demandan personalización, y en 2025 las marcas del Grupo Volkswagen lanzarán 80 nuevos modelos eléctricos”, apunta Martin Goede, jefe de planificación y desarrollo tecnológico en Volkswagen, en comunicado de prensa. “Al reducir el ciclo de la producción de piezas, podemos obtener un mayor volumen de producción en serie muy rápidamente”.

Esta nueva tecnología, presentada en septiembre de 2018, tiene “una productividad hasta 50 veces mayor y a un coste significativamente más reducido que otros métodos de impresión 3D”. Helena Herrero, presidenta de HP para España y Portugal, subraya que las implicaciones de esta tecnología van a ser “enormes”, porque “solo los sectores de automoción, industrial y médico producen cientos de miles de millones de piezas metálicas cada año”.

4.1. Tecnología ‘made in Spain’

La vizcaína Addilan es una de las pocas que ha asumido el reto de la impresión 3D de metal en España a través de su tecnología WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing), que utiliza hilo de material metálico y soldadura por arco. Acero, aleaciones de titanio, superaleaciones y aleaciones de aluminio... Materiales que podrán utilizarse para fabricar piezas de mayor tamaño, con menor uso de materia prima y menor tiempo de fabricación. Sin olvidar que duplicará la productividad de los sectores industriales, como la automoción.

La tecnología WAAM se basa en un cabezal de soldadura que va fundiendo la punta del hilo metálico y lo va depositando en una base. A medida que se enfría, se superpone una nueva capa de metal fundido sobre la anterior y así hasta completar la pieza. Las ventajas respecto a otras opciones de fabricación aditiva en metal se centran en el tamaño de los objetos (4x4 metros), la velocidad de fabricación y el ahorro de costes.

Otra ventaja competitiva es la tasa de aporte o la velocidad a la que se va generando la pieza, que es mayor que otras tecnologías. Entre 3-8 kilos/hora dependiendo del material. En cuanto a materiales, la gran aportación es que el hilo de metal ya se utiliza en soldadura, por lo tanto, ya existen hilos certificados.

5. DISEÑO GENERATIVO

La inteligencia artificial se está colando en todos los sectores, actividades y procesos posibles. El diseño no podía quedarse al margen. De hecho, nos encontramos a las puertas de una nueva era protagonizada por el llamado diseño generativo.

Una de las compañías que trabaja en convertir esta idea en realidad es Autodesk. Su objetivo es crear herramientas que permiten a los inventores testear sus ideas en un espacio virtual antes de llevarlas al mundo físico. Hasta ahora, la simulación ha estado atada a la resolución de las imágenes. A más calidad, mayor necesidad de capacidad de computación y, por tanto, más tiempo de espera. “La simulación se concebía como una partida de Hundir la Flota”, dice Brian Mathews, vicepresidente de ingeniería de plataformas en Autodesk, en INNOVADORES. “Probabas, esperabas y, si no funcionaba, volvías a probar y esperar”. Con la nube, todo cambia.

El *cloud computing* no sólo convierte al sistema en escalable, sino que abre las puertas a un nuevo tipo de diseño totalmente disruptivo, el generativo. Y precisamente el motor es una de las industrias que ya se ha beneficiado de las bondades de este nuevo paradigma. La empresa Lightning Motorcycles necesitaba ganar ligereza mejorando el diseño de una de las piezas de sus motos eléctricas (en concreto, el brazo oscilante). En vez de ofrecer un boceto inicial sobre el que trabajar, el personal de Autodesk introdujo tres datos: los puntos de presión, las fuerzas involucradas y los materiales de fabricación. En la nube, muchos ordenadores hicieron simulaciones de forma paralela; unos quitando material de una parte; otros, de otra. Hasta que el sistema ofreció una solución. Así, sin un dibujo previo. “Es capaz de pensar de forma divergente, explorando creativamente en el posible espacio de diseño”.

Pero aquello no fue lo más sorprendente. Resulta que la pieza recordaba a algo... a la pelvis de un gato. “De muchas formas, el diseño generativo imita a la evolución orgánica y ofrece resultados basados en la naturaleza”, afirma Mathews. El algoritmo, en realidad, sólo se basa en física y matemáticas. No sabe nada sobre biología. “Pero como la naturaleza trabaja en un mundo con leyes físicas, como la gravedad o las fuerzas, la simulación llega a la misma solución que la naturaleza”.

Este diseño generativo también se ha probado en aeronáutica, un sector que se basa en dos premisas: seguridad y ligereza. Autodesk ha trabajado con Airbus para reducir el peso de los soportes de los asientos de su último A320. En este caso, se ha usado un algoritmo que estaba inspirado en los patrones de crecimiento de un organismo natural. ¿El resultado? 10.000 soluciones diferentes. Todas válidas. En una industria donde un 5% de reducción del peso se considera un avance enorme, sus diseños aportaban un 45%. No sólo eso. También ganaban en resistencia. “El diseño elegido,

aplicado a toda la flota de A320, producía un ahorro de combustible para Airbus equivalente a quitar 96.000 vehículos de circulación”, dice Mathews. “Imaginemos cómo impactaría el diseño generativo a todo el avión”.

El diseño alcanzará un nivel superior con la inteligencia artificial. Pero para conseguirlo, primero hay que entrenar los datos y enseñar a la máquina a aprender en la nube. En el futuro, el diseño generativo y el *machine learning* (rama de la IA) formarán los dos lados de una misma moneda. Autodesk ya está aplicando este tipo de algoritmos para que la máquina vaya aprendiendo por su cuenta. La Inteligencia Artificial ve los datos que entran y predice qué va a salir. Si se equivoca, su red neuronal aprende. Cuanta más información pasa por el sistema, mejor será su predicción, hasta el punto en que ni siquiera tendrá que hacer la simulación. Así es cómo el *machine learning* acelerará las simulaciones, lo que antes necesitaba cinco horas, se puede hacer en menos de un segundo.



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Economía y Hacienda
Dirección General de Industria
y Competitividad



**Europa impulsa
nuestro crecimiento**

Fondo Europeo
de Desarrollo
Regional



UNIÓN EUROPEA

IV. MODELOS DE COLABORACIÓN EN LA INDUSTRIA 4.0

1. UNA VISTA CLÁSICA DE LOS MODELOS DE COLABORACIÓN

El sociólogo británico Roy Rothwell identificó en 1994 cinco generaciones de modelos de innovación en un periodo de cuarenta años. Las cinco generaciones son:

- El empuje de la tecnología (desde los años 50 hasta mediados de los años 60).
- Tirón de la demanda del mercado (desde mediados de la década de los 60 hasta principios de los 70).
- Modelos iterativos o de acoplamiento de la I + D y el marketing (desde mediados de la década de los 70 hasta mediados de la década de los 80).
- Los procesos de innovación integrados (desde principios de la década de los 80 hasta mediados de la década de los 90).
- Los procesos de integración de sistemas y redes (desde la década de los 90 en adelante).

El investigador Michael Hobday resumió en el año 2005 las características de la 5ª generación de modelos de innovación propuesto por Rothwell, incluyendo aspectos tales como:

- La promoción de desarrollos paralelos totalmente integrados con el apoyo de las tecnologías de información y comunicación (TICs) avanzadas.
- El uso de sistemas expertos y modelos de simulación en I + D.
- El desarrollo de vínculos estrechos con los clientes líderes e integraciones estratégicas con los principales proveedores, incluyendo el co-desarrollo de nuevos productos y servicios.
- La generación de vínculos horizontales incluidas las alianzas empresariales.
- El despliegue de grupos de investigación en colaboración.
- El desarrollo de acuerdos de colaboración de marketing y comercialización.

En la actualidad el modelo de 5ª generación tiene gran influencia en el mundo industrial. Es recomendable que las empresas intenten desarrollar actividades en torno a las características descritas por Michael Hobday.

2. LA INNOVACIÓN ABIERTA

Por otra parte, los expertos en innovación no están de acuerdo en cuál podría ser el próximo modelo de innovación (6º modelo de innovación). Sin embargo, una perspectiva que ha captado la atención de los profesionales y académicos es el concepto de la innovación abierta. El profesor Henry Chesbrough publicó en el año 2003 el libro *Innovación abierta: el nuevo imperativo para crear y beneficiarse de la tecnología*. Chesbrough propone el uso intensivo del conocimiento, tanto interno como externo, con el objetivo de acelerar la innovación interna y expandir los mercados para el uso externo de la innovación. Tradicionalmente, las empresas han gestionado esta cuestión de forma cerrada con el uso exclusivo del conocimiento y medios propios. Según la innovación abierta, los proyectos de investigación pueden iniciarse desde dentro o desde fuera de la empresa, pueden entrar o salir en fases intermedias y pueden alcanzar el mercado por los canales de marketing y ventas propios o por otras vías, como licencias de explotación o escisiones.

Un término relacionado es la “innovación abierta colaborativa”. Según Baldwin y von Hippel (2011), este concepto se conoce como abrir la innovación de forma colaborativa y una de sus características diferenciales es la puesta en común de los esfuerzos de diseño individuales y colectivos para el uso y disfrute de cualquiera. Ejemplos reales que salen de esta lógica de pensamiento incluyen proyectos como Linux o Wikipedia. Las nuevas tecnologías y el diseño modular han fomentado la innovación de los usuarios individuales, de las empresas usuarias y la innovación colectiva como la arquitectura principal de la innovación adoptada por las empresas en una economía basada en el bien común. La innovación colectiva se basa en la arquitectura de la innovación relacionada con un bien público que no es excluyente y que su fin no es el de la rivalidad. La innovación colectiva se enmarca en el fomento del software libre y la ciencia abierta. La innovación abierta colaborativa supone la involucración de contribuidores que comparten sus trabajos de generación, diseño y asimismo también los resultados de sus esfuerzos individuales y colectivos para el uso de cualquier persona.

La innovación abierta y la innovación abierta colaborativa han adquirido gran relevancia en relación a la nueva economía digital.

3. UNA VISTA EVOLUTIVA DE LOS MODELOS DE COLABORACIÓN

El emprendedor en serie y académico de Silicon Valley Steve Blank nos ofrece en un par de artículos del año 2015 otra perspectiva para analizar la evolución de la innovación. Steve propone cuatro periodos diferenciados:

- El primer periodo comprende desde 1870 hasta 1920 y se caracteriza porque la innovación sucedía fuera de las grandes empresas a través del esfuerzo de inventores, emprendedores y pequeñas empresas que vendían sus invenciones y patentes a las grandes empresas. Inventores de la talla de Thomas Edison y Graham Bell formaron parte de este periodo.
- El segundo periodo transcurre desde 1920 hasta 1990 y se caracteriza porque las grandes empresas crearon sus propios centros de I+D internos (Corporate R&D Labs). Algunos ejemplos incluyen GE, DuPont, Bell Labs, IBM Research, 3M, Xerox PARC y Kodak Labs.
- El tercer periodo abarca desde 1990 y se caracteriza por la irrupción de la era de las tecnologías de información y comunicación (TICs). En este periodo, las estrategias corporativas de innovación se enfocaron en invertir y comprar startups externas. Para ello, las empresas desarrollaron grupos de capital riesgo y desarrollo de negocio.
- El último periodo transcurre desde el año 2010 y se caracteriza por la aparición de los centros de innovación. Se trata de incubadoras aceleradoras corporativas que trabajan con una mentalidad de innovación abierta con el objetivo de alcanzar esa innovación que, de otra manera, no sería posible.

En la actualidad, las empresas pueden utilizar una mezcla de todas las fórmulas descritas por Steve Blank. Sin embargo, la creación de centros de innovación ha supuesto desde los últimos cinco años una auténtica revolución en la industria

4. INCUBADORAS ACELERADORAS CORPORATIVAS

Un estudio de Capgemini del año 2017 aborda el inevitable aumento de centros de innovación en todo el mundo. La mayoría de los centros de innovación funcionan como aceleradores de startups para fomentar el desarrollo de tecnologías y como laboratorios internos de innovación de las empresas. Entre noviembre del año 2016 y Octubre del año 2017 los tres sectores más importantes en relación a la apertura de centros de innovación son:

- Electrónica y tecnologías de la información (26)
- Automoción (21)
- Servicios financieros (20)

Las tres áreas de foco tecnológico son:

- Inteligencia artificial (44%)
- Big Data y Analíticas (39%)

Las 10 principales localizaciones del mundo donde las empresas han abierto centros de innovación en el año 2017 son Silicon Valley, Singapur, Londres, Bangalore, París, Atlanta, Berlín, Tel Aviv, Boston, Shanghái. La gran novedad de esta lista es la subida de Singapur a la segunda posición y Bangalore a la cuarta posición. Si analizamos la situación global en Europa, podemos observar que de los centros de innovación 75 se encuentran en Silicon Valley, 27 en Singapur y 22 en Londres.

Con relación a los objetivos perseguidos por estos centros de innovación, el principal es la asociación con ecosistemas. Otro objetivo muy importante es la innovación de productos y el desarrollo de conceptos. Estos datos confirman que el interés por desarrollar centros de innovación se ha disparado en los últimos años para conectarse, crear ecosistemas e innovar.

5. LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN UTILIZADOS DENTRO DE LOS CENTROS DE INNOVACIÓN

El profesor de la escuela de negocios INSEAD Nathan Furr y el profesor de Brigham Young University Jeff Dyer publicaron en el año 2014 el libro *El método del innovador* en el que explican las fases y la secuencia ideal del proceso de innovación. Las cuatro fases son:

- Descubrimiento del desafío o reto.
- Entendimiento del problema.
- Desarrollo de la solución.
- Generación del modelo de negocio.

Los autores ubicaban en dichas fases seis herramientas que en los últimos años las startups están utilizando con éxito:

- Creatividad e incubación.
- Innovación abierta.
- Pensamiento de diseño.
- Métodos ágiles.
- Lean startup
- Modelos de negocio.

Con relación al uso real de estas metodologías y herramientas, la consultora PwC publicó un interesante estudio en el año 2017. Dicho estudio, realizado a más de 1200 líderes empresariales y ejecutivos globales, investigaba cómo las empresas están afrontando los retos de la innovación. El informe exploraba los diferentes enfoques de los modelos de ideación e innovación considerados más exitosos. Las empresas se están volviendo más inclusivas y están adoptando modelos de innovación abierta. Las empresas más innovadoras hoy en día están promoviendo la innovación tanto dentro como fuera de sus organizaciones, rompiendo las barreras tradicionales para traer un ecosistema mucho más amplio de ideas, conocimientos, talento y tecnología. La investigación ofreció los siguientes resultados:

- El 61% de los encuestados indicaba que su empresa estaba implementando un modelo de innovación abierto.
- El 59% de los encuestados indicaba que su empresa utilizaba el método del pensamiento de diseño (Design Thinking o DT).
- El 55% de los encuestados indicaba que su empresa utilizaba la co-creación con clientes, socios y proveedores.

- El 34% de los encuestados indicaba que su empresa utilizaba la I + D tradicional.
- Finalmente, el informe sugería que el factor X de la innovación es la aportación que hacen los empleados. La mayoría de las compañías encuestadas (60%) consideran a los empleados internos como su socio más importante para la innovación.

Estos resultados refuerzan la idea de que las empresas deben trabajar al mismo tiempo los proyectos de innovación y crear el contexto en la empresa para que la innovación tenga éxito. Con relación al primer aspecto, distintos expertos coinciden con el planteamiento de Nathan Furr y Jeff Dyer e inciden en la idea de que el proceso de innovación se suele caracterizar por una serie de etapas o fases que empiezan por un desafío de innovación que intenta resolver un problema u oportunidad. Por ello, es importante empezar identificando las necesidades latentes del desafío de innovación. Posteriormente se trabaja en las fases iterativas de entendimiento, observación, descubrimiento, generación de ideas, prototipos y pruebas, implementación, lanzamiento y explotación. Durante todo el proceso se va aprendiendo y mejorando el proceso de innovación.

6. LAS METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS USADAS POR LAS STARTUPS QUE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS ESTÁN INCORPARANDO EL RESTO DE EMPRESAS

Cada vez es más frecuente que las empresas trabajen con metodologías y herramientas que intentan poner al cliente y usuario en el centro de todo. Estas metodologías y herramientas buscan fallar rápido y barato para confirmar las hipótesis de los modelos de negocio. Algunas de las metodologías y herramientas utilizadas en los últimos años por startups y empresas incluyen las siguientes:

- **El reto de innovación:** Expertos en innovación advierten que el 75% de los fallos se producen al saltarse parte del proceso de innovación. Los éxitos suelen empezar enfocados a oportunidades, anomalías o problemas que merecen la pena. Si es posible, se debería comenzar desde el reto de la innovación que significa encontrar una oportunidad, anomalía o problema con potencial de negocio. Para ello es muy importante utilizar herramientas de exploración y observación. Por ejemplo, podemos utilizar distintos tipos de pensamiento como, por ejemplo, el pensamiento sistémico, lateral o visual. También podemos aprovechar la innovación por hibridación (también llamada efecto Medici o polinización cruzada) que busca innovaciones en las

intersecciones entre áreas de conocimiento e industrias. Otra posibilidad es crear equipos que equilibren perfiles especialistas, generalistas, polímatas y las posiciones intermedias.

- **Pensamiento de diseño:** El pensamiento de diseño usa los métodos de los diseñadores para satisfacer las necesidades de las personas considerando la factibilidad tecnológica y viabilidad comercial. El pensamiento de diseño consta de 5 pasos: (1) empatizar, (2) definir, (3) idear, (4) prototipar y (5) evaluar. En general, podemos decir que el pensamiento de diseño alterna entre el pensamiento divergente y convergente. Durante el pensamiento divergente se pueden utilizar una gran variedad de metodologías y herramientas de análisis para ofrecer diferentes ideas que resuelvan el reto de innovación. Una vez que dispongamos de cientos de ideas posibles para resolver el reto de innovación es el momento de utilizar el pensamiento convergente para encontrar la solución que mejor encaje. En la zona divergente podemos utilizar herramientas como los mapas de *stakeholders*, safaris de servicio, *shadowing*, *customer journey maps*, entrevistas en contexto, etnografía móvil, un día en la vida de..., mapas mentales, mapas de empatía. En la zona convergente podemos utilizar herramientas como el diseño de escenarios, *storyboards* o el desarrollo rápido de conceptos.

- **Agilidad:** La agilidad es un atributo empresarial que facilita operar de manera predecible incluso ante la complejidad extrema. En especial en las empresas de desarrollo de software se han promovido métodos ágiles en contraposición a modelos más rígidos de desarrollo en cascada. Los primeros métodos interactivos e incrementales de desarrollo de software se remontan al año 1957. Desde entonces se han desarrollado metodologías ágiles como Scrum, programación extrema (XP) o Kanban.
 - Scrum es un marco para gestionar el desarrollo ágil de software. Su nombre proviene del avance en formación de melé de los jugadores de Rugby. Scrum está diseñado para equipos de 3 a 9 desarrolladores que dividen su trabajo en ciclos de 2 semanas (*sprints*), controlan el progreso diariamente en reuniones de 15 minutos y entregan software utilizable al final de cada sprint. Los roles principales en Scrum son dueño del producto, *scrummaster* y equipo scrum.

 - La programación extrema, también conocida como XP, es un proceso ágil cuyo objetivo es mejorar la calidad del software y la capacidad de respuesta a las necesidades cambiantes de los clientes. Su uso actual facilita frecuentes lanzamientos de desarrollos en ciclos de desarrollo cortos con puntos de revisión y control conectados con las

necesidades de los clientes.

- El origen del método Kanban se remonta a los años 40, cuando Toyota desarrolló nuevos sistemas de control para conseguir una producción sin desperdicios enfocada a entregar el máximo valor a los clientes. Kanban se ha adaptado a la gestión del conocimiento como un sistema de proceso visual que tiene como objetivo gestionar el trabajo, equilibrando las demandas de los clientes con la capacidad disponible para mejorar el manejo de los cuellos de botella. Consta de cinco elementos: (1) visualizar, (2) limitar el trabajo en curso, (3) dirigir y gestionar el flujo, (4) explicitar las políticas de proceso, (5) utilizar modelos para capturar oportunidades de mejora.
- **Lean Start-up:** El método Lean Startup está diseñado para que una empresa de nueva creación crezca a la máxima velocidad, evaluando las demandas específicas del consumidor para satisfacerlas, usando la cantidad mínima de recursos posibles. Este concepto propone el uso de conceptos como la prueba de concepto (*proof of concept*, POC) y el concepto producto mínimo viable (PMV) que es la versión de un nuevo producto que permite recoger con el mínimo esfuerzo la máxima cantidad de conocimiento validado acerca de los consumidores. Este último concepto, el producto mínimo viable, intenta responder a las preguntas ¿Para quién es el producto?, ¿Qué debe tener?, ¿qué debería tener?, ¿Qué podría tener? y ¿Qué alternativas existen? Sin embargo, estos conceptos resultan algo complicados de entender por los ejecutivos y emprendedores que los usan. Por ello, para comprender mejor estos conceptos resulta muy útil mirar al mundo de la innovación donde, desde hace décadas, se han utilizado este tipo de lógicas. El profesor Carlos Osorio nos explica en su artículo del año 2010 para HBR titulado *El arte de fallar* que en un proyecto exitoso de innovación debemos hacer muchos prototipos de inspiración, pocos prototipos de evolución y muy pocos prototipos de validación. La clave es trabajar un proceso iterativo para aprender y mejorar la solución en base al interés y reacciones de los clientes. Lo que buscamos es fallar rápido y barato para mejorar nuestra solución hasta el punto de que encaje con el mercado objetivo.
- **Modelo de Negocio:** Una encuesta global realizada por el Economist Intelligence Unit entre más de 4.000 altos directivos encontró que el 54% prefería desarrollar nuevos modelos de negocio antes que desarrollar nuevos productos y servicios como fuente de ventaja competitiva futura. Un estudio global realizado por IBM entre más de 750 líderes de los sectores públicos y privados observó que las empresas cuyos márgenes de

explotación habían crecido más rápido que sus competidores durante los últimos cinco años eran dos veces más propensas a enfatizar nuevos modelos de negocio, en lugar de nuevos productos o la innovación de procesos. Hoy en día se están utilizando mucho dos herramientas de modelos de negocio para estructurar la información en nueve bloques. La primera es el lienzo de modelo de negocio de Alexander Osterwalder y la segunda es una versión derivada de la primera que ha desarrollado Ash Maurya con un enfoque mejor para proyectos de emprendimiento. Según Alexander Osterwalder, el lienzo de modelo de negocio es una herramienta conceptual que, mediante un conjunto de elementos y sus relaciones, permite expresar la lógica mediante la cual una empresa intenta ganar dinero generando y ofreciendo valor a uno o varios segmentos de clientes objetivo. La herramienta consta de varias cajas que son la propuesta de valor, los segmentos de clientes, la relación con clientes, las actividades clave, los socios clave, la estructura de costos y las fuentes de ingresos. Otra aportación en las herramientas de modelos de negocio nos la hace la autora Nancy Bocken que en el año 2013 integra la triple cuenta de resultados en el lienzo clásico de modelos de negocio. Recordemos que la triple cuenta de resultados es un marco contable que fomenta los negocios sostenibles en base a tres dimensiones fundamentales: económica, social y ambiental. Finalmente, merece la pena utilizar el trabajo de los autores Oliver Gassmann, Karolin Frankenberger y Michaela Csik que publicaron un estudio denominado *The St. Gallen Business Model Navigator* analizando 250 modelos de negocio que han sido aplicados en diferentes industrias a lo largo de 25 años. El resultado de este trabajo son 55 patrones de modelos de negocio que podemos utilizar para construir nuestros propios modelos de negocio.

7. LOS NUEVOS DESAFÍOS DE LOS MODELOS DE COLABORACIÓN Y TECNOLOGÍAS EXPONENCIALES

El estudio de PwC mencionado en el punto 5 destacaba que más de la mitad de las empresas (54%) no saben cómo alinear sus estrategias de negocio e innovación navegando literalmente “a ciegas” en un entorno de cambios acelerados. Únicamente una cuarta parte de los líderes empresariales considera que su organización supera a los competidores en innovación. Este reto afecta a todas las industrias y se acentúa a medida que la empresa invierte más en sus recursos de innovación. El 65% de las empresas que están invirtiendo en innovación por encima del 15% de sus ingresos considera que la máxima prioridad estratégica es alinear la estrategia de negocio con la visión de innovación.

El informe encontró que **la estrategia es el factor determinante del éxito de una iniciativa de innovación**, por encima del tamaño de la inversión. El informe también destaca que los ejecutivos y los líderes empresariales a menudo no saben ni cómo ni por dónde empezar cuando se enfrentan a los desafíos de innovación. La mayoría de los encuestados considera que la métrica más importante para evaluar el impacto de las iniciativas de innovación es el crecimiento en ventas (69%), seguida de la satisfacción de los clientes (43%) y el número de ideas nuevas (40%). Sin embargo, ya hemos visto en el estudio de Capgemini que las empresas están creando centros de innovación para crear ecosistemas y extender la innovación por toda la empresa.

A los desafíos identificados por PwC debemos añadir el impacto de las tecnologías exponenciales en la industria. Un estudio particularmente interesante es el desarrollado por Deloitte, Singularity University y Compete titulado *The Exponential Technologies in Manufacturing*. Dicho estudio explora cómo las tecnologías exponenciales están transformando el futuro de la fabricación y cómo las empresas manufactureras globales pueden aprovechar mejor este cambio acelerado para evolucionar, crecer y prosperar. El estudio define las tecnologías exponenciales como aquellas que permiten el cambio a una velocidad acelerada. Esta transformación se está viendo facilitada por la reducción de costes y los progresos en áreas tales como la potencia de computación, el ancho de banda y el almacenamiento de datos.

El estudio incluye el marco conceptual de las 6 Ds de Peter Diamandis y Steven Kotler, según el cual las tecnologías exponenciales se caracterizan por estar digitalizadas, ser engañosas, ser disruptivas, estar desmonetizadas, desmaterializadas y democratizadas. El marco de las 6 Ds describe el viaje que lleva a cabo una tecnología exponencial, según la cual a medida que la tecnología impacta en los mercados, las barreras de entrada se diluyen y las líneas entre sectores e industrias se desdibujan. La competencia surge de fuentes no tradicionales que suelen buscar ventajas más allá del producto en sí (proximidad al cliente, acceso a los datos y el conocimiento, etc.) Estos competidores empiezan a ser jugadores más pequeños capaces de capturar de forma más veloz el inmenso valor que pueden proporcionar las tecnologías exponenciales. Estos nuevos entrantes son tan ágiles que consiguen superar a los pesos pesados de las distintas industrias de una forma jamás vista antes.

El Instituto Global Mckinsey en su estudio *Artificial intelligence: The next digital frontier?* analizaba el estado actual de la Inteligencia Artificial como una pieza clave de las tecnologías exponenciales. De dicho estudio se puede apreciar que son, de momento, los grandes tecnológicos, como Amazon, Apple, Google y Facebook los que más están invirtiendo en el desarrollo de tecnologías relacionadas con la Inteligencia Artificial. Sin embargo, la adopción comercial todavía es muy lenta. En el estudio podemos encontrar datos sobre la inversión externa en empresas enfocadas en Inteligencia Artificial por categoría de tecnología. Las seis áreas por orden de

importancia son: (1) el aprendizaje automático, (2) la visión computarizada, (3) el procesamiento del lenguaje natural, (4) los vehículos autónomos, (5) la robótica avanzada y (6) los asistentes virtuales.

El estudio también nos ofrece un resumen de los sectores en los que la adopción de la Inteligencia Artificial está ocurriendo con mayor velocidad. Estos sectores son: tecnología y telecomunicaciones, automoción y montaje, servicios financieros, energía, medios y entretenimiento, productos envasados para el consumidor, transporte y logística, retail, educación, servicios profesionales, salud, construcción y turismo. Los expertos consideran que las empresas que combinen unas fuertes capacidades digitales junto con una adopción y una estrategia proactiva de la Inteligencia Artificial alcanzarán unos mejores rendimientos empresariales.

8. LA SUPERVIVENCIA EMPRESARIAL Y LA INNOVACIÓN DIGITAL

La consultora estratégica Boston Consulting Group publicó su ranking de empresas más innovadoras para el año 2018. La primera conclusión que se podía extraer del ranking es que entre los diez primeros puestos encontramos empresas muy jóvenes. Algunas de estas empresas que fueron fundadas después del año 2000, por ejemplo Tesla, Facebook o Uber. La segunda conclusión es que muchas de las empresas más innovadoras del mundo son empresas dedicadas a la tecnología. Empresas como Apple, Google, Microsoft, Amazon y Alibaba. La tercera conclusión es que la representación de empresas dinosaurio unicornio entre las cincuenta empresas más innovadoras del mundo es significativa. Empresas como Samsung, IBM, Hewlett-Packard, Toyota, General Electric, Siemens, Uniliver, BASF, Johnson & Johnson, Bayer, Dow Chemical, AT&T o 3M entre otras. Todas estas empresas llevan décadas operando en sus sectores y en algunos casos algunas de ellas pasan del siglo. La clave de todas estas empresas que lideran la innovación la encontramos en que están trabajando con éxito modelos de colaboración y centros de innovación.

Los analistas del estudio de Boston Consulting Group consideran que la innovación digital ha pasado a ser fundamental para el éxito empresarial. Desde el año 2014, los cuatro tipos de innovación que han crecido y que están relacionados con la innovación digital son: (1) analíticas Big Data, (2) adopción rápida de nuevas tecnologías, (3) capacidades y productos móviles y (4) diseño digital. Merece la pena revisar el resto de dimensiones utilizadas en el estudio para conocer mejor el tipo de áreas que se utilizan en la actualidad para valorar el nivel innovador de las empresas. Estas dimensiones, que también son importantes para tener éxito en el mundo de la innovación, son: (1) nuevos productos, (2) plataformas tecnológicas, (3) procesos operativos, (4) canales de clientes, (5) extensión de productos existentes, (6) nuevos

servicios, (7) extensión de servicios existentes, (8) modelos de negocio, (9) marketing y (10) capacidades de soporte.

El estudio destaca el cambio digital y plantea tres cuestiones que las empresas deben responder. Con relación a la estrategia, los directivos se deben preguntar cómo podrán aplicar tecnologías que expandan los horizontes de lo posible en términos de nuevos productos, servicios y modelos de negocio. Con relación a las operaciones y los procesos, los directivos se deben preguntar cómo podrán aplicar las nuevas tecnologías para nutrir la innovación aprovechando nuevas herramientas, plataformas y procesos para convertir los desafíos en nuevos productos y servicios. Con relación a la organización, los directivos se deben preguntar cómo podrán transformar la cultura para que la organización sea capaz de integrar la revolución digital internamente y sea capaz de entregar innovaciones digitales a los distintos mercados. El estudio de Boston Consulting Group aporta valiosas ideas para resolver estas cuestiones tan complejas. Por ejemplo, incluye siete principios o buenas prácticas que caracterizan a las organizaciones digitales de éxito: (1) están centradas en el cliente y usuario, (2) son ágiles tanto en la toma de decisiones como en la ubicación de recursos, (3) fomentan la experimentación, fallan rápido y barato para aprender y cuando algo funciona escalan con velocidad, (4) son simples y sencillas en sus estructuras, unidades, procesos y toma de decisiones, (5) están enfocadas en excelencia operacional con técnicas ágiles, estructuras competitivas de coste y mejora continua, (6) fomentan el empoderamiento y la responsabilidad por medio de sencillos y claros indicadores claves de rendimiento y (7) son transversales combinando todos los tipos de conocimiento y experiencias.

Referencias

Amit, R. & Zott, Ch. (2012), "Creating Value Through Business Model Innovation", *MIT Sloan Management Review*, 53 (3): 41-49.

Baldwin, C. & Von Hippel, E. (2011), "Modeling a Paradigm Shift: From Producer Innovation to User and Open Collaborative Innovation", *Organization Science*, 22 (6), 1399-1417.

Bates, V. (2016), "The 6 Ds of Tech Disruption: A Guide to the Digital Economy", SingularityHub, November.

Blank, S. (2015), "Innovation Outposts and the Evolution of Corporate R&D", The Huffington Post, http://www.huffingtonpost.com/steve-blank/innovation-outposts-and-t_b_8628480.html

Blank, S. (2015), "Lean Innovation Management -- Making Corporate Innovation Work", Forbes, <https://www.forbes.com/sites/steveblank/2015/06/25/lean-innovation-management-making-corporate-innovation-work/#676365dc7c6a>

Bocken, N., Short, S., Rana, P. and Evans, S. (2013), "A value mapping tool for sustainable business modelling", *Corporate Governance*, Vol. 13 No. 5, pp. 482-497

Ringel, M., Zablit, H., Grassl, F., et al. (2018), "The Most Innovative Companies 2018", Boston Consulting Group, BCG, <https://www.bcg.com/publications/collections/most-innovative-companies-2018.aspx>

Bughin, J., Hazan, E., et al. (2017), "Artificial Intelligence The Next Digital Frontier", McKinsey&Company, <https://www.mckinsey.com/mgi/overview/2017-in-review/whats-next-in-digital-and-ai/artificial-intelligence-the-next-digital-frontier>

Buvat, J., Turkington, E., & et al. (2017), "The Discipline of Innovation", CapGemini, https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/12/capgemini-dti-report_innovation-centers_final.pdf

Chesbrough, H.W. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Cambridge, MA.

Diamandis, P. H. & Kotler, S. (2014), *Abundance: The Future Is Better Than You Think*, Simon and Schuster.

Drew-Rodriguez, M., Libbey, R., Mondal, S., et al. (2017), "Exponential technologies in manufacturing", Deloitte, Singularity University, Compete, https://www.compete.org/storage/reports/exponential_technologies_2018_study.pdf

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995), "The Triple Helix---University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge-Based Economic Development", *EASST Review*, 14, 14-19.

Furr, N. R. & Dyer, J. (2014), *The Innovator's Method: Bringing the Lean Startup Into Your Organization*, Harvard Business Press.

Hobday, M. (2005), "Firm-level Innovation Models: Perspectives on Research in Developed and Developing Countries", *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 17, No. 2, 121-146.

Gassmann, O., Frankenberger, K., Csik, M (2017), "The St. Gallen Business Model Navigator", Working Paper. University of St.Gallen

Osorio, C. A. (2010), "El Arte de Fallar", *Harvard Business Review*, Mayo.

Osterwalder, A. & Pigneur, Y. (2013), *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*, John Wiley & Sons.

Powell, W.W. & Grodal, S. (2005), *Networks of Innovators*, in: Fagerberg, J., Mowery, D.C., Nelson, R.R. (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, New York, pp. 56-85.

Rothwell, R. (1994), "Towards the Fifth-generation Innovation Process". *International Marketing Review*, Vol. 11, no. 1. pp. 7-31.

Staack, V. & Cole, B. (2017), "Reinventing Innovation Five Findings to Guide Strategy Through Execution", PWC, https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/innovation-benchmark-findings.html?WT.mc_id=CT2-PL200-DM2-TR1-LS2-ND30-BPA10-CN_InnovationBenchmark20172-PRandmedia