Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0

Hacia una economía más competitiva y sostenible en 2030



pwc

Patrocinado por

SIEMENS

Índice de contenido

Prólogo 04

Sobre este informe 10

Resumen ejecutivo 12

1. Necesidad de actualizar la estrategia económica 22
1.1. Megatendencias globales 24
1.1.1. Cambios sociales y demográficos 25
1.1.2. Urbanización acelerada 26
1.1.3. Cambio climático y escasez de recursos 27
1.1.4. Cambios en el poder económico mundial 28
1.1.5. Avances tecnológicos 29
1.2. Impacto de la COVID-19 30
1.3. Contexto europeo: el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia 32

2. Visión de la España 5.0 36
2.1. De la "Industria 4.0" a la "Industria 5.0" 37
2.2. ¿Qué entendemos por una España 5.0? 41
2.2.1. Consolidación de una industria digital 44
2.2.2. Desarrollo de infraestructuras inteligentes 47
2.2.3. Nuevo modelo de negocio 52
2.2.4. Una fuerza de trabajo digital 57
2.2.5. Importancia de la ciberseguridad 58



3.	**Diagnóstico de la industria y las infraestructuras inteligentes en España**	**60**
3.1.	**Radiografía de la industria española**	**61**
3.1.1.	Contribución económica y sectores estratégicos	61
3.1.2.	Competitividad de la industria	70
3.1.3.	Digitalización de la industria	74
3.2.	**Situación de las infraestructuras inteligentes**	**80**
3.2.1.	Redes eléctricas	81
3.2.2.	*Smart buildings*	88
3.2.3.	Vehículo eléctrico e infraestructuras de electromovilidad	97
3.2.4.	Otras infraestructuras	106
3.3.	**Modelo de negocio e innovación**	**113**
3.4.	**Capital humano y habilidades digitales**	**122**
3.5.	**Ciberseguridad**	**134**
3.6.	**Análisis DAFO**	**140**
4.	**Hacia una España 5.0: palancas para su impulso**	**146**
4.1.	**Líneas de actuación y propuestas**	**147**
4.1.1.	Digitalización de la industria y reindustrialización	150
4.1.2.	Desarrollo de infraestructuras inteligentes	154
4.1.3.	Cambio en el modelo de negocio	157
4.1.4.	Creación de la fuerza laboral del futuro	159
4.1.5.	Ciberseguridad	162
4.2.	**Priorización de las acciones**	**166**
4.3.	**Hoja de ruta**	**172**
Anexo		**183**
Referencias		**190**

Avanzar en una Economía 5.0 al servicio de las personas y las empresas

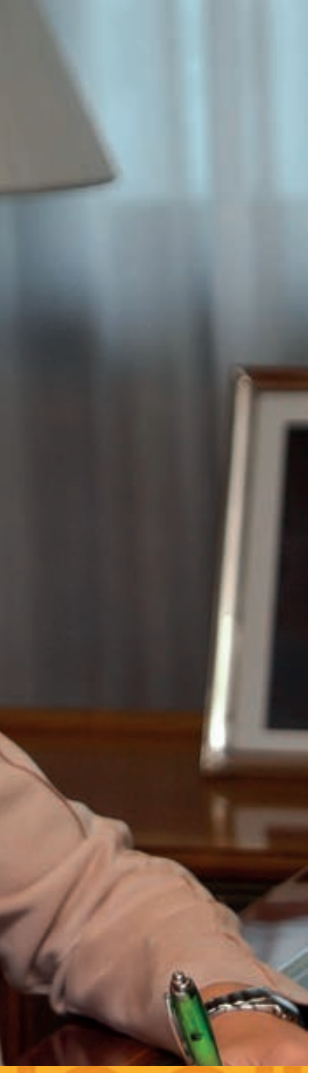


Reyes Maroto
Ministra de Industria, Comercio y Turismo. Gobierno de España

La crisis sanitaria nos deja importantes lecciones y también oportunidades sobre las que sentar las bases de la recuperación economía y social. Una de las prioridades del Gobierno de España desde el inicio de la pandemia fue desplegar un ambicioso escudo social para resistir, avanzar y recuperar nuestra economía, empresas, autónomos y trabajadores, sin dejar a nadie atrás. Un esfuerzo sin precedentes, que ha movilizado más del 20% del PIB.

El proyecto europeo también ha sido puesto a prueba, y ha respondido con un esfuerzo solidario para ayudar a recuperar el tejido económico con una agenda muy ambiciosa que pretende situar a Europa como referente en la lucha contra el cambio climático y la modernización de la economía a través de las tecnologías digitales. Esta es la prueba de que Europa puede coliderar, con otras potencias globales, la transición ecológica y digital. Dándole su propio enfoque. Un enfoque humanista, donde el ciudadano se sitúa en el centro de las decisiones.

Una de las lecciones aprendidas durante estos largos meses, ha sido que la actividad industrial es un gran aliado ante situaciones de dificultad económica, actuando de dique de contención ante la pérdida de empleos y de riqueza. La industria española ha salvado vidas pero también empleos y empresas porque ha resistido mejor que otros sectores de nuestra economía. Una industria que está en el centro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia como motor de la recuperación economica y pilar para impulsar un modelo económico más sostenible, digital, resiliente e inclusivo.



Vamos a desarrollar la Estrategia de Impulso Industrial 2030, alineada con la estrategia europea, cuyos objetivos son la reindustrialización de la economía bajo el paradigma de la transformación digital y transición ecológica de nuestro tejido productivo. Una estrategia ambiciosa para incrementar el peso de la industria hasta el 20% del PIB nacional, posicionando a la PYME como elemento vertebrador del territorio nacional, potenciando los sectores estratégicos donde España es ya líder y fomentando el desarrollo de nuevas cadenas de valor estratégicas en nuestro territorio.

Pero ha de ser una industria limpia, inteligente y socialmente sostenible y existe un gran consenso social en abordar este nuevo paradigma de la industria lo antes posible. Una transición en la que nos encontrábamos inmersos cuando llegó la pandemia y que aceleraremos gracias a los recursos europeos de la recuperación. En este momento, la pregunta, aunque resulte tópica, es ¿cómo queremos ser de mayores? La respuesta debemos construirla entre todos, sector público y privado. Sin duda esta visión de la España del futuro o España 5.0 nos da algunas claves, como la necesidad de que el desarrollo esté al servicio de objetivos sociales de largo plazo, como la sostenibilidad, la resiliencia y el bienestar de las personas. Sin duda una visión que compartimos desde el Gobierno de España.

En breve presentaremos a Bruselas el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de España, el instrumento que nos permitirá recibir 140.000 millones de euros en los próximos seis años. Un plan con el que queremos crecer más, ser más competitivos, crear más empleos y de mayor calidad y tener un crecimiento más sostenible en un triple plano: económico, social y medioambiental.

Más de 200 inversiones y reformas para modernizar y digitalizar nuestro tejido industrial y nuestras pymes, mediante una apuesta sin precedentes por la ciencia y la innovación.

La recuperación no puede hacerse realidad sin un cambio en el modelo colaborativo de nuestro modelo productivo. El Gobierno ya está trabajando en este sentido a través de los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación de España, los denominados PERTE. Un nuevo instrumento orientado a la cooperación entre los agentes de la cadena de valor con objetivos comunes y capacidad de transformación en los sectores clave de nuestra economía.

Pero el avance ha de hacerse sin dejar nadie atrás, como decía, con un enfoque humanista, al servicio del ciudadano, modernizando nuestro sistema educativo, revertiendo la despoblación, conservando la biodiversidad, asegurando el acceso a la vivienda, potenciando la industria de la cultura y del deporte; logrando un sistema fiscal más justo, la sostenibilidad de nuestro sistema de pensiones y adecuando nuestra normativa laboral a la realidad del mercado de trabajo del mundo post COVID.

Sin duda es un reto histórico, un proyecto de país, para y por España, que demanda la máxima implicación de los agentes económicos y sociales y poner todo el talento al servicio de nuestros ciudadanos. Una oportunidad que no podemos desaprovechar, y en este sentido, este estudio nos da algunas claves para la consolidación de una España 5.0.

Es nuestro momento

Imaginar una España más moderna, sostenible y digital es posible. Tenemos el talento necesario. Y ahora, también los recursos.

Miguel Ángel López
Presidente y CEO de Siemens España



España va a recibir 72.000 millones de euros de la UE en subvenciones no reembolsables y 68.000 millones en créditos. En total, 140.000 millones en los próximos seis años. Estos fondos equivalen al 11% del PIB y duplicarán los 39.900 millones de euros que nuestro país recibió de los fondos de cohesión europeos entre 2014 y 2020. Se trata del plan más grande jamás financiado por los presupuestos comunitarios –1,8 billones de euros para toda la Unión–.

Las magnitudes dan una idea del impacto que ha causado la COVID-19 en nuestras vidas y, desde luego, en nuestras economías. Pero, al mismo tiempo, también constituyen una oportunidad sin precedentes que se presenta ante nosotros.

Si 2020 fue el año del *shock* por la irrupción del virus, 2021 será el año de la transformación definitiva de nuestra vida por el tsunami digital. Podemos esperar y observar, o tomar las riendas y aprovechar el momento para posicionarnos como uno de los líderes europeos en materia tecnológica.

La sensación de vivir una encrucijada es compartida también en Bruselas. La presidenta de la Comisión, Ursula von der Leyen, lo verbalizó de forma muy precisa el pasado 16 de septiembre, al instar a los Estados miembros a hacer de ésta la "década digital de Europa".

Estamos obligados a sentar las bases de lo que en Siemens denominamos la "España 5.0". Un modelo de país más sostenible y centrado en las personas, basado en una industria más digital y competitiva y en el desarrollo de infraestructuras más inteligentes y eficientes.



Esta España 5.0 requerirá de nuevos de modelos de negocio, con nuevos esquemas de colaboración y una necesaria integración de diferentes tecnologías. Una simbiosis que permitirá crear nuevas soluciones a los retos que enfrentamos y propiciar un ecosistema verdaderamente innovador.

En los últimos trimestres nuestra industria ha sufrido de forma ostensible por el impacto de la pandemia. En gran parte debido a que el 99,4% de nuestro tejido lo componen pymes y, de ellas, un 84% son microempresas. Esto ha hecho que la contribución del sector al PIB se haya alejado en los últimos años, ya de forma alarmante, del 20% fijado por el Horizonte 2020. Además, este tipo de empresas tan pequeñas son también más vulnerables a las amenazas que implica una sociedad hiperconectada, como la actual, ya que en torno al 60% de las pymes que son víctimas de ciberataques desaparece a los seis meses del incidente por el alto coste que les causa.

Por eso debemos actuar con rapidez y contundencia. Para reactivar el sector productivo es preciso crear un marco normativo estable que fomente la eficiencia energética en las industrias electro-intensivas; establecer incentivos claros a la adquisición de nueva tecnología; ayudar a las pymes a crecer y digitalizarse –siempre con los mayores estándares de ciberseguridad–, e impulsar la colaboración público-privada para fomentar la capacitación digital de los profesionales y conseguir atraer talento digital. Este punto es clave. El *upskilling* profesional masivo de nuestra fuerza laboral podría inducir un aumento de la riqueza equivalente al 6,7% del PIB en 2030 y generar, adicionalmente, nuevos 220.000 puestos de trabajo.

Además, debemos convertir la movilidad eléctrica en un nuevo eje tractor de nuestra economía; incentivar la rehabilitación de edificios y espacios para que interactúen con sus usuarios y entre sí; crear infraestructuras más resilientes y eficientes, que incorporen desde su concepción aspectos como el *grid edge* o el 5G. Y tener muy presente, en cada decisión estratégica que se tome, que el mundo va a necesitar en el futuro generar 2,5 veces más electricidad de la que consume hoy para calentar edificios, mover vehículos o alimentar procesos industriales. Por ello, es imprescindible apostar de forma decidida por las fuentes renovables, que son las únicas que garantizarán la sostenibilidad, junto con una adecuada estrategia de almacenamiento conectado a la red para aumentar su fiabilidad.

Se han dado algunos pasos y la propia sociedad nos marca el camino. Hace unos días, la patronal de fabricantes de autos, Anfac, certificaba un notable repunte en la compra de vehículos electrificados (+183% en eléctricos puros y +394% en híbridos PHEV en el tercer trimestre de 2020). Sin embargo, el crecimiento en infraestructuras de recarga era, en el mismo periodo, casi nulo, de apenas una décima, lo que nos mantiene en el furgón de cola de la movilidad eléctrica en Europa. El propio Gobierno ya ha anunciado cambios y ambiciosos planes para impulsar la movilidad eléctrica y alcanzar los 50.000 puntos de recarga en 2023. Ese es el camino. Países como China nos sacan mucha ventaja y se han comprometido a que en 2035 el 50% de las matriculaciones sean ya de vehículos eléctricos.

Tenemos que profundizar en estas mega tendencias que marcan el camino hacia una sociedad más limpia, más sostenible y más digital. Es el momento. Es hora de imaginar, pensar a lo grande y actuar.

Una oportunidad para abordar los retos de nuestra economía



Gonzalo Sánchez
Presidente de PwC España

Durante la última década, España ha avanzado de forma notable en la digitalización de su industria y sus infraestructuras. A pesar de ello, la crisis sanitaria de la COVID-19 ha mostrado también algunas debilidades persistentes de su economía, como el bajo crecimiento de la productividad, la atomización de nuestro tejido empresarial, o el envejecimiento de la población.

Hasta la fecha, la transformación digital no está siendo secundada plenamente por el tejido empresarial español: el nivel de digitalización de España se sitúa por debajo de países como Estonia, Croacia, Hungría o Lituania.

Resulta, por tanto, fundamental apostar de forma decidida por la digitalización, especialmente en las pymes, que constituyen el grueso de nuestra realidad económica y que pueden aprovechar esta oportunidad para ganar masa crítica y afrontar los retos de nuestra economía.

Nos encontramos, por tanto, en un momento decisivo en el que las reformas económicas y sociales, la transformación digital y la oportunidad única de los fondos del Plan de Recuperación y Resiliencia europeo nos ayudarán a continuar avanzando hacia los que hemos denominado una España 5.0: un país más próspero y digital.

Esta España 5.0 debe asumir como propia el triple objetivo de sostenibilidad, resiliencia y bienestar de las personas, para lo que las nuevas tecnologías –como el Internet de las Cosas, el 5G o la Inteligencia Artificial– suponen una herramienta fundamental para lograrlo.



La escasez de recursos y el cambio climático hacen de la sostenibilidad uno de los ejes principales de este nuevo modelo de país, que requerirá de un cambio en los patrones de consumo y en la cultura de la movilidad. Por tanto, las personas deben jugar un papel central en este nuevo paradigma económico.

Mediante una economía más conectada, acompañada de las políticas públicas adecuadas y un cambio en los modelos de negocio, conseguiremos realizar esta transformación de forma justa, creando más y mejor empleo y sin dejar a nadie atrás.

Con todo ello, conseguiremos no solo el crecimiento económico, sino también una reducción de las emisiones de CO_2, una sociedad más equitativa y un tejido productivo más resistente ante futuras crisis.

La contraparte negativa de un mundo hiperconectado es, sin duda, el aumento de los riesgos. De forma paralela, será necesario el desarrollo creciente de la ciberseguridad dentro de las empresas para que, además de las necesarias barreras tecnológicas, impulsen de forma transversal un cambio estratégico y cultural en la dirección de las mismas, sus trabajadores y sus clientes.

Desde PwC, queremos colaborar para lograr este gran reto colectivo con lo que mejor sabemos hacer: aportar nuestro conocimiento y experiencia para ayudar a transformar las organizaciones y dotarlas de flexibilidad ante los cambios y la constante disrupción tecnológica.

Por un lado, contamos con un equipo de profesionales especializados, preparados para colaborar con nuestros clientes en esta transformación gracias al *upskilling* digital y el conocimiento especializado en materias como la tecnología, la industria, las TIC, la energía, la sostenibilidad o la ciberseguridad.

Por otro lado, mediante el presente informe queremos aportar una visión estratégica y de largo plazo para alcanzar estos objetivos propuestos, dando una visión a futuro de la España 5.0, haciendo un diagnóstico certero de nuestros retos y oportunidades y presentando una hoja de ruta para lograrlo en los próximos diez años.

Por último, querría agradecer el patrocinio de Siemens para la elaboración de este informe. Estoy convencido de que, con nuestras recomendaciones, contribuiremos a dar los pasos necesarios para superar los grandes retos de nuestra economía y lograr que ésta sea cada vez más robusta, sostenible y equitativa, apalancada en la digitalización.



Sobre este informe

El contexto actual de la COVID-19 ha vuelto a poner en primera línea de la agenda económica la transformación digital, al mismo tiempo que ofrece una oportunidad única para avanzar en esta transformación a través del Plan de Recuperación y Resiliencia europeo y de los fondos movilizados para su ejecución.

En esta línea, el presente informe, preparado por PwC y patrocinado por Siemens, tiene como objetivo principal la elaboración de una hoja de ruta para la consolidación de una España 5.0 que, a través de una industria más digital y competitiva y el desarrollo de infraestructuras inteligentes, permita construir un modelo económico más sostenible, resiliente y centrado en las personas.

Esta España 5.0, más que una actualización meramente tecnológica de la llamada "Industria 4.0" aplicada al contexto español, pretende ser un cambio económico, social y cultural en el que la innovación existente, y la que está por venir, se ponga al servicio de las personas para mejorar el bienestar de los trabajadores, crear más y mejor empleo, contribuir a la descarbonización de la economía, mejorar la movilidad de los ciudadanos y permitir que España se convierta en una potencia económica durante la próxima década.

Para elaborar esta hoja de ruta, presentaremos primero la visión del reto colectivo que supone esta España 5.0 y los elementos que la componen, para posteriormente realizar un diagnóstico sobre la situación actual, identificar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades para lograr los objetivos y, finalmente, elaborar sobre este análisis un conjunto de propuestas, ordenadas y priorizadas, para conseguir una economía más digital y competitiva en 2030.





Responsable del estudio

- D. Jordi Esteve, socio de PwC Consulting, responsable de *Economics* en Strategy&

Otros participantes de PwC España

- D. Manuel Díaz,socio responsable de Productos Industriales, Manufacturing y Automoción de PwC España
- D. Tamer Davut, *Chief Digital Officer* en PwC Auditores
- D. César Tascón, socio de *Business Security Solutions*
- D. Óscar Barrero, socio líder del sector de Energía en PwC Consulting
- Dña. Leticia Rodríguez, socia líder de Consumo & Retail y Sanidad & Pharma de PwC España
- D. Armando Martínez, socio de Tecnología de PwC Consulting
- Dña. Sandra Prior, socia de Tecnología en PwC Consulting

PwC quiere agradecer el patrocinio de Siemens para la preparación del estudio, así como las aportaciones de los directivos de varias empresas y organizaciones que han participado en las entrevistas y los talleres realizados, entre otras: Acciona Infraestructuras, AENA, Asociación Empresarial para el Desarrollo e Impulso de la Movilidad Eléctrica (AEDIVE), ARISA, Elektra, Gestamp, Grupo Sothis, Hospital Virgen del Rocío (Sevilla), Iberdrola, Istobal, Marina de Empresas, Tecnalia, y Universidad Politécnica de Barcelona.

En este sentido, todo lo expresado en este informe refleja exclusivamente la opinión de PwC, que es el responsable único de la metodología y ejecución del estudio, de los temas seleccionados y de la redacción del documento, y en ningún caso la de los colaboradores y entrevistados.



Resumen ejecutivo

La España 5.0 debe poner la tecnología y la innovación al servicio de objetivos sociales de largo plazo como la sostenibilidad, la resiliencia y el bienestar de las personas, apoyándose en la digitalización de la industria y las infraestructuras.

Los retos y desafíos globales, unidos a los efectos de la reciente pandemia de la COVID-19 y el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia europeo, hacen necesaria una actualización del concepto de la "Industria 4.0" para poner las nuevas tendencias tecnológicas al servicio de la sociedad, contribuyendo a crear una economía más sostenible medioambientalmente, más resiliente ante futuras crisis y con el foco principal en el bienestar de las personas. Este nuevo marco para el desarrollo industrial es lo que se conoce como la "Industria 5.0", con capacidad para lograr objetivos sociales más allá del crecimiento económico.

Este nuevo modelo económico y social marcado por la centralidad de las personas –sean trabajadores o consumidores– necesita el desarrollo de unas infraestructuras que sean también inteligentes, es decir, unas "infraestructuras 5.0" para poder gestionar de forma eficiente y ágil los recursos y aprovechar todo el potencial de esta "Industria 5.0".

La necesaria actualización de la estrategia económica a largo plazo para España, en la línea de este nuevo paradigma descrito, es lo que hemos denominado España 5.0. Su desarrollo deberá apalancarse sobre todo en la digitalización de la industria y en el desarrollo de infraestructuras inteligentes, dos ámbitos estratégicos no solo por su alto valor añadido, intensidad en I+D+i y su fuerte capacidad exportadora, sino porque ambos son fundamentales para conseguir el triple objetivo de la UE de una economía sostenible, resiliente y centrada en las personas.



La transformación digital de la industria permitirá aumentar su eficiencia y competitividad internacional, contribuyendo al crecimiento económico del país y la creación de puestos de trabajo de mayor valor añadido.

La consolidación de una industria digital permitirá a España ser más competitiva en los mercados internacionales; tener una mayor flexibilidad, control y adaptación a los cambios en los procesos de producción mediante la monitorización y explotación de los datos; mejorar la seguridad de los trabajadores mediante los robots cooperativos, y garantizar, mediante una industria nacional sólida y actualizada, el suministro de productos esenciales en situaciones críticas, como la reciente pandemia de la COVID-19. Además, esta digitalización de la industria permitirá aumentar el peso del sector secundario en la economía española -uno de los objetivos del Plan de Recuperación europeo es la reindustrialización-, de mayor valor añadido y, por tanto, generador de puestos de trabajo más cualificados y mejor retribuidos. Esta industria digital se caracteriza también por la hiperconectividad y el intercambio de información a lo largo de toda la cadena de valor, que requerirá de la colaboración de todos los agentes –industrias, clientes, trabajadores y proveedores–, formando un ecosistema que fomente la innovación, la colaboración y la actualización constante del capital humano.

El desarrollo de infraestructuras más inteligentes es indispensable para garantizar la sostenibilidad en todos los ámbitos, cambiando la forma en que trabajamos, producimos y consumimos.

Por otro lado, el desarrollo de infraestructuras inteligentes es un requisito indispensable para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad ambiental de todos los sectores económicos, especialmente de la propia industria, el transporte, la construcción, la energía, el sector hotelero o la sanidad, por ejemplo. Estas nuevas infraestructuras abarcan desde los edificios inteligentes a las nuevas soluciones de movilidad, la electrificación de la economía o el autoconsumo doméstico, entre otros, para lo que se requiere de un cambio de paradigma energético en el que todos los agentes, incluidos los hogares, se conviertan en sujetos activos del sistema que garanticen la estabilidad de la red de forma coordinada.

La necesaria digitalización de la industria y las infraestructuras dentro de este nuevo concepto de la España 5.0 requerirá, de forma colateral, el desarrollo de una serie de facilitadores o catalizadores de esta transformación: un cambio en los modelos de negocio, la formación de los trabajadores en nuevas habilidades y la seguridad cibernética.



España debe avanzar hacia nuevos modelos de negocio donde predomine la colaboración y la compartición de información a lo largo de toda la cadena de valor, generando un ecosistema dónde todos sean agentes activos de la innovación.

Así, la España 5.0 necesita de un nuevo modelo de negocio donde los agentes –grandes empresas y pymes– busquen nuevos esquemas de colaboración, compartición de información y riesgos e integración de diferentes tecnologías para crear soluciones adaptadas a la industria, escalables, estandarizadas y que generen un retorno positivo, formando un ecosistema innovador.

El *upskilling* y el *reskilling* permitirá la formación de la fuerza de trabajo del futuro, preparada para la constante disrupción tecnológica a través de una transición justa, que no deje a nadie detrás.

Por otro lado, el reto de la digitalización, con tecnologías que cambian con mucha rapidez, requiere también de una constante actualización del conocimiento dentro de las empresas, especialmente entre los trabajadores, bien sea para optimizar el desempeño en sus puestos actuales (*upskilling*) o, más importante, para capacitarlos para las nuevas posiciones (*reskilling*) que constantemente se están creando. Esta capacitación continua del personal dotará de flexibilidad a las empresas para readaptarse con facilidad ante cualquier disrupción tecnológica, hacer esta transformación más justa en términos de empleo y convertir a las personas en agentes activos de la innovación.

La hiperconectividad obligará inevitablemente a redoblar los esfuerzos en materia de ciberseguridad, al mismo tiempo que supone una oportunidad para que España se posicione como un líder global en la industria de la seguridad.

Finalmente, la hiperconectividad lleva asociada inevitablemente un aumento de los riesgos relacionados con la ciberseguridad. No se puede avanzar en esta transformación si las empresas no se protegen frente al cibercrimen y el espionaje industrial y si no se puede garantizar la seguridad de las infraestructuras críticas de un país. Esta protección debe darse, además, en toda la cadena de suministro para ser efectiva, por lo que resulta esencial concienciar no solo a las grandes empresas de la importancia de la ciberseguridad, sino también a las pymes, uno de los estabones más débiles, para formar un ecosistema de seguridad.



Las megatendencias globales, unidas a la coyuntura actual marcada por la COVID-19, suponen una amenaza para la economía española, que debe apoyarse en la digitalización para mantener su competitividad internacional.

Las principales amenazas a las que se enfrenta España para conseguir ser una potencia económica digital están enmarcadas muchas de ellas en las megatendencias globales. Europa va perdiendo peso económico de forma paulatina en favor de la región de Asia-Pacífico, que compite fuertemente en precios. Al mismo tiempo, el envejecimiento de la población ha reducido el número de personas en edad de trabajar. Ambos fenómenos obligarán a aumentar la productividad para mantener la competitividad y compensar el descenso de la población activa.

Por otro lado, las constantes disrupciones tecnológicas requieren de un tejido productivo flexible que pueda adaptarse de forma ágil a los cambios, lo que exigirá trabajar, consumir y producir de otra manera. Todo esto habrá de hacerse además en un contexto de extrema debilidad económica debido a la pandemia de la COVID-19 y las restricciones a la movilidad impuestas para su contención, que han dañado la economía española.

La transformación digital requerirá también de importantes inversiones para renovar la maquinaria y las infraestructuras, cuyo retorno financiero se obtiene en el largo plazo. La fabricación de tecnología necesita además de materias primas esenciales cuyo suministro global está muy concentrado geográficamente, lo que puede dificultar el asiento de su producción en España. Unido a esto, la disrupción del vehículo eléctrico está revolucionando la industria de la automoción (mayor valor añadido de la batería en detrimento del motor, dificultad de su transporte, materiales más ligeros para aligerar los vehículos), que deberá adaptarse para mantener su liderazgo.

Por último, las empresas deberán protegerse de la amenaza del cibercrimen mediante las barreras tecnológicas adecuadas y la consolidación de una cultura de la ciberseguridad.



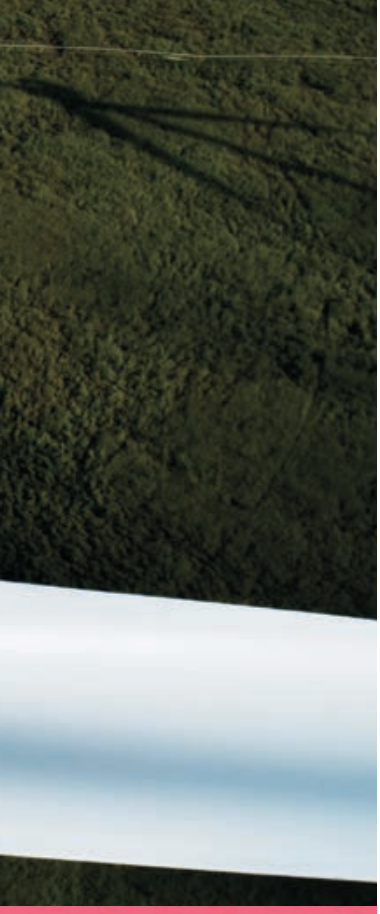
Los fondos europeos suponen una oportunidad única para financiar y ejecutar las inversiones más importantes y materializar esta España 5.0 en el corto y medio plazo.

Los rápidos avances tecnológicos son una amenaza y, a la vez, una oportunidad si España es capaz de transformarse con agilidad. A la sombra de la digitalización y la innovación tecnológica surgen nuevas actividades e industrias en las que España puede posicionarse como líder global, ya que se encuentran todavía en un estado incipiente de desarrollo. Así, por ejemplo, la ciberseguridad, las *smart grids* o la producción de hidrógeno son sectores con un elevado potencial en el largo plazo. En el caso de la ciberseguridad, además, supone un valor añadido en supone un valor añadido en algunos productos industriales.

Respecto a la adaptación tecnológica de las empresas, especialmente las pymes, el desarrollo de los nuevos esquemas *As-a-Service* permitirá tecnificar y digitalizar a las pequeñas empresas a un coste más bajo, compartiendo los riesgos con los grandes proveedores tecnológicos mediante el pago por uso.

La pandemia de la COVID-19, que ha mostrado las debilidades de la economía española, ha permitido, por otro lado, una digitalización acelerada de la población y unos cambios de hábitos orientados al uso de los canales digitales y el trabajo en remoto, que se une al natural cambio generacional hacia una nueva cultura en materia digitalización, movilidad y conciencia medioambiental.

Finalmente, como consecuencia de la pandemia, ha surgido probablemente una de las mayores oportunidades para poder conseguir la España 5.0 durante la próxima década, tanto por sus objetivos, como por su enorme dotación económica: el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia europeo, que permitirá dirigir una ingente cantidad de recursos a inversiones relacionadas con la transformación digital, la transición ecológica y la reindustrialización del país.





El poco peso relativo de la industria en la economía española, junto con la atomización de las empresas, la escasa oferta de profesionales STEM y una baja cultura de la movilidad compartida, se constituyen como las principales debilidades de España para afrontar este reto.

Sin duda, la principal debilidad de la economía española es el peso relativamente pequeño de la industria sobre su PIB en comparación con otros países europeos, debido a la terciarización sufrida en las últimas décadas. Además, esta industria está muy concentrada geográficamente, de tal forma que unas regiones están más preparadas que otras para afrontar esta España 5.0.

Además, el tejido productivo español está bastante atomizado, con una elevada participación de las pymes en la economía, lo que dificulta la escalabilidad en la adopción de la innovación y mejoras tecnológicas, y que reduce, por tanto, el retorno de estas inversiones. La industria española, además, tiene un bajo consumo en maquinaria y bienes de equipo, lo que hace pensar en un *hardware*, en general, antiguo, y en muchos casos difícil de digitalizar sin una renovación previa.

Otros hándicaps de la industria son el elevado coste energético, la baja inversión en I+D+i, y las dificultades para encontrar determinados perfiles profesionales muy especializados en las nuevas tecnologías (más todavía si se trata de mujeres, cuya participación en las carreras STEM es muy baja y están además infrarrepresentadas en puestos directivos y de responsabilidad), debido a una falta de alineamiento entre el sector educativo y las empresas ya la brecha de género que todavía persiste en el ámbito laboral. La falta de diversidad acaba suponiendo una pérdida de talento potencial, lastrando la productividad.

Por el lado del transporte, existe en España una elevada cultura del uso del coche privado que puede retrasar la incorporación de nuevas formas de movilidad, especialmente fuera de las grandes ciudades, lo que a su vez se traduce en carencias en la infraestructura de recarga. Además, la verticalidad de las ciudades y la antigüedad del parque de viviendas dificulta la instalación de puntos de recarga privados, además de ser energéticamente ineficientes. Fuera de las viviendas, el despliegue de una red de carga pública se topa con problemas administrativos, con trámites de autorización lentos y en los que intervienen varios niveles de la administración (local, autonómico y nacional).

Finalmente, fuera de las grandes empresas existe una baja percepción del riesgo cibernético, con unas pymes en las que apenas existe una cultura de la ciberseguridad o es muy incipiente.



España cuenta con un liderazgo global en muchos sectores industriales, así como con una buena infraestructura de comunicaciones y distribución de electricidad, lo que facilitará, con las medidas adecuadas, está transición hacia un futuro 5.0.

Aunque España se sitúe por detrás de otros países europeos en materia de industria y digitalización, cuenta sin duda con notables fortalezas para llevar a cabo este reto de la España 5.0.

Por un lado, España está muy bien posicionada internacionalmente en algunos sectores industriales: la automoción, la industria alimentaria, la fabricación de maquinaria y bienes de equipo o las industria aeroespacial, naval y farmacéutica, entre otros. Tan solo tiene que aprovechar las innovaciones tecnológicas para mantenerse y mejorar esa posición.

España cuenta también con actividades del sector servicios con un efecto arrastre importante sobre la industria y con potencial también de digitalizarse, como es el sector hotelero, que puede avanzar hacia los *smart buildings* para mejorar su competitividad a través de una mayor conectividad, la explotación de la información y la eficiencia energética. Cuenta también con unas empresas TIC que son líderes globales, y grandes empresas con un grado de digitalización muy avanzado.

En cuanto al sector energético, nuestro país tiene un mix de generación de electricidad diversificado y con una alta penetración de renovables, mostrando un liderazgo mundial en la industria eólica y termosolar. Además, las empresas distribuidoras han conseguido un despliegue de prácticamente el 100% de contadores inteligentes en la red, y una plantilla bien preparada para el nuevo paradigma del *Grid Edge*. Contamos además con buen posicionamiento internacional en la industria de *smart grids*.

España cuenta asimismo con una fuerte red de infraestructuras –y una notable penetración de las redes de fibra y banda ancha–, que tan solo necesitan ser renovadas para convertirse en “inteligentes” y, es también un importante *hub* de empresas empresas de ingeniería y proyectos “llave en mano” (*Engineering, Procurement & Construction*, EPC) con una buena proyección internacional.



En el corto plazo, se debe definir una estrategia clara y coordinada, y comenzar la transformación digital por aquellos sectores en lo que España está mejor posicionada, como las energías renovables, la industria alimentaria, la automoción o la fabricación de maquinaria y bienes de equipo.

El primer paso para poder avanzar hacia una industria más digital es establecer una estrategia clara y coordinada entre todos los agentes, incluyendo Administraciones públicas y empresas, para que todos puedan conocer desde el inicio los objetivos y los recursos disponibles para conseguirlos. En esta estrategia se debe dar prioridad a las industrias en las que España ya está bien posicionada para que puedan hacer esta transformación y mantener el liderazgo con un marco normativo estable, el fomento de la eficiencia energética de las industrias electrointensivas y el establecimiento de incentivos para la renovación de maquinaria, un paso indispensable para poder introducir más digitalización en la industria.

Por el lado de las infraestructuras, España debe favorecer e incentivar la rehabilitación del parque actual de viviendas y oficinas, así como establecer mayores requisitos para las nuevas construcciones en materia de eficiencia energética y puntos de recarga privados del vehículo eléctrico. En cuanto a los puntos de recarga públicos, se debe acelerar el proceso de autorización administrativa para su instalación.

Para poder cambiar el actual modelo de negocio y adaptarlo a las nuevas necesidades de la “España 5.0”, primero se debe crear suficiente “masa crítica” dentro de las empresas, de tal forma que se aprovechen las economías de escala que aporta la tecnología y genere un retorno positivo. Para ello, se debe ayudar a las pymes a crecer en tamaño y a digitalizarse, como paso previo a cualquier cambio de cultura corporativa. Por otro lado, desde la Administración pública también se puede colaborar con este cambio desde el lado de la demanda a través de la Compra Pública Innovadora y de su propia transformación digital.

En materia de educación la tarea más urgente es recapacitar y actualizar *(reskilling y upskilling)* a los trabajadores para adaptarlos a la nueva economía digital, tanto desde las propias empresas, como desde las Administraciones públicas a través de las políticas activas de empleo. En este sentido, debe producirse una convergencia de la esfera académica hacia el mundo empresarial para adaptar la oferta formativa a los requerimientos de la realidad económica.

Finalmente, se debe promocionar, por un lado, las mejores prácticas en materia de ciberseguridad entre las pymes y, por otro, la colaboración entre las grandes empresas para compartir información y generar externalidades positivas en materia de seguridad. Desde la Administración pública, se debe incluir también requisitos de ciberseguridad en las licitaciones, especialmente en el caso de gestión de infraestructuras públicas.



Con la reindustrialización, la transición ecológica y la transformación digital surgen nuevas actividades en las que España puede posicionarse en el medio plazo, como las *smart grids*, el sector aeroespacial o el naval.

En el medio plazo, se debe regular adecuadamente el uso y aplicación de algunas de las tecnologías más novedosas para la automatización y remotización de las fábricas, como es el caso del 5G industrial, al mismo tiempo que se deben aprovechar los nuevos nichos creados por la transformación digital para situar a España en la vanguardia (la ya mencionada ciberseguridad y las *smart grids*, por ejemplo, pero también la industria aeroespacial y la naval), y llevar la digitalización también al sector servicios, en la medida en que acabará traccionando también, de forma indirecta, a la propia industria.

En materia de movilidad, se deben aprovechar los espacios públicos (marquesinas de autobuses o red de alumbrado, por ejemplo) y las instalaciones del sector terciario (parkings, centros comerciales) para aumentar la red de recarga. Este despliegue de la red deberá ir acompañado, no obstante, del fomento de una nueva cultura de la movilidad (movilidad compartida, carga nocturna) mediante la comunicación adecuada a la sociedad, acompañada de las señales de precios efectivas para evitar la sobrecarga en las puntas de demanda de electricidad.

Desde el lado de la oferta, se puede traccionar la innovación con un aumento paulatino de la colaboración público-privada en materia de I+D+i, el desarrollo de la estrategia “España Nación Emprendedora” y el fomento y apoyo a los esquemas *As-a-Service,* que ayudará a la transformación digital de las pymes, reduciendo su coste de inversión sus riesgos tecnológicos.

El alineamiento entre el sector educativo y las empresas mencionado en las medidas de corto plazo deberá llevar, en el medio, a una formación más dual, tanto en la FP como en las universidades, al mismo tiempo que la reducción de la brecha de género en la alta dirección de las empresas ayudará a retener y promocionar el talento femenino, aumentando la productividad y acelerando la transformación digital de las empresas.

En el medio plazo debe consolidarse una verdadera cultura de la ciberseguridad de forma transversal dentro de las organizaciones, que implique a la dirección de las empresas, los usuarios y los trabajadores, al mismo tiempo que se creen suficientes especialistas de ciberseguridad (el documento *España Digital 2025* habla de 20.000 nuevos especialistas en la materia).



En el horizonte de más largo plazo, la España 5.0 debería consolidar una aplicación de la tecnología flexible y personalizada, aprovechando los esquemas "*As-a-Service*" y los ecosistemas innovadores.

Con todo lo anteriormente descrito, España estaría preparada para tener una tecnología flexible, adaptada y estandarizada que facilitase su aplicación por parte de las empresas más pequeñas, y poder participar en industrias de más largo plazo, como la producción de hidrógeno de origen renovable y el desarrollo de servicios *Cloud* desde Europa, sin depender de proveedores de fuera de la UE.

Las medidas de corto y medio plazo sentarían las bases para avanzar hacia el *Grid Edge*, que requerirá de un desarrollo normativo que establezca las funciones de cada uno de los agentes (productores, distribuidores, consumidores) dentro de un nuevo paradigma de Energy-as-a-Service. La movilidad eléctrica exigirá también la creación de un mercado de segunda vida de las baterías, para poder hacerla sostenible.

La compartición de riesgos en los esquemas *As-a-Service* y el aumento de la I+D+i debería ser el germen para el desarrollo a largo plazo de verdaderos ecosistemas de innovación a través de plataformas colaborativas dónde participen grandes y pequeñas empresas, centros tecnológicos, universidades y clústeres industriales, compartiendo no solo riesgos y tecnología, sino también información y conocimiento.

En materia educativa, con una fuerza de trabajo suficientemente formada en las habilidades digitales, se deberá más importancia a las *soft skills* en los currículos académicos –únicas capacidades que no se pueden ser automatizadas ni realizadas por máquinas y, por tanto, específicamente humanas– y abrir las universidades y los centros de FP a la colaboración internacional, fomentando más la innovación mediante la compartición global del conocimiento.

Por último, la formación de los nuevos especialistas en materia de ciberseguridad comprometidos en la estrategia *España Digital 2025*, junto con el desarrollo de *hubs* de seguridad y criptografía como el creado en León en torno al INCIBE, permitiría a España consolidar una industria de la ciberseguridad líder en el mundo y acercarla a las pymes a través de soluciones sencillas y de bajo coste a través del *Security-as-a-Service*.

La España 5.0 pretende construir en la próxima década una economía de crecimiento sostenible, competitiva, igualitaria y con capacidad de adaptación ante los cambios, que permita mantener el bienestar de los individuos en crisis futuras.

La implementación de esta hoja de ruta de la "España 5.0" tendrá un notable impacto económico y social. De acuerdo con nuestras estimaciones, el impacto de la digitalización en la industria y en las infraestructuras podría representar el 0,11% del PIB español en 2025 y el 0,36% en 2030, alrededor de 1.300 y 4.500 millones de euros, respectivamente, aumentando la participación de la industria del 16% actual a casi el 18% de la renta nacional a finales de la próxima década. De este impacto, más del 70% corresponde a las infraestructuras inteligentes.

Por último, el carácter exponencial de este impacto pone de manifiesto la urgente necesidad de acelerar la transformación digital en España con la vista puesta en el largo plazo.

1

Necesidad de actualizar la estrategia económica

La falta de avance de la digitalización en el tejido productivo español, junto con la oportunidad brindada por el plan de recuperación europeo, requiere repensar la estrategia para conseguir convertir a España en una potencia industrial en 2030.





España ha avanzado mucho en la transformación digital de su economía, pero todavía muestra cierto retraso respecto a otros países de su entorno. En 2017[1], el 15,7% de las empresas industriales estaban dentro del modelo de la "Industria 4.0", y solo el 2,3% en una fase avanzada. Además, un alto porcentaje de empresas no tenían información sobre qué es la Industria 4.0, un 23% del total.

Por otro lado, los profundos cambios económicos y sociales que se vienen produciendo a nivel global, junto con la coyuntura actual de la COVID-19 y el plan de recuperación económica que la UE ha puesto en marcha, no han hecho más que acelerar la necesidad de esta digitalización, que debería ayudarnos a construir una economía más sostenible y resistente a las crisis.

Esta falta de avance de la digitalización en el tejido productivo español, junto con la oportunidad brindada por el plan de recuperación europeo, requiere repensar la estrategia para conseguir convertir a España en una potencia industrial en 2030. Para ello, es necesario ampliar el perímetro de esta estrategia más allá de la propia industria, para incluir también el desarrollo de unas infraestructuras inteligentes que permita la digitalización no solo del sector secundario, sino del conjunto de la economía y de la sociedad española.

[1] Idescat. (2017). *Encuesta de Clima Empresarial 1T*, 2017. Barcelona: Instituto de Estadística de Cataluña.

1.1. Megatendencias globales

Las megatendencias globales representan fuerzas macroeconómicas y geoestratégicas que están dando forma a nuestro futuro colectivo de forma profunda, implicando a grandes grupos de personas, estados o regiones durante largos periodos de tiempo. Son fenómenos que, aunque pueden observarse en el presente y tienen un amplio recorrido pasado, sus efectos son de muy largo plazo y difícilmente evitables.

Las implicaciones de estas fuerzas globales son amplias y variadas, y suponen importantes oportunidades que aprovechar –y también riesgos que mitigar– que el diseño de cualquier estrategia económica de largo plazo no debe obviar. Tal y como se lista en la figura 1, las megatendencias actuales más relevantes, con elevado potencial de impacto, pueden agruparse en cinco grandes bloques: los cambios sociales y demográficos; la urbanización acelerada; el cambio climático y la escasez de recursos; los avances tecnológicos, y el desplazamiento geográfico en el poder económico mundial. Todas estas megatendencias nos obligarán en el futuro a producir, consumir y trasladarnos de una forma diferente.

Figura 1.

Principales megatendencias globales



Fuente: PwC, *Megatrends*.

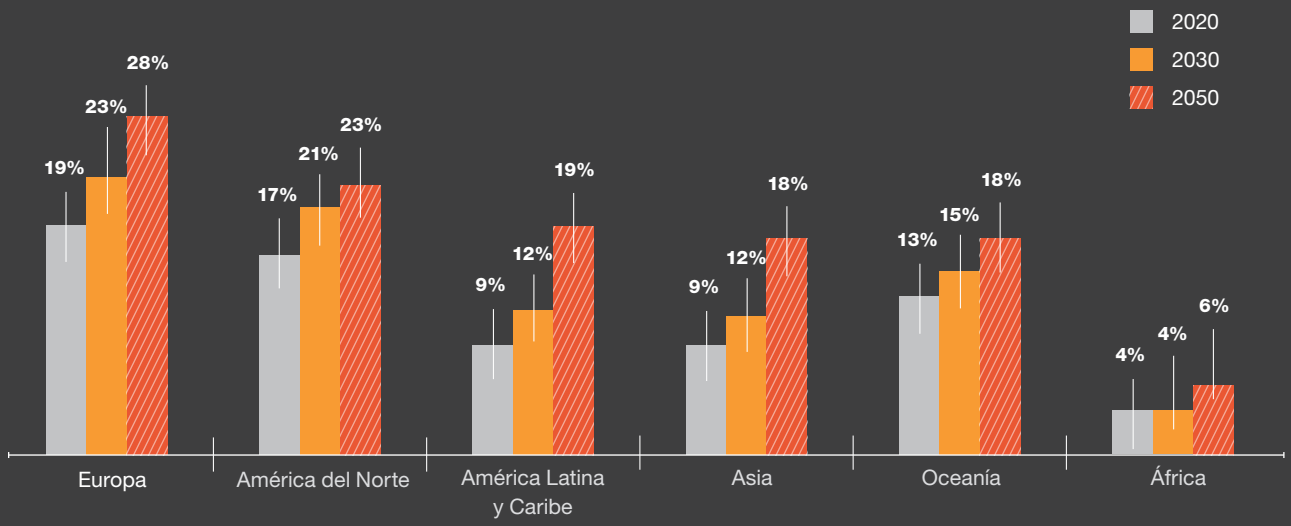


1.1.1. Cambios sociales y demográficos

La población mundial se incrementará previsiblemente en 1.000 millones de habitantes en 2030, al mismo tiempo que en los países desarrollados aumenta la esperanza de vida y se reduce la tasa de natalidad, con el consecuente envejecimiento de la población. Este desequilibrio demográfico continuará propiciando los movimientos migratorios, desplazando a la población joven y en edad de trabajar hacia las regiones más prósperas e industrializadas.

Figura 2.

Porcentaje de la población mundial con 65 o más años



Fuente: ONU.

En 2030, se espera que en Europa más del 23% de la población tenga más de 65 años, frente al 12% de Asia o el 4% de África. España, con una esperanza de vida por encima de la media europea (83,5 años frente a 81 de la UE-28)[2] y con índices de natalidad muy bajos (apenas 1,2 hijos por mujer)[3], será sin duda uno de los países europeos más afectados por este envejecimiento paulatino de la población.

Esta inversión de la pirámide de población obligará a cambios estructurales en la forma de trabajar, aumentando la vida laboral de las personas. Este envejecimiento supondrá además un reto en términos sociosanitarios, donde las nuevas tecnologías, la "remotización" y la digitalización de procesos pueden jugar un papel fundamental para las ganancias de eficiencia en los sistemas asistenciales. Por otro lado, la creciente incorporación de la mujer al mercado laboral, especialmente a posiciones de responsabilidad, así como una mayor diversidad en las organizaciones y empresas, permitirá atraer y retener talento y, en última instancia, aumentar la productividad.

1.1.2. Urbanización acelerada

Las ciudades albergan actualmente a más de la mitad de la población mundial[4], y se espera que llegue a los dos tercios en 2050. La urbanización conlleva importantes transformaciones económicas y sociales. Las ciudades impulsan el desarrollo, facilitan la innovación y contribuyen al incremento de la productividad y a la reducción de la pobreza, ya que concentran la mayor parte de la actividad económica mundial (en torno a un 80% del PIB mundial se genera en las ciudades)[5], del comercio, de los servicios e infraestructuras y del transporte. Por estos motivos, la urbanización puede entenderse como una potente fuente de oportunidades.

No obstante, las zonas urbanas también presentan mayores desigualdades para sus habitantes y mayores niveles de contaminación y degradación del medioambiente, así como patrones poco sostenibles de producción y consumo de recursos. Por lo tanto, este proceso de urbanización acelerada también lleva aparejados importantes y complejos desafíos.

En este sentido, la movilidad dentro de las urbes deberá volverse cada vez más eficiente y sostenible, abordando las necesidades crecientes de la población de estos entornos, a la vez que se garantiza el acceso a los servicios, se optimiza el uso de recursos y se preserva el medioambiente. Para ello, se deberá dar más importancia al desarrollo y renovación de infraestructuras que permitan esta gestión eficiente gracias a la digitalización.

[2] Eurostat. Dato de 2018 (último año disponible).
[3] INE. Dato de 2019 (último año disponible).
[4] Naciones Unidas. Perspectivas de Urbanización Mundial. Dato de 2019 (último dato disponible).
[5] Banco Mundial.

1.1.3. Cambio climático y escasez de recursos

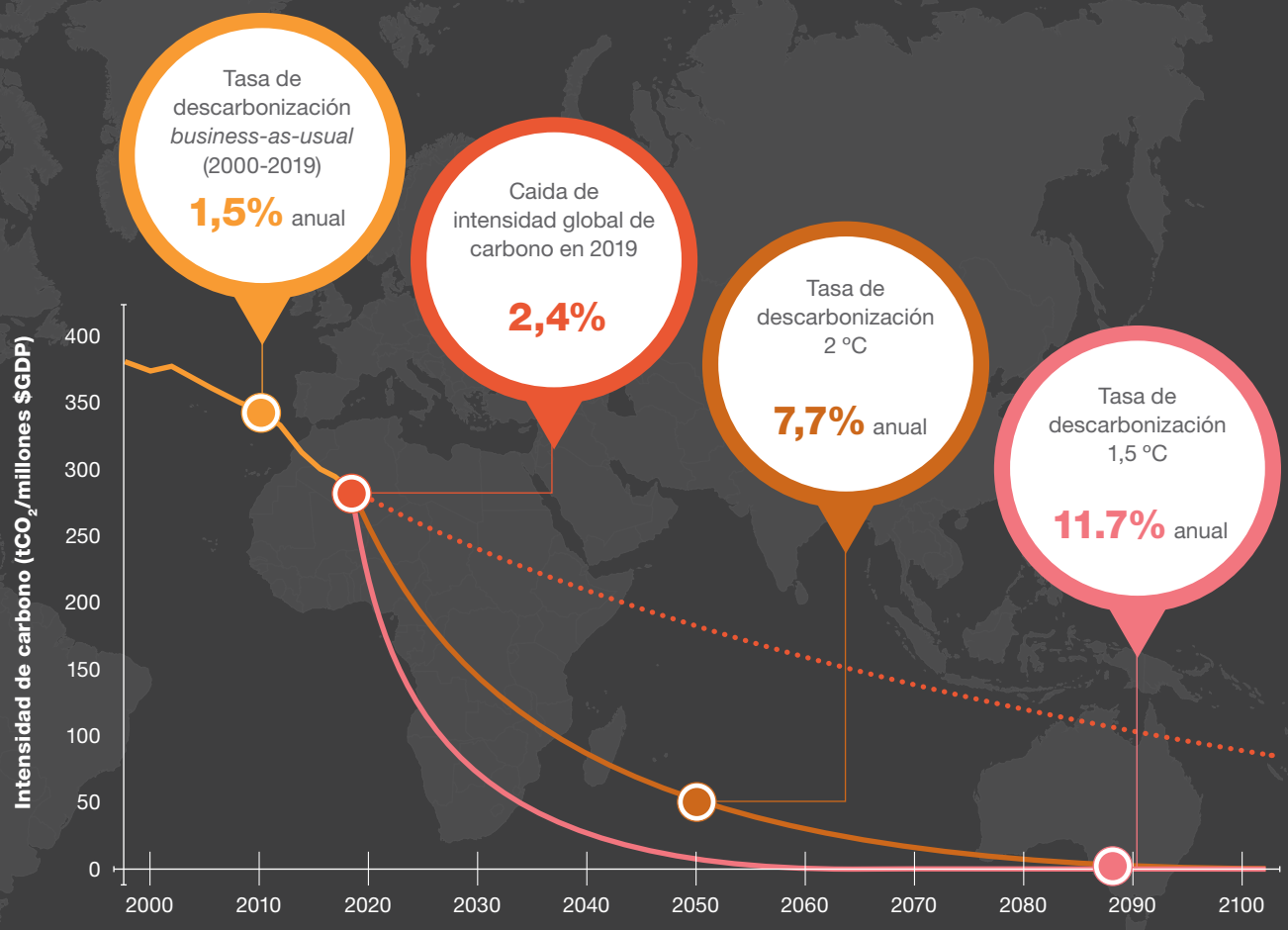
La emisión de dióxido de carbono a la atmósfera, que es el factor más determinante del calentamiento global, se ha incrementado desde 2010 a una tasa media anual del 1,3%[6]. Esta última década ha sido la más cálida de la historia desde que se tienen registros, con el año 2020 ocupando el primer puesto en el ranking anual. Lo más preocupante, no obstante, es la tendencia, ya que, de mantenerse el ritmo actual de emisiones, la temperatura se incrementaría entre 3 y 5°C a finales de este siglo[7].

Según el índice *Net Zero Economy Index 2020*, elaborado por PwC, en 2019 España fue el segundo país que más redujo sus emisiones de carbono entre los integrantes del G20 (6,5%), solo por detrás de Alemania (6,6%) y muy por encima de la media mundial (2,4%).

En este sentido, España está avanzando de forma adecuada en la descarbonización gracias al desarrollo de las energías renovables, pero el esfuerzo debe incrementarse: se estima que la tasa de descarbonización a nivel mundial tendría que aumentar hasta un 11,7% anual, es decir casi cinco veces más de los niveles actuales, para conseguir limitar el calentamiento global a 1,5 ºC, objetivo establecido en el *Acuerdo de París*.

Figura 3.

Net Zero Economy Index 2020



Fuente: PwC. A partir de datos de BP, Banco Mundial, FMI y UNFCCC.

[6] Naciones Unidas.

[7] Organización Mundial del Clima. Nota de prensa: El 2020 es uno de los tres años más cálidos registrados. Publicada el 14 de enero de 2021.

Por otra parte, nuestro planeta cuenta con una disponibilidad limitada de recursos naturales. Solamente un 3% de toda el agua es dulce, y menos de una cuarta parte de la superficie es apta para cultivos. En cuanto a la disponibilidad de energía, se estima que las reservas de petróleo y gas permitirían satisfacer la demanda durante 50 años y que la disponibilidad de minerales se agotaría en menos tiempo, de acuerdo con las tendencias actuales de consumo. Además, factores como el aumento de la población mundial que se espera en los próximos años provocará que la demanda de agua, alimentos y energía siga incrementándose. En otras palabras, estamos asistiendo a un agotamiento de la capacidad del planeta para responder al modelo actual de desarrollo económico.

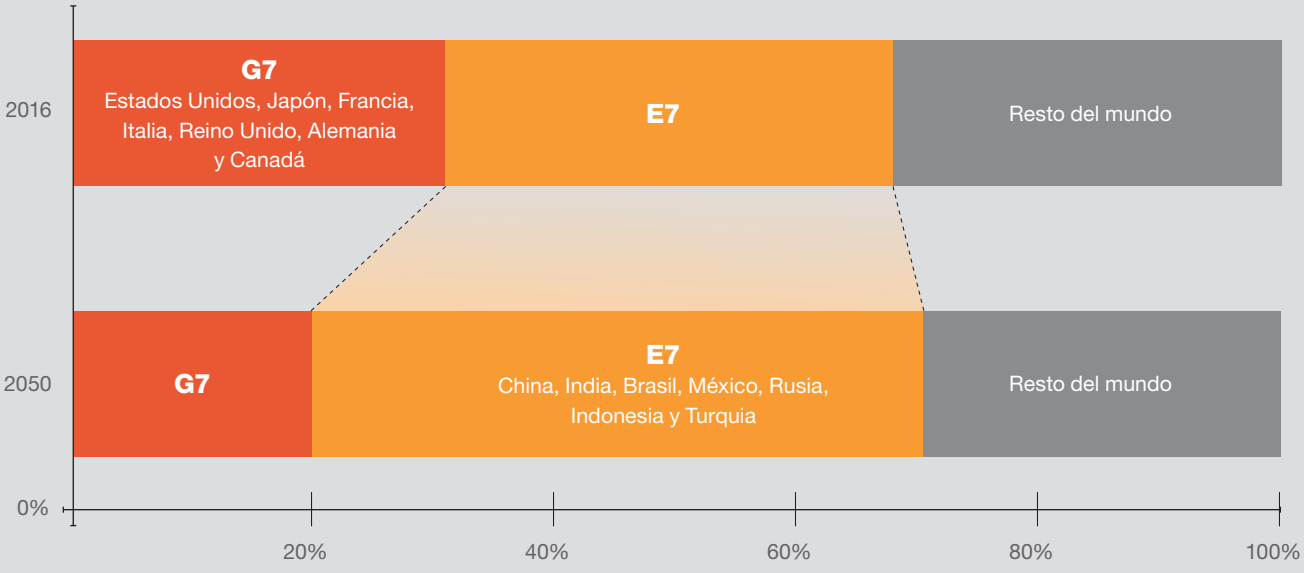
Por lo tanto, resultará fundamental que nuestro modelo productivo, y especialmente la actividad de aquellos sectores más intensivos en la utilización de agua o energía –como la industria– lleven a cabo un uso y gestión eficiente de estos recursos, al tiempo que se propicia la economía circular, el reutilizamiento de los residuos y la segunda vida de los productos y bienes.

1.1.4. Cambios en el poder económico mundial

En el pasado reciente, el desarrollo y el liderazgo económico se ha localizado en los grandes mercados de Europa y Norteamérica. Sin embargo, con el fenómeno de la globalización se ha producido un paulatino desplazamiento de poder hacia regiones emergentes situadas en Asia y Latinoamérica. En el año 2030, ocho de las quince mayores economías del mundo serán países hoy en día considerados como emergentes, como es el caso de India, Brasil, Rusia o Indonesia.

Figura 4.

Participación global en el PIB 2016 *vs* 2050



Fuente: PwC (2017). *The Long View. How will the global economic order change by 2050?*



Europa en la economía mundial se reducirá de forma drástica en las próximas décadas, y en 2050 podría tener un peso muy inferior al de China o India. Las actuales economías desarrolladas mantendrán sus niveles de ingresos y, en general, seguirán ofreciendo mercados accesibles y de bajo riesgo, pero la competencia con las economías emergentes será cada vez más fuerte.

1.1.5. Avances tecnológicos

En la actualidad estamos asistiendo y siendo partícipes de una nueva revolución tecnológica, probablemente la más disruptiva de la historia, que está cambiando profundamente la forma de hacer las cosas en todos los sectores y en prácticamente todos los ámbitos de nuestras vidas a un ritmo acelerado. El uso masivo de los dispositivos móviles, la computación en la nube *(Cloud y Edge Computing)*, la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT) -y más específicamente el IoT Industrial-, la robótica, la realidad aumentada, la impresión 3D, los drones, el 5G, el gemelo digital o los vehículos guiados automatizados (AGV, por sus siglas en inglés) se han convertido en realidades cada vez más habituales, y que sin duda tendrán importantes implicaciones en el desarrollo de las industrias, en su modelo de negocio y en la forma en que interactúan con sus proveedores y clientes. En materia energética, asistimos también a un cambio sustancial en la generación de electricidad, con la sustitución de las tecnologías convencionales por las renovables.

Esta innovación tecnológica acelerada nos está llevando a un nuevo modelo económico y social hiperconectado e hiperautomatizado que supone sin duda una enorme oportunidad para aumentar la productividad y el bienestar de los usuarios, trabajadores y consumidores, pero que también conlleva retos que hay que enfrentar:

- Rapidez de los cambios, lo que exige agilidad para incorporar y acomodar todas estas disrupciones a las diferentes industrias y su fuerza laboral.
- Adaptación de los consumidores a la digitalización, que reclaman una experiencia más accesible y personalizada.
- Heterogeneidad en la transformación digital de las empresas, con las pymes más rezagadas frente a las grandes empresas y con diferencias también entre sectores económicos.
- Aumento irremediable de los riesgos digitales derivados de la hiperconectividad, surgiendo, de forma paralela a la digitalización, la necesidad de desarrollar la ciberseguridad.

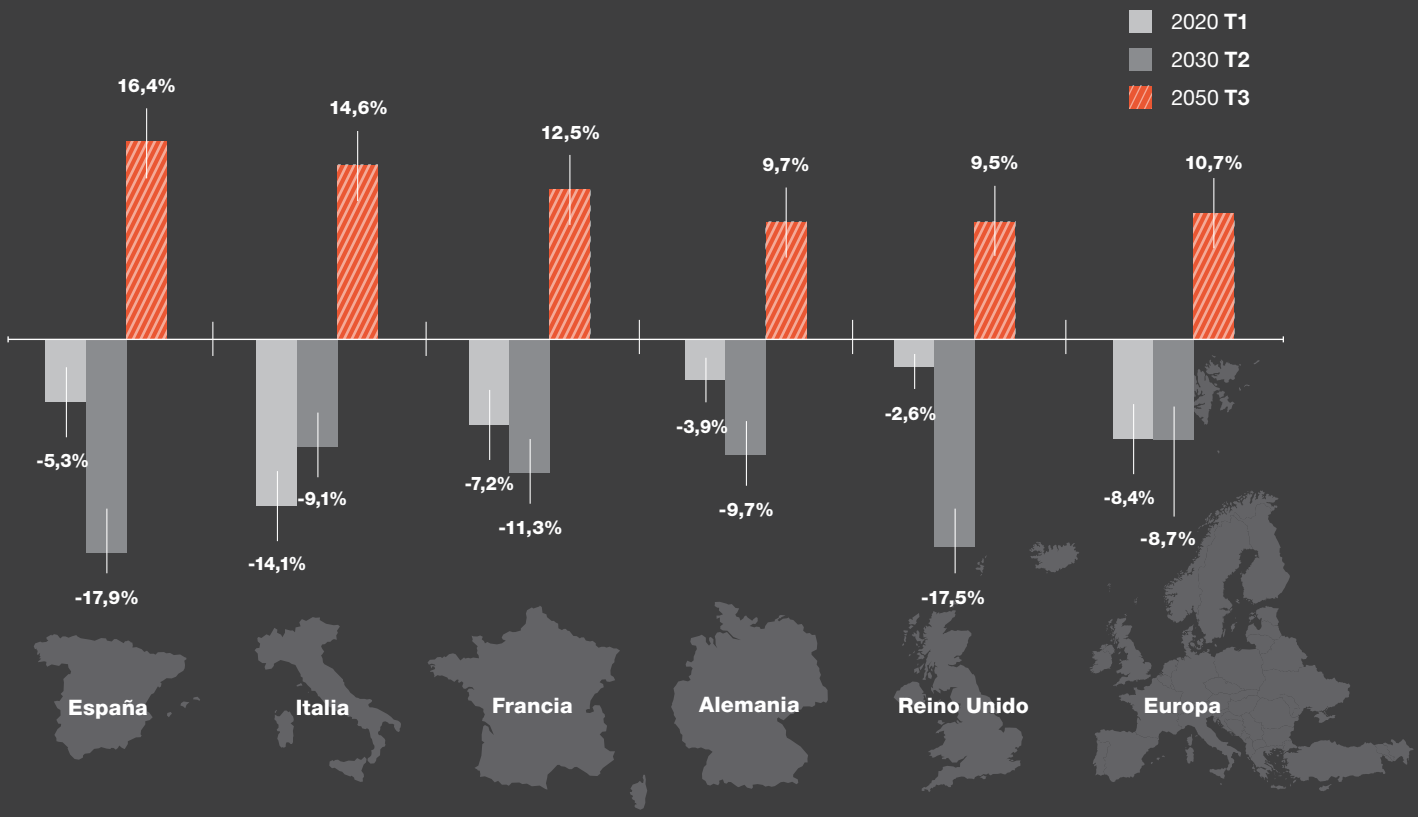
Al mismo tiempo, la propia tecnología es también la herramienta fundamental para poder enfrentar los retos planteados por el resto de megatendencias y conseguir una España más competitiva, sostenible y eficiente en la gestión de sus recursos.

1.2. Impacto de la COVID-19

La pandemia de la COVID-19 iniciada a principios de 2020 y la adopción de medidas extraordinarias para contener sus efectos ha desencadenado una crisis sanitaria global que está afectando con especial intensidad a la economía española, muy dependiente del turismo y la hostelería y, por tanto, muy afectada por las restricciones a la movilidad de las personas. La caída intertrimestral del PIB en el segundo trimestre de 2020 fue de casi el 18%, cifra superior a la de otros países del entorno, como Italia y Francia, si bien el repunte tras el cese del confinamiento ha sido también superior.

Figura 5.

Variación intertrimestral del PIB en la UE



Fuente: Elaboración propia a partir de Eurostat e INE. Últimos datos disponibles.

De acuerdo con las últimas previsiones del Banco de España[8], la economía española no recuperará los niveles previos a la crisis hasta mediados de 2023 –escenario central o más probable– y, en cualquier caso, no antes de 2022 –escenario más optimista–, por lo que sus efectos se harán notar todavía durante los próximos años.

[8] Banco de España. Proyecciones macroeconómicas de la economía española (2020-2023). Diciembre de 2020.



Esta nueva coyuntura traída por la pandemia de la COVID-19, que ha modificado profundamente los hábitos de consumir, producir y desplazarse, ha tenido, y continuará teniendo, dos consecuencias relevantes:

- Por un lado, ha puesto de manifiesto la fragilidad de la de la economía española y su cadena de suministro. La elevada terciarización y dependencia del turismo de España ha resultado muy negativa en el contexto actual de restricciones a la movilidad de las personas, tanto entre países y regiones, como dentro de las propias ciudades. Al mismo tiempo, durante los primeros meses de la pandemia se sufrió de escasez de algunos productos y bienes imprescindibles, como las EPI y otro material sanitario, lo que ha potenciado la necesidad de una implantación más local de la industria, en un mundo evidentemente globalizado (una industria "glocal", competitiva internacionalmente, pero implantada localmente, algo cada vez más factible gracias a las nuevas tecnologías).

  En este sentido reindustrializar el país significaría aumentar el peso de un sector económico menos volátil y dependiente del turismo, y también garantizaría el suministro local de bienes y servicios necesarios, por contar con un tejido industrial flexible capaz de producirlos.

- Por otro lado, la pandemia ha acelerado notablemente el proceso de digitalización y remotización del trabajo para garantizar la producción de bienes y servicios en condiciones seguras para los trabajadores durante la pandemia. Fenómenos como el teletrabajo o el comercio online se han visto amplificados durante los meses de confinamiento, y muy probablemente se mantendrán en el tiempo de forma irreversible. Estos cambios, que permanecerán probablemente cuando haya terminado la pandemia, requerirán de nuevas infraestructuras más digitales para gestionar estos nuevos hábitos de trabajo, consumo y movilidad.

1.3. Contexto europeo: el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia

La crisis sanitaria originada por la COVID-19, junto con las consecuencias económicas de los confinamientos y las restricciones a la actividad, ha requerido de la adopción de medidas extraordinarias por parte de los gobiernos, tanto nacionales como internacionales, en materia de protección del empleo, facilidad de liquidez para empresas y autónomos o mantenimiento de las rentas familiares y el acceso a suministros básicos de colectivos vulnerables, entre otras.

En este sentido, la Unión Europea reaccionó con rapidez para ayudar a los Estados Miembros mediante un paquete de medidas sin precedentes por su alcance y volumen: a corto plazo, a través de medidas de política monetaria y fiscal encaminadas a garantizar la estabilidad y asegurar la liquidez; a medio y largo plazo, a través de la puesta en marcha de un fondo que apoye la recuperación económica orientándola a objetivos y prioridades de la UE en materia económica y medioambiental.

Así, en julio de 2020 se produjo un acuerdo histórico en el Consejo Europeo y se aprobó el Fondo de Recuperación para la UE *('Next Generation EU')*, dotado con un volumen de 750.000 millones de euros, y el Marco Financiero Plurianual 2021-2027, que asciende a 1,1 billones de euros. La adopción de estos mecanismos permitirá a los Estados Miembros abordar un volumen de inversiones a lo largo de los próximos años nunca visto.

España es uno de los países que recibirá un mayor volumen de financiación, tan solo por detrás de Italia. En concreto, España recibirá hasta 140.000 millones de euros, de los cuales alrededor de 72.000 millones se desembolsarán en forma de transferencias y el resto a través de préstamos. A principios de 2021, el Gobierno anunció que el importe total ascendería finalmente a casi 150.000 millones de euros (81.000 millones en forma de transferencias no reembolsables), con lo que se situaría a la cabeza de las ayudas recibidas, superando a Italia. La canalización de estos fondos se hará principalmente a través de dos instrumentos: el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia, que concentra el grueso de la financiación, y el REACT-EU, que se llevará a cabo a través de las comunidades autónomas y está destinado principalmente a acciones e inversiones en al ámbito educativo o sanitario.

Las iniciativas e inversiones que harán uso de estos fondos se articularán en torno a tres pilares, marcados por los objetivos de la UE a largo plazo: la transición ecológica, la transformación digital y la reindustrialización, tal y como se muestra en la figura 6.

Más allá del propio objetivo de reindustrialización, cuya relación con el sector secundario es obvia, también la transición ecológica y la transformación digital tienen un fuerte componente industrial y de nuevas infraestructuras.

En el caso de la transición ecológica, la industria manufacturera es directamente responsable del 22% de las emisiones de $CO_{2,}$ generadas tanto por la quema de combustible como por los propios procesos industriales, tal y como se muestra en la figura 7.



Figura 6.

Ejes del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la UE

Transición ecológica

Conseguir la neutralidad climática en Europa en el año 2050, transformando la UE en una economía sostenible. Un 37% del presupuesto deberá ir destinado a cumplir los objetivos del Pacto Verde.

Transformación digital

Generar un marco adecuado para que el uso de las tecnologías digitales beneficie a ciudadanos y empresas, asegurando a los ciudadanos el acceso a la tecnología, dotando a las empresas de los medios para su creación, desarrollo e innovación y garantizando el control y protección de datos. Un 20% del presupuesto deberá destinarse a estos fines.

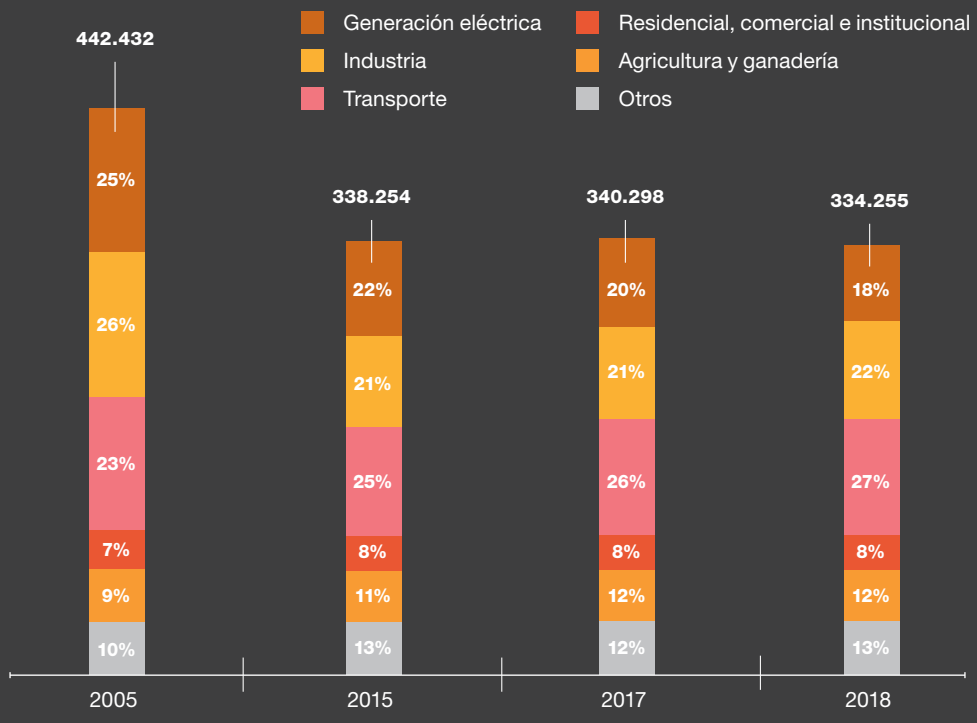
Reindustrialización

Impulsar la competitividad industrial de la UE para lograr una industria europea más dinámica, resiliente y competitiva, y aumentar su peso en la economía, por tratarse, en general, de sectores de mayor valor añadido, más resistentes a las crisis y que garantizan el acceso a productos e insumos en casos de emergencia.

Fuente: elaboración propia.

Figura 7.

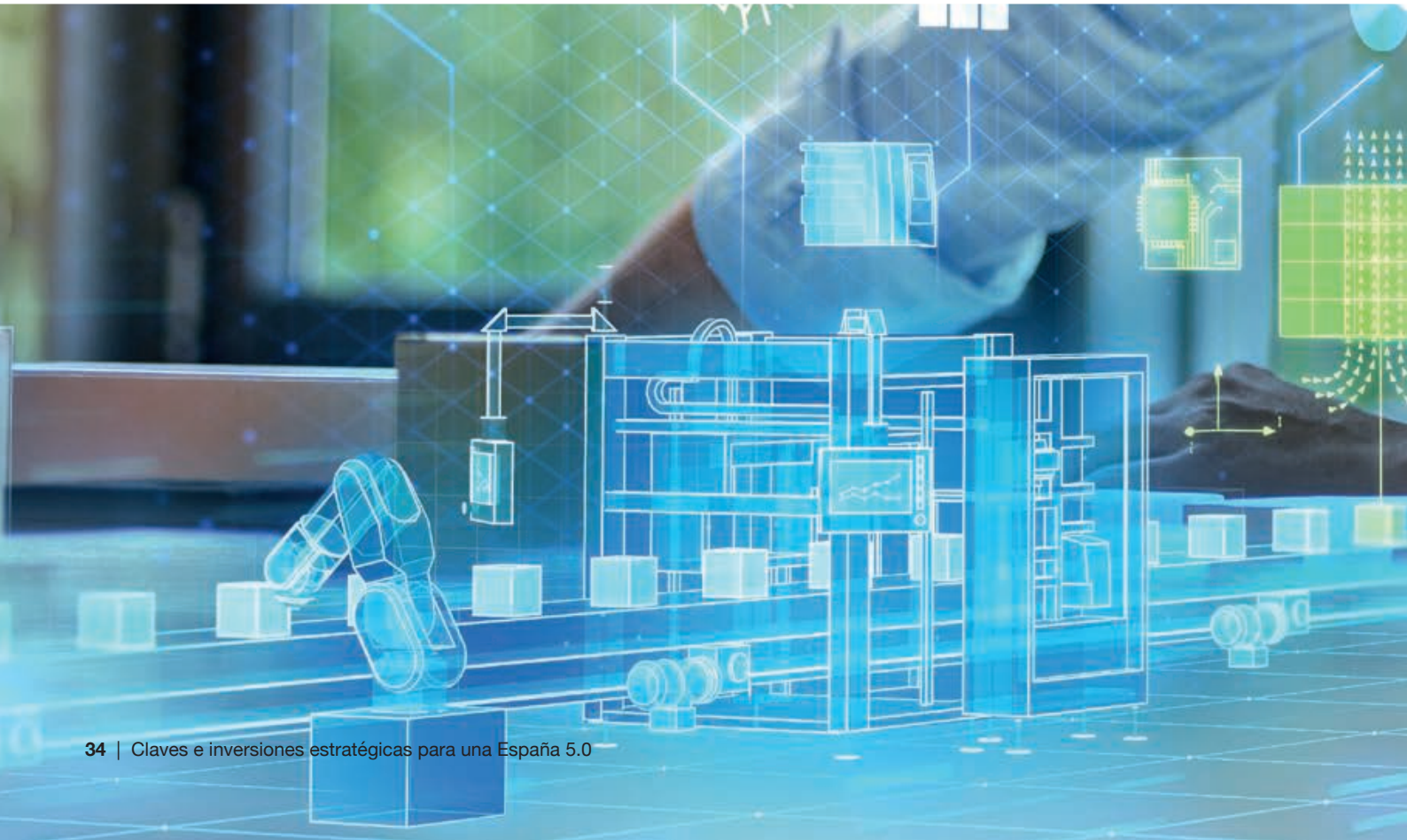
Emisiones equivalentes de CO_2 en España, por sector (2005-2018)



Fuente: Ministerio de Transición Ecológica.

El Mecanismo de Recuperación y Resiliencia europeo es, a pesar de las circunstancias, una oportunidad única para conseguir una industria española digitalizada y competitiva que contribuya a una economía más sostenible y con potencial de crecimiento.









En cualquier caso, visto el peso de las emisiones del transporte y la generación de electricidad (27% y 18%, respectivamente) la transición ecológica deberá pivotar inevitablemente sobre una electrificación del transporte y la integración de energía eléctrica de origen renovable en el sistema, para lo que resulta fundamental el desarrollo tecnológico de las infraestructuras eléctricas y la industria de la automoción para su transición hacia el vehículo eléctrico.

Finalmente, las tecnologías que participan en la transformación digital tienen una aplicación directa en la industria -desarrollos en las áreas de la robótica, la impresión 3D, la realidad aumentada, el 5G o el *blockchain*, por ejemplo-, que pueden suponer importantes ahorros de costes y aumentos en la capacidad de producción, ayudando en el proceso de reindustrialización y permitiendo a Europa en general, y a España en particular, competir en los mercados internacionales.

En definitiva, este mecanismo de recuperación es, a pesar de las circunstancias, una oportunidad única para conseguir una industria española digitalizada y competitiva y con unas infraestructuras flexibles e inteligentes que contribuyan al crecimiento y sostenibilidad de la economía y la sociedad.

2

Visión de la España 5.0

Es necesaria una actualización del concepto de la “Industria 4.0” para poner las nuevas tendencias tecnológicas al servicio de la sociedad, contribuyendo a crear una economía más sostenible medioambientalmente, más resiliente ante futuras crisis y con el foco principal en el bienestar de las personas. Este nuevo marco para el desarrollo industrial es lo que se conoce como la “Industria 5.0”.





2.1. De la “Industria 4.0” a la “Industria 5.0”

Los avances en materia de digitalización, sistemas de información y automatización en la última década han permitido una notable transformación de los procesos y operaciones de las empresas, con importantes beneficios en términos de crecimiento económico y generación de empleo. Estos cambios tecnológicos y sus múltiples aplicaciones, que han supuesto prácticamente una Cuarta Revolución Industrial, han sido englobados comúnmente bajo el concepto de la “Industria 4.0”.

Esta “Industria 4.0”, marcada fundamentalmente por la digitalización, ha permitido aumentar el valor añadido de los productos y servicios generados en la economía, al mismo tiempo que ha dotado al sector industrial de mayor flexibilidad y eficiencia en sus procesos de producción. Los efectos de este cambio han trascendido al propio sector industrial, generando un impacto transformador en el conjunto de la sociedad y cambiando la forma de interactuar de las empresas con sus clientes.

En la actualidad, cuando se cumplen diez años desde el origen de este fenómeno, el concepto de “Industria 4.0” se ha convertido en una realidad, aunque con mucha heterogeneidad entre empresas y sectores en su aplicación. Mientras tanto, la innovación tecnológica ha continuado avanzando hacia una hiperconectividad e hiperautomatización de la industria, con una visión de la fabricación informatizada e inteligente y aplicando las últimas innovaciones en los campos de la robótica, el *big data*, la IA o el IoT, entre otras.

Este nuevo paradigma tecnológico, junto con los retos y desafíos globales que hemos descrito en las secciones anteriores, hacen necesaria una actualización del concepto de la “Industria 4.0” para poner estas nuevas tendencias tecnológicas al servicio de la sociedad, contribuyendo a crear una economía más sostenible medioambientalmente, más resiliente ante futuras crisis y con el foco principal en el bienestar de las personas. Este nuevo marco para el desarrollo industrial es lo que se conoce como la “Industria 5.0”.

En este sentido, la Comisión Europea ya ha definido en un reciente documento[9] las características de esta nueva "Industria 5.0", reconociendo su poder para lograr objetivos sociales más allá del crecimiento económico y poner la tecnología y la innovación al servicio de una transición hacia un modelo más sostenible, resiliente y centrado en las personas:

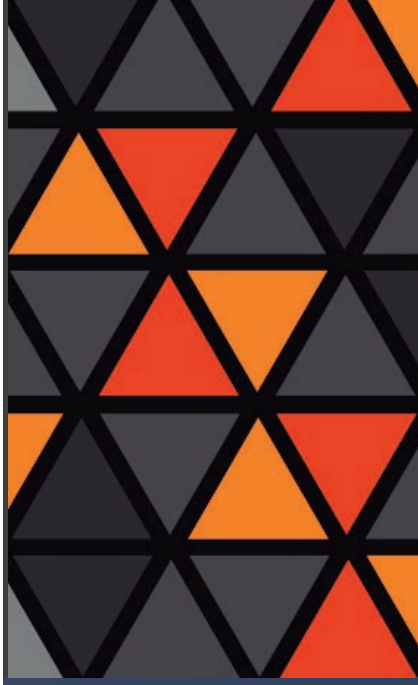
- **Sostenibilidad.** Una de las prioridades de la industria europea debe ser la reducción de emisiones de CO^2, la protección del medioambiente, la gestión eficiente de los recursos escasos, la soberanía energética a través de la electrificación del transporte, la eficiencia energética, la integración de tecnologías renovables en el sistema eléctrico y la gestión circular de los productos y residuos.

- **Resiliencia.** La crisis económica de 2008-2014 y la reciente pandemia de la COVID-19 ha puesto en evidencia las debilidades de las economías desarrolladas y, en concreto, la de España. La industria del futuro debe priorizar los sectores económicos estratégicos y de mayor valor añadido, fomentando el desarrollo de procesos de producción flexibles y robustos que permitan la adaptación rápida a cambios sociales, económicos o tecnológicos, garantizando así el suministro de bienes esenciales, agilizando la recuperación de crisis futuras y evitando la destrucción masiva de empleo.

- **Foco en las personas.** Las personas deben ser el elemento central de esta transformación, tanto desde el punto de vista del medio, como del fin. Como un medio, porque no se puede avanzar en un contexto marcado por la innovación sin una recapacitación y adaptación de las personas a las nuevas tendencias tecnológicas; como un fin, porque debe ser el bienestar y la seguridad del conjunto de la sociedad el principal objetivo a perseguir.

Vistos sus objetivos, la "Industria 5.0" no debe entenderse como una mera continuación cronológica o una alternativa, sino como un ejercicio prospectivo de la "Industria 4.0", que completa y amplía sus características distintivas y utiliza la tecnología como un catalizador para un nuevo modelo económico.

La figura 8 muestra, a grandes rasgos, los elementos distintivos de esta "Industria 5.0", que no están relacionados con tecnologías concretas, sino más bien con su forma de uso e integración en un ecosistema de colaboración entre máquinas, personas y empresas.





[9] Comisión Europea, (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, resilient and human-centric Industry.*

Esta nueva “Industria 5.0” debe poner la tecnología al servicio de un modelo económico más sostenible, resiliente y centrado en las personas.

Figura 8.

Industria 4.0 *vs*. Industria 5.0



Fuente: Elaboración propia.

En este nuevo paradigma marcado por la hiperconectividad, la remotización y, sobre sobre todo, la centralidad de las personas -sean trabajadores o consumidores-, se necesita también el desarrollo de unas infraestructuras que, al igual que la industria, sean también inteligentes, es decir, unas “infraestructuras 5.0”: las redes de transporte, comunicación, energía o agua; las infraestructuras sanitarias, o los edificios de oficinas deberán digitalizarse para poder gestionar de forma eficiente y ágil los recursos, y aprovechar todo el potencial de esta “Industria 5.0”.



En este nuevo paradigma marcado por la hiperconectividad, la remotización y, sobre sobre todo, la centralidad de las personas -sean trabajadores o consumidores-, se necesita también el desarrollo de unas infraestructuras que, al igual que la industria, sean también inteligentes, es decir, unas “infraestructuras 5.0”: las redes de transporte, comunicación, energía o agua; las infraestructuras sanitarias, o los edificios de oficinas deberán digitalizarse para poder gestionar de forma eficiente y ágil los recursos, y aprovechar todo el potencial de esta “Industria 5.0”.

Sociedad 5.0

Este nuevo paradigma supone un cambio en la visión de la economía para hacerla más humana, poniendo a las personas en el centro en lugar del crecimiento, de tal forma que este es solo una herramienta, al igual que la tecnología, y no el objetivo último.

La “Sociedad 5.0” intenta equilibrar el crecimiento económico con la protección social y medioambiental, ampliando los objetivos de la “Industria 5.0” al conjunto de la sociedad para crear una “sociedad inteligente” a través de la construcción de nuevas relaciones: aquella entre la sociedad y la propia tecnología, y aquella entre individuos, a través de la tecnología.

En lugar de que los diferentes elementos sociales (energía, movilidad, educación, consumo, trabajo y ocio) operen con un alcance limitado, en esta nueva forma de entender la sociedad estos sistemas se operan de forma integrada gracias al uso de ingentes cantidades de información del mundo real que, mediante su tratamiento a través de los sistemas de IT, nos permitirá tomar decisiones que aumenten nuestro bienestar general, en algunos casos, de forma automatizada.



2.2. ¿Qué entendemos por una España 5.0?

La necesaria actualización de la estrategia económica a largo plazo para España, en la línea de este nuevo paradigma, es lo que hemos denominado España 5.0. El camino hacia esta España 5.0 deberá apalancarse sobre todo en la digitalización de la industria y en el desarrollo de infraestructuras inteligentes, dos ámbitos estratégicos no solo por su alto valor añadido, intensidad en I+D+i y su fuerte capacidad exportadora, sino porque ambos son fundamentales para conseguir el triple objetivo de la Comisión Europea de una economía más sostenible, resiliente y centrada en las personas:

- **Industrias digitales *(digital industries)***. La consolidación de una industria digital permitirá a España ser más competitiva en los mercados internacionales; tener una mayor flexibilidad, control y adaptación a cambios en los procesos de producción mediante la monitorización y explotación de los datos; mejorar la seguridad de los trabajadores mediante los robots cooperativos *(cobots)*, y garantizar, mediante una industria nacional sólida y actualizada, el suministro de productos esenciales en situaciones críticas, como la reciente pandemia de la COVID-19. Además, esta digitalización de la industria permitirá aumentar el peso del sector secundario en la economía española –esa reindustrialización buscada por el Plan de Recuperación europeo–, de mayor valor añadido y, por tanto, generador de puestos de trabajo más cualificados y mejor retribuidos.

  Esta industria digital se caracteriza también por la hiperconectividad y el intercambio de información a lo largo de toda la cadena de valor, que requerirá de la colaboración de todos los agentes -industrias, clientes, trabajadores y proveedores-, formando un ecosistema que fomente la innovación, la colaboración y la actualización constante del capital humano.

- **Infraestructuras inteligentes *(smart infrastructures)***. Por otro lado, el desarrollo de infraestructuras inteligentes es un requisito indispensable para garantizar la eficiencia y la sostenibilidad ambiental de todos los sectores económicos, especialmente la propia industria, el transporte, la construcción, la energía, el sector hotelero o la sanidad. Estas nuevas infraestructuras abarcan desde los edificios inteligentes a las soluciones de movilidad, la electrificación de la economía o el autoconsumo doméstico, entre otros para lo que se requiere de un cambio de paradigma energético en el que todos los agentes, incluidos los hogares, se convierten en sujetos activos del sistema que garantizan la estabilidad de la red de forma coordinada.



La necesaria digitalización de la industria y las infraestructuras dentro de este nuevo concepto de la España 5.0 requerirá, de forma colateral, el desarrollo de una serie de facilitadores o catalizadores de este cambio:

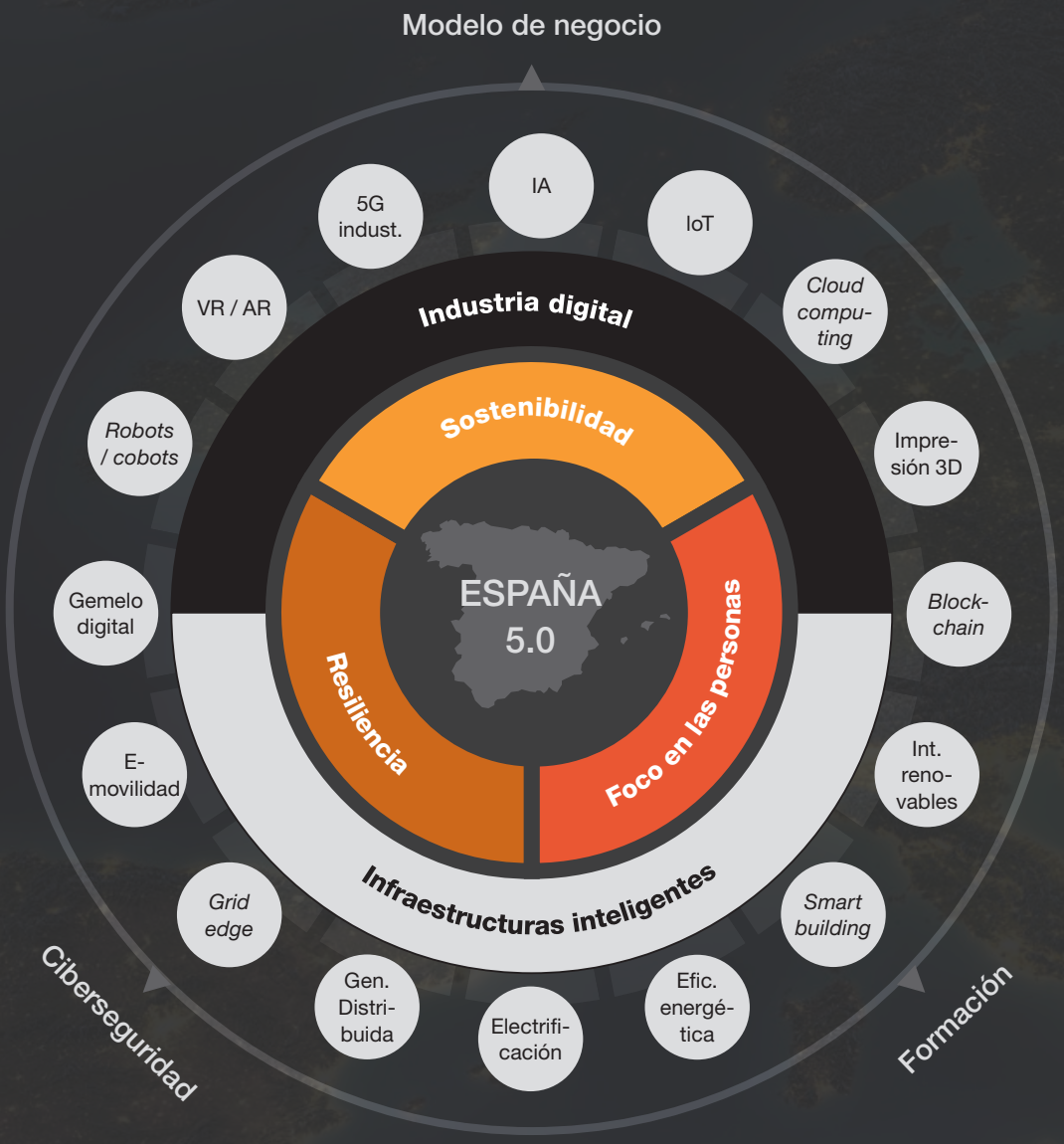
- **Nuevo modelo de negocio.** Como mencionábamos con anterioridad, la hiperconectividad requerirá de un nuevo modelo de negocio dónde los agentes, grandes empresas y pymes, busquen nuevos esquemas de colaboración, compartición de información y riesgos e integración de diferentes tecnologías para crear soluciones adaptadas a la industria, escalables, estandarizadas y que generen un retorno positivo a los fabricantes, formando un ecosistema innovador.

- **Formación.** El reto de la digitalización de la industria, con tecnologías que cambian y evolucionan con rapidez, requiere de una constante actualización del conocimiento dentro de las empresas, y especialmente entre los trabajadores, bien sea para optimizar el desempeño en sus puestos actuales *(upskilling)* o, más importante, para capacitarlos para las nuevas posiciones *(reskilling)* que constantemente se están creando (y también destruyendo). Esta capacitación continua del personal dotará de flexibilidad a las empresas para readaptarse con facilidad ante cualquier disrupción tecnológica, y es un elemento fundamental para que esta transición, además de eficiente, sea justa y no deje a nadie atrás.

- **Ciberseguridad.** Finalmente, la otra cara de la moneda de la digitalización y la hiperconectividad es, sin duda, los riesgos relacionados con la ciberseguridad. No se puede avanzar en esta transformación si las empresas no se protegen frente al cibercrimen y el espionaje industrial y si no se puede garantizar la seguridad de las infraestructuras críticas de un país frente a posibles ataques cibernéticos. Esta protección debe darse, además, en toda la cadena de suministro para ser efectiva, por lo que resulta esencial concienciar no solo a las grandes empresas, sino también a las pymes, de la importancia de la ciberseguridad.

Figura 9.

Nuestra visión de la España 5.0



Fuente: Elaboración propia.



2.2.1. Consolidación de una industria digital

El fenómeno de la transformación digital de la industria evidentemente no es nuevo. En un sentido amplio, el uso de herramientas o tecnologías aplicadas a la producción de bienes es una parte inherente de la propia industria, solo varía el grado de sofisticación de dichas herramientas. Por otro lado, muchas de las tecnologías actualmente utilizadas, como la IA o el IoT, tampoco son novedosas, ya se hablaba de ellas hace más de una década, si bien han evolucionado notablemente en todo este tiempo.

Por tanto, ¿Qué aporta de novedoso esta nueva propuesta sobre la digitalización de la industria? Además de las evidentes innovaciones tecnológicas que se hayan producido desde el nacimiento de la "Industria 4.0", sobre todo aporta una visión holística, integrada, innovadora y colaborativa de las tecnologías, las empresas y las personas, puesta al servicio de los principales problemas de la humanidad en el medio y largo plazo, como la sostenibilidad medioambiental o la resiliencia frente a las crisis.

Esta "Industria 5.0" mantiene de su versión anterior la importancia de la hiperconectividad, que permite llevar el dato obtenido de los sensores (del tipo que sean: IoT, drones, etc.) hasta el algoritmo de computación -generalmente en la nube, aunque también puede ser en la capa *Edge*-, dónde las herramientas de predicción anticipan y permiten la toma de decisiones de forma automática, que se devuelven a la máquina para su ejecución. En esta automatización de las decisiones seguirá jugando un papel fundamental la IA, con todavía mucho potencial de desarrollo.

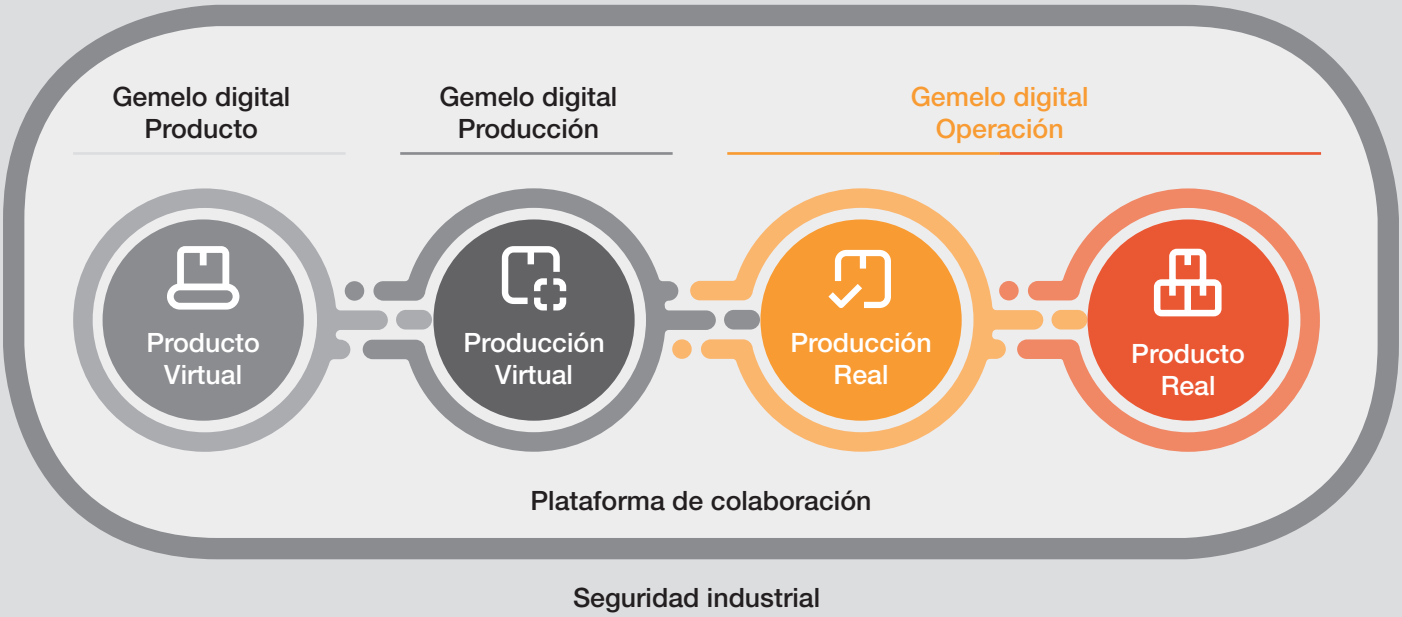
Este flujo de información en ambos sentidos requiere de una comunicación casi inmediata entre máquinas, o entre éstas y la nube, para permitir la operación en tiempo real. Esto se podrá conseguir con mayor facilidad gracias al desarrollo del 5G industrial, que es el nuevo estándar de comunicación hasta cien veces más rápido que los sistemas actuales, y que no depende de que otros dispositivos estén o no conectados al mismo tiempo. El uso industrial del 5G genera, por tanto, nuevas oportunidades para la industria y posibilita el desembarco de otras soluciones que de otra forma no se podrían desarrollar.

La integración de más tecnología conectada entre sí en la industria permite la hibridación entre el mundo físico y el digital (es decir, el entorno OT y el IT): cualquier producto o proceso puede simularse en el gemelo digital *(digital twin)* previamente a su implementación de forma precisa y veraz, ahorrando costes en la fase de diseño y permitiendo anticipar problemas en la posterior producción.

Este gemelo digital es sin duda un buen ejemplo del potencial de la integración de las diferentes tecnologías y la importancia de la comunicación y uso de la información: los datos reales obtenidos en la operación real retroalimentan el modelo de simulación virtual y viceversa, los modelos de predicción permiten la toma de decisiones automáticas en el mundo físico. A esta plataforma integrada de colaboración que integra al gemelo digital hay que añadirle una capa adicional de ciberseguridad, como profundizaremos en la sección 2.2.5.

Figura 10.

Esquema del gemelo digital



Fuente: Elaboración propia.



La utilidad del gemelo digital no se circunscribe únicamente a la industria, sino que también se aplica a la gestión eficiente y automática de las infraestructuras de todo tipo, desde las redes de electricidad a los edificios inteligentes, que veremos en la sección 2.2.2.

Otro asunto que cobra cada vez más importancia es la digitalización y automatización de la intralogística. Hasta ahora se trataba exclusivamente de manipular los productos a través de su almacenamiento y carga, pero las nuevas tecnologías permiten que se transmita la información del producto y su proceso (es decir, su trazabilidad) junto con el producto mismo, como un todo.

Las tendencias tecnológicas en el campo de la intralogística son similares a las del resto de procesos industriales: el IoT, la IA, el *machine learning* y la impresión 3D jugarán un papel fundamental en este nuevo paradigma de la intralogística, junto con el *blockchain* aplicado a la trazabilidad de los productos manufacturados y la ciberseguridad de la fábrica. Toda esta tecnología permitirá mejorar no solo la eficiencia sino también la sostenibilidad del proceso de producción, además de poder interactuar hacia afuera de la fábrica con las *smart cities*, sincronizando las operaciones y cambiando los sistemas de logística hacia un sistema *just-in-time*, adaptado a los nuevos requerimientos de los clientes finales.

Además, esta España 5.0 debe ser un modelo coherente: si entre los objetivos de su industria está la sostenibilidad, la palanca utilizada para ello -la tecnología- debe ser también sostenible. Mediante este concepto de tecnología sostenible se debe vigilar todo el ciclo temporal de sus componentes físicos -desde la fabricación hasta la finalización de su (primera) vida útil-. La debida reutilización del hardware gastado u obsoleto (segunda vida y reciclaje de sus componentes) y la adecuada gestión de residuos contaminantes a través de una estrategia de economía circular es un elemento clave para garantizar: (1) el uso eficiente de unos recursos limitados y muy concentrados geográficamente[10]; (2) el suministro continuo de materiales indispensables para la fabricación de nuevos componentes tecnológicos, y (3) el cuidado del medio ambiente.

Finalmente, la toma de decisiones automatizada supone también un importante reto ético que no se puede resolver solo con tecnología. La transformación digital requiere no solo de la colaboración entre las máquinas, sino entre éstas y las personas, que no podrán nunca ser sustituidas, sino solo cambiar de rol: de las tareas más mecánicas, repetitivas y pesadas a la toma eficiente de decisiones mediante los robots colaborativos.

[10] Como las llamadas tierras raras, el litio o el cobalto. China concentra más del 90% de la producción mundial de los 17 elementos químicos que forman el grupo de tierras raras; Australia y Chile concentran más del 80% de la producción mundial de litio, y la República Democrática del Congo concentra el 70% de la producción mundial de cobalto.



2.2.2. Desarrollo de infraestructuras inteligentes

Para conseguir los objetivos de la España 5.0 en un mundo cada vez más urbanizado y con menos recursos, debemos transformar la forma en la que vivimos y trabajamos.

Las políticas medioambientales en marcha, como la integración de más energía de origen renovable -incluido el autoconsumo- y la movilidad eléctrica, que requerirá del despliegue de una red de carga dentro de las ciudades, suponen un importante reto en términos de la operación del sistema eléctrico, que tendrá que hacer frente a la volatilidad de la producción renovable –dependiente de fenómenos naturales como el sol o el viento– y a un aumento de la demanda para cargar estos nuevos vehículos, aumentando la diferencia entre el pico y el valle de consumo.

Ante la dificultad de dimensionar una red de máximos con todos estos elementos, se requiere, por un lado, de cambios culturales para su implementación con éxito (nuevos hábitos de carga o el *car-sharing*, por ejemplo), pero también de unas infraestructuras que apliquen las nuevas tecnologías para monitorizar, controlar y gestionar estas enormes redes interconectadas de forma eficiente, automática y descentralizada, en la que todos los agentes participan de forma activa. Esto es lo que se conoce como infraestructuras inteligentes o *smart infrastructures*. Estas infraestructuras permitirán abandonar la estructura tradicional y unidireccional de generación > transporte > distribución > consumo y transitar a un nuevo modelo dónde todos los agentes son elementos activos de la red, tomando o vertiendo energía a la misma en función de las necesidades del conjunto del sistema.

Para el desarrollo de estas redes inteligentes, el mantenimiento de la seguridad de suministro y la integración de más energía renovable en el sistema será fundamental el desarrollo del almacenamiento de energía, bien sea en forma de estaciones hidroeléctricas de bombeo, en forma de calor (almacenamiento en sales fundidas, como en las plantas termosolares), en forma de gas (hidrógeno) o en baterías. En este último caso, la batería de iones de litio es la tecnología actualmente disponible con un grado de competitividad suficiente para su aplicación a nivel residencial, comercial, industrial o a gran escala *(utility-scale)*.

Tanto el *Paquete de Invierno*[11] –también llamado *Paquete de Energía Limpia*– como el *Green New Deal* de la Unión Europea sitúan la figura del consumidor en el centro de la transición energética, lo que se traduce no solo en un consumidor reactivo a los precios de mercado o que integre generación distribuida, sino también a una nueva forma de consumir a través de Comunidades Energéticas. Así, por ejemplo, los hogares y edificios de oficinas se convertirán en autoconsumidores de energía gracias a las instalaciones fotovoltaicas y las baterías, o incluso los propios vehículos eléctricos podrían, en un momento determinado, ayudar a la gestión del sistema vertiendo la energía de sus baterías *(Vehicle-to-Grid)*[12]. Esto ayudaría a optimizar la respuesta a la demanda en los picos de consumo.

La movilidad eléctrica supondrá también un cambio cultural en el uso del coche. Las limitaciones de puntos de carga o de aparcamiento de los vehículos requerirán del uso de flotas compartidas, pagando solo por su uso y no por la propiedad, en un nuevo esquema de *Mobility-as-a-Service* (MaaS) e intermodalidad en el transporte gracias a las nuevas tecnologías digitales. Por otro lado, el desarrollo del coche autónomo, no directamente relacionado con el vehículo eléctrico, contribuirá también a esta nueva cultura de la movilidad compartida y el MaaS.

Aunque el vehículo eléctrico se presenta como la principal solución para la descarbonización a corto plazo, podrá hibridarse, en el largo, con el hidrógeno (H_2), cuando su producción verde a gran escala sea viable y los costes de fabricación de los vehículos de H_2 sean menores. El H_2 no es una fuente primaria de energía, como lo pueden ser el sol o el viento, sino un vector energético, es decir, un elemento capaz de almacenar energía para que pueda ser liberada de forma gradual cuando sea necesario, por lo que tiene también un importante potencial para el almacenamiento a gran escala de excedentes de generación eléctrica renovable y su gestión estacional.

Históricamente, los distintos sectores implicados en el sistema energético (generación, calefacción, movilidad, industria) han sido gestionados de forma independiente, pero la interacción e integración de los diferentes vectores energéticos, como la electricidad, el calor o el gas, se considera crítica para la transición energética. Esto es lo que se conoce como *sector coupling*, un enfoque integrado de las demandas de electricidad, el calor, movilidad, el hidrógeno (H_2) y los procesos industriales, así como sus infraestructuras.

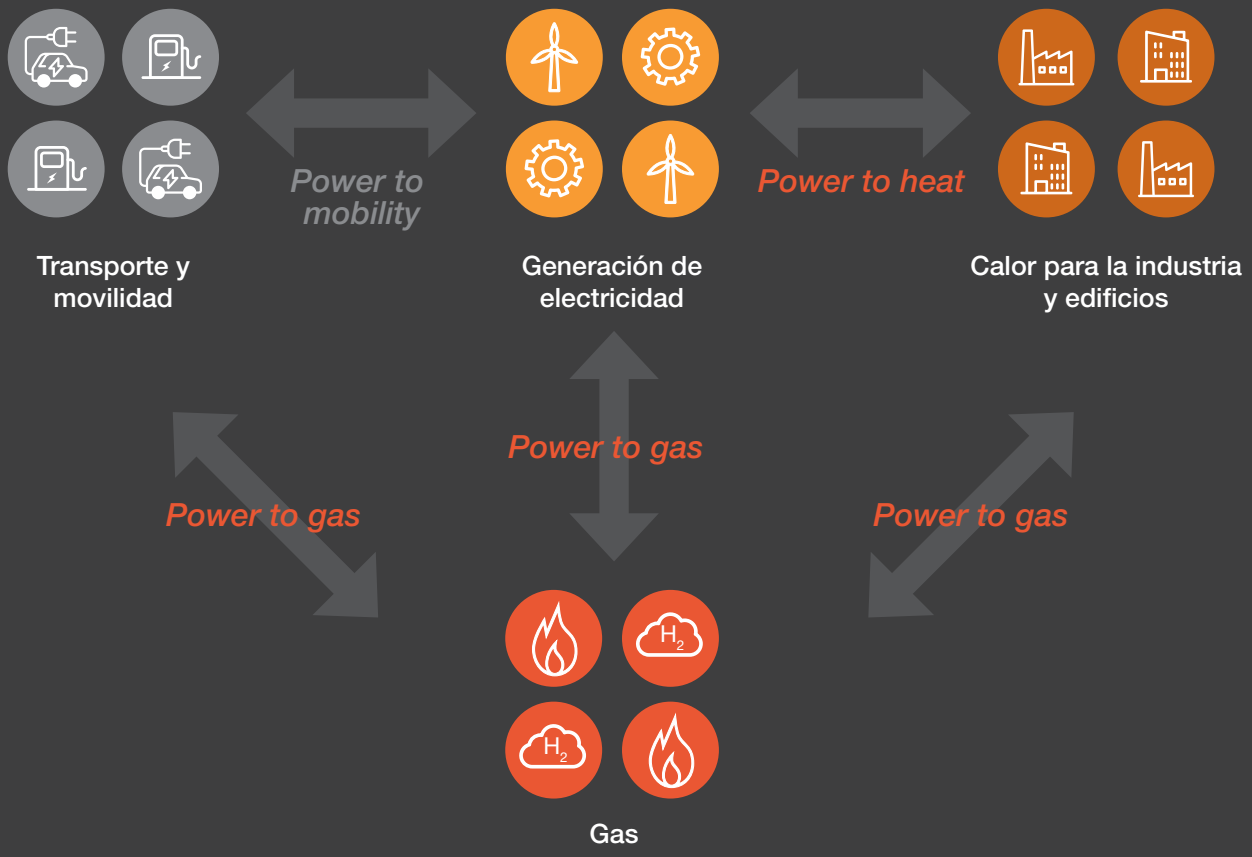
[11] El *Paquete de Invierno* es un conjunto de normas que establecerán la política energética de los estados miembros de la Unión Europea hasta 2030.

[12] Los cinco millones de coches eléctricos que el Gobierno planea para 2030 tendrían, de forma agregada, la misma capacidad que una central nuclear.



Figura 11.

Esquema del *sector coupling*

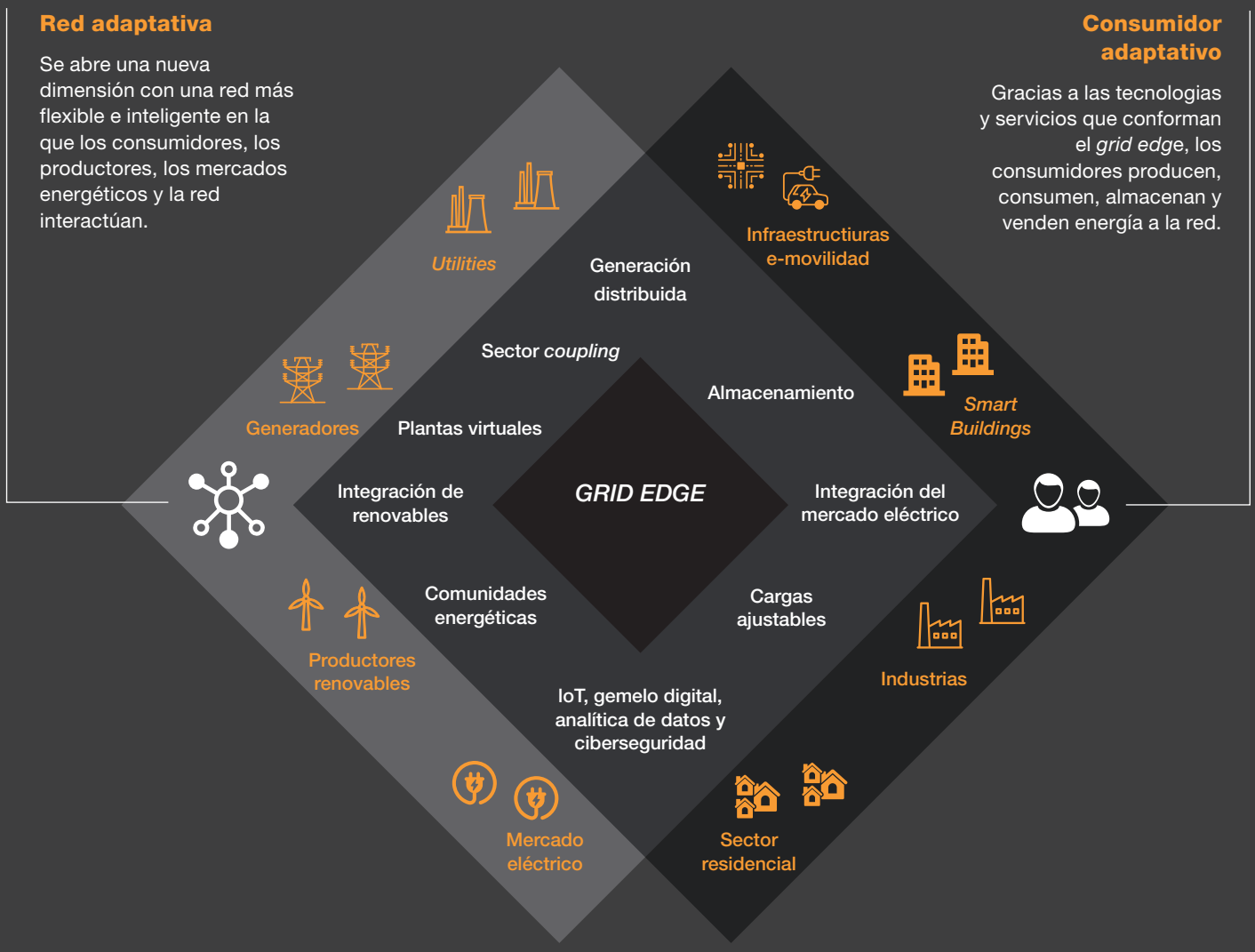


Fuente: Elaboración propia.

La gestión de un sistema de estas características de forma eficiente y segura requiere del intercambio en tiempo real de ingentes cantidades de información, su procesamiento y la gestión automática y de forma remota de la red, y por tanto de un esfuerzo digitalizador muy elevado. Este nuevo modelo de red eléctrica más descentralizado, digital, interconectado e inteligente es lo que se conoce como *Grid Edge*, cuyo esquema se muestra en la figura 12.

Figura 12.

Esquema del *Grid Edge*



Fuente: Elaboración propia.



[13] Abergel, Thibaut, et al. 2019. *2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*. Agencia Internacional de Energía y Programa Medioambiental de las Naciones Unidas, 11 de diciembre de 2019.

Por otro lado, los edificios son responsables de cerca del 36% del consumo energético mundial y del 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida[13]. El autoconsumo y la eficiencia energética se configuran, por tanto, como elementos fundamentales para la descarbonización de la economía, consiguiendo edificios prácticamente autosuficientes y con una huella de carbono nula *(net zero energy buildings)*.

Evidentemente, todo ello requerirá de cambios normativos y sociales para dotar de flexibilidad al sistema. Esquemas como el *Energy-as-a-Service (EaaS)* -dónde los hogares pueden ser retribuidos por su contribución al sistema- o los agregadores de capacidad de los usuarios, serán necesarios para generar incentivos eficaces a esta gestión activa de la generación, así como la aplicación de tecnologías como el *blockchain* para poder casar y liquidar las contribuciones de cada usuario de la red.

Pero el potencial de las infraestructuras inteligentes va más allá del sistema energético. Los edificios inteligentes, o *smart buildings*, permitirán una mejor monitorización, control y gestión de forma remota de elementos como la climatización, la iluminación, el aforo o la seguridad (algo que se ha mostrado como fundamental ante emergencias sanitarias, como la de la COVID-19), con aplicación en infraestructuras tan críticas como hospitales y aeropuertos, por ejemplo.

Figura 13.

Características de los *smart buildings*

Neutros en carbono

- Incentivan a los usuarios para que utilicen menos recursos
- Aprenden y se adaptan a las necesidades de sus ocupantes para disminuir el consumo de energía y la huella de carbono
- Rastrean, gestionan y compensan su huella de emisiones de forma activa
- Diseño sostenible respetuoso con el medio ambiente

"Prosumidores" de energía

- Generan su propia energía renovable y la utilizan de forma inteligente para cubrir su propio consumo
- Equlibran la carga de forma inteligente, alimentan la red local, almacenan energía y venden la energía que no necesitan gracias a los sistemas de generación distribuida



Eficientes y seguros

- Minimizan al máximo el uso de energía, el consumo de agua, la producción de residuos y el uso de consumibles
- Monitorizan y analizan en tiempo real datos internos y externos para garantizar la seguridad de los usuarios

Integrados en las *smart cities*

- Intercambian datos con los servicios de la ciudad y permiten el acoplamiento de sectores
- Se integran de forma natural en la ciudad inteligente y su entorno
- Son el elemento central para gestionar y organizar inteligentemente la infraestructura de la ciudad

Fuente: Elaboración propia.

Estas infraestructuras inteligentes, sin las cuales no se podría desarrollar una industria como la del vehículo eléctrico, por ejemplo, deben ser una palanca para el desarrollo de una nueva industria más competitiva y la sostenibilidad en su sentido más amplio (medioambiental, urbana, logística, sanitaria), mediante un uso eficiente de los recursos disponibles gracias a la digitalización.

2.2.3. Nuevo modelo de negocio

La hiperconectividad que caracteriza a la transformación digital, y los flujos de información que genera, cambia sustancialmente la interacción entre los diferentes agentes a través de la tecnología, generando un impacto disruptivo en la organización de las empresas, independientemente de su tamaño o sector.

Para poder integrar todo este conjunto heterogéneo de tecnologías, flujos de datos, riesgos y beneficios de la digitalización a lo largo de toda la cadena de suministro de una industria se requiere de un nuevo modelo cooperativo de negocio, tanto hacia afuera de la empresa -clientes, socios y competidores- como hacia adentro de la organización -colaboradores y empleados-, para constituir un verdadero ecosistema innovador en el que todos los agentes participan y colaboran entre sí. No se trata solo de introducir más y mejor tecnología, sino de integrar todas estas las soluciones entre sí de forma eficiente y favorecer el cambio en productos y procesos en todo este ecosistema.

Figura 14.

Nuevo modelo de negocio



Fuente: Elaboración propia.



No se trata solo de introducir más y mejor tecnología, sino de integrarlas entre sí para crear soluciones adaptadas a la industria a través de un ecosistema de innovación.

Este nuevo modelo de negocio aumenta “aguas abajo” la interacción con el cliente gracias a la personalización de los productos y servicios, “aguas arriba” mejora la integración de la tecnología con nuevos esquemas de financiación y compartición de los riesgos tecnológicos y, crea a su alrededor una plataforma cooperativa -un ecosistema, dentro y fuera de la empresa- orientada a la innovación constante, tanto de productos, como de procesos.

La tecnología ha cambiado las estrategias de comercialización de los productos: los precios dinámicos se han convertido en uno de los pilares fundamentales del sector digital gracias a la optimización en tiempo real, ajustando los precios en función de las características del mercado en cada momento, ya sea por acciones de sus competidores, variaciones en la demanda u otros efectos temporales como rebajas o vacaciones.

Por otro lado, la complejidad creciente de la tecnología junto con la elevada inversión que supone ha permitido el desarrollo de nuevas formas de digitalización mediante en el pago por uso *(as-a-Service)*, en muchos casos prestados desde la nube. Estos esquemas permiten a las empresas: 1) recibir soluciones integradas y adaptadas a las necesidades de la empresa, 2) convertir los costes fijos en variables, de forma que se adaptan al tamaño de la empresa, y 3) disponer de la tecnología sin necesidad de grandes inversiones y compartiendo los riesgos con el proveedor.

Hoy por hoy, la financiación de ventas *B2B* de tecnología es prácticamente indispensable, al menos para los proyectos de mayor envergadura. La clave en este nuevo modelo de negocio es el equilibrio en el reparto de los riesgos operativos además de los financieros, como en el mencionado modelo *As-a-Service*, donde el cliente evita tener que realizar él mismo la inversión y ocuparse de su funcionamiento, transformando el *CAPEX* en *OPEX*. Por otro lado, en la ejecución de proyectos de eficiencia energética, gracias a la disponibilidad de datos, se pueden adaptar los contratos mediante condiciones flexibles que vinculen, por ejemplo, la retribución del servicio al ahorro conseguido.

Esto introduce una nueva forma de colaboración entre el proveedor de tecnología y el cliente, en el que existen incentivos a compartir la información de forma bidireccional: el cliente, la información del desempeño de su proceso productivo; el proveedor, las instrucciones y el conocimiento (mediante IA, por ejemplo) para un uso óptimo de la tecnología.

El uso de los datos abre, a su vez, nuevas oportunidades. Compartiendo datos se crea un ecosistema entre *partners*, creando negocios, mejorando la cadena de valor, añadiendo nuevos clientes o generando un mayor valor añadido para un mismo cliente.

En este nuevo modelo de negocio juega un importante papel el ya mencionado gemelo digital, ya que, como representación virtual de un producto o proceso de producción, permite que las etapas individuales se vinculen entre sí incrementando la eficiencia, minimizando la tasa de fracaso, acortando los ciclos de desarrollo y abriendo nuevas oportunidades comerciales. Todo esto permite a los usuarios actuar de manera mucho más flexible y eficiente y personalizar su fabricación.

Caso de éxito del modelo *As-a-Service*: *bike sharing* en Lisboa

Siemens, junto con Órbita, fabricante líder de bicicletas y estaciones de acoplamiento, han sido las encargadas del desarrollo de una solución innovadora para compartir bicicletas en la ciudad de Lisboa. Gracias a la experiencia de Siemens en sistemas de tráfico inteligente, servicios al cliente y digitalización, y al *know-how* de Órbita en la fabricación, Lisboa cuenta ahora con una excelente solución llave en mano de *bike sharing* que permite el control a través de la *App*, puntos de acceso *Wi-Fi* en los muelles, servicios de localización GPS, un sistema de carga inteligente y el uso de la IA para la optimización de la localización de bicicletas por la ciudad.

Este es sin duda un proyecto paradigmático de este nuevo modelo de negocio, en el que la ciudad puede contar con un servicio de bicicleta compartida minimizando su inversión y compartiendo los riesgos con el fabricante (Órbita) y el gestor (Siemens): Siemens es responsable de la instalación y el mantenimiento de los equipos (bicicletas, estaciones y estaciones de acoplamiento), y de la operación de los sistemas, incluida la reubicación de bicicletas; mientras que Órbita es la empresa responsable del suministro de 1.410 bicicletas, tanto eléctricas como convencionales, 140 estaciones y 2.638 estaciones de acoplamiento.



Otros modelos de negocio para la transformación digital son el *venture capital*, que suele tener un fuerte componente tecnológico, y las ayudas públicas a la I+D+i (en el caso de España, las ayudas del CDTI, y los préstamos de ENISA y el ICO, por ejemplo).

En cuanto a la colaboración entre empresas, este ecosistema de innovación del que hablábamos al principio debe crear un entorno empresarial caracterizado por la flexibilidad y la agilidad, centrándose menos en mejoras incrementales lentas y más en la capacidad y la velocidad de reinventarse y adaptarse a los cambios.

Además, las oportunidades que ofrece la digitalización son demasiado complejas para ser manejadas por una sola compañía, por lo que alrededor de cada una debe formarse toda una plataforma de *partners* de esta transformación digital, formada por los propios clientes y proveedores, junto con desarrolladores, *startups*, universidades, centros tecnológicos, etc., que fomenten la innovación, derriben las barreras entre las ideas (tecnólogos) y la producción (industrias) y se conviertan en auténticos integradores tecnológicos capaces de crear soluciones concretas adaptadas a las necesidades de cada industria o empresa, además de escalables, estándares y sencillas para obtener un retorno de la inversión positivo en el largo plazo.

Por otro lado, la revolución tecnológica está difuminando los límites entre las diferentes actividades de la economía, de tal forma que debe crearse el sustrato adecuado para que estas innovaciones no solo se propaguen entre empresas dentro de la misma cadena de valor, sino que también puedan saltar entre sectores económicos.

Finalmente, dentro de las propias empresas se debe apostar por el aprendizaje y capacitación constante en un mercado permanentemente en cambio, y replantear la gestión del capital humano para seguir el ritmo de la innovación mediante la inversión en programas de talento y formación continua de los empleados.

Por último, en los proyectos relacionados con la sostenibilidad y el medio ambiente, cobrará cada vez más importancia la “financiación sostenible” o “financiación verde”, dónde el interés de la deuda está vinculado al cumplimiento de unos objetivos medioambientales (*factoring* verde, préstamos o bonos verdes). Los inversores internacionales tienen cada vez más apetito por este tipo de deuda.

Las habilidades sociales no pueden ser reproducidas por una máquina y, por tanto, no podrán nunca ser automatizadas ni quedarse obsoletas.









2.2.4. Una fuerza de trabajo digital

El sector formativo no siempre es capaz de mantener el ritmo impuesto por la transformación digital, que obliga a la creación constante de nuevos roles y perfiles profesionales que requieren de conocimientos muy especializados para los puede existir un déficit en el mercado laboral.

En la formación del capital humano son tan importantes las llamadas *hard skills* como las *soft skills* o habilidades sociales. Las primeras versan sobre conocimientos técnicos para desarrollar una labor concreta, como puede ser un determinado lenguaje de programación o las matemáticas, mientras que las segundas se refieren a capacidades personales relacionadas con la comunicación, el liderazgo, la visión estratégica o las relaciones interpersonales.

Respecto a las *hard skills*, para poder afrontar la transformación digital de la España 5.0 se deben reforzar las carreras y conocimientos STEM *(Science, Technology, Engineering and Mathematics),* con un enfoque eminentemente práctico a través de la colaboración entre el mundo académico y el empresarial.

Por otro lado, de acuerdo con el *World Economic Forum*[14], las habilidades sociales más demandadas por las empresas son el pensamiento crítico e innovador; el aprendizaje activo y las estrategias de aprendizaje; la creatividad, la originalidad y la iniciativa; la capacidad para resolver problemas complejos, y el liderazgo y la influencia social.

El desarrollo de estas *soft skills* es determinante para los trabajadores de una industria digitalizada, ya que, por un lado, son aquellas que no pueden ser reproducidas por una máquina y, por tanto, no podrán nunca ser automatizadas; y, por otro, no quedarán nunca obsoletas, porque no dependen de la tecnología del momento.

La velocidad de la revolución digital obligará a las empresas a desarrollar una cultura de formación digital continua que dote a los empleados de nuevos conocimientos para cubrir las necesidades del negocio.

[14] World Economic Forum. (2019). *Towards a Reskilling Revolution.*



Se trata de crear trabajadores más especializados mediante el *upskilling*, y más versátiles mediante el *reskilling*.

Mediante el *upskilling*, se enseña a los trabajadores nuevas competencias que mejoren el desempeño en sus puestos actuales. Mediante el *reskilling*, lo que se busca es una capacitación que permita el reciclaje profesional, de tal forma que las personas que ocupan puestos que, debido a la digitalización, se vuelven obsoletos, puedan adaptarse a otras posiciones que surgen a raíz del mismo proceso digital. En definitiva, se trata de crear trabajadores más especializados mediante el *upskillin*g, y más versátiles mediante el *reskilling*.

Los beneficios de esta formación constante del capital humano son variados. Por un lado, combaten la brecha digital en la empresa y reducen los procesos externos de selección. Por otro, ayudan a retener y promocionar el talento existente dentro de las empresas, además de crear una cultura corporativa más dinámica, flexible y preparada para el cambio, que convierte a los empleados en sujetos activos de la innovación, y no meros adaptadores de tendencias tecnológicas.

Con todo ello –conocimiento STEM, *upskilling, reskilling* y desarrollo de habilidades sociales– se conseguirá una fuerza de trabajo adaptada a este nuevo paradigma de la España 5.0, facilitando su implementación y difusión.

2.2.5. Importancia de la ciberseguridad

Desde el momento en que se desarrolla la hiperconectividad, se debe desarrollar también, de forma paralela, la ciberseguridad. Así, con la implantación progresiva del IoT, se aumenta la superficie de ataque de los ciberdelincuentes, cada vez más profesionalizados, y, por tanto, la puerta de entrada a empresas, trabajadores y usuarios.

Aunque en las grandes compañías existe una elevada concienciación sobre la seguridad cibernética, especialmente en algunos sectores dónde resulta crítico –como la banca–, todavía queda mucho camino por recorrer para crear una verdadera cultura de la ciberseguridad en todo el tejido industrial que proteja la totalidad de la cadena suministro.

Si las grandes compañías están empezando a concienciarse sobre este problema, no solo desde los departamentos de IT, sino también formando y concienciando a todos los empleados de la compañía, no pasa lo mismo con las pymes. Las pequeñas empresas, con una falsa sensación de seguridad por su escaso tamaño (*¿Quién va a querer atacarme?)*, son el eslabón débil de la cadena, y por tanto un objetivo fácil desde el que acceder a las grandes compañías.

En este sentido, para poder desarrollar de forma completa y segura una industria digital, es necesaria la colaboración de todos los agentes -industrias, proveedores, trabajadores, clientes- para garantizar la seguridad de todo el ecosistema, mediante una cultura global de la ciberseguridad, la compartición colaborativa de la información entre empresas y el uso consciente de los dispositivos por parte de todas las personas dentro de las organizaciones.



Las pequeñas empresas, con una falsa sensación de seguridad, suelen ser el eslabón más débil de la cadena de suministro, y por tanto un objetivo fácil desde el que acceder a las grandes compañías.



Al mismo tiempo, se debe desterrar la idea de que es un problema solo de los departamentos de IT, y tender a una convergencia en los protocolos e integración entre la seguridad IT y OT, con el doble objetivo conjunto de mantener la confidencialidad de la información y la disponibilidad y garantía de la producción.

Por otro lado, la creciente profesionalización de la ciberdelincuencia convierte la ciberseguridad en un problema de defensa nacional, dónde pueden entrar en juego objetivos geoestratégicos de largo plazo y la lucha por el control económico (robo de propiedad intelectual, espionaje industrial, ataques a infraestructuras críticas o grandes empresas, etc.). Estos riesgos pueden comprometer severamente la capacidad de un país para competir.

Para ello, deberían reforzarse los estándares para las infraestructuras consideradas como críticas, con una mayor armonización de este tipo de infraestructuras, potenciando, por ejemplo, la labor que desarrolla actualmente el Centro Nacional de Protección de Infraestructuras Críticas (CNPIC). En este sentido, la Administración y las empresas deben estar alineadas en sus objetivos, mantener canales fluidos de comunicación (no solo con la Administración, sino también entre las propias compañías) y elaborar planes de contingencia detallados en caso de ataque a estas infraestructuras críticas.

Finalmente, desde las empresas todavía se sigue viendo la ciberseguridad como un coste y no como una oportunidad de negocio. Por un lado, la ciberseguridad es un valor añadido a ofrecer a los clientes, como un elemento embebido siempre en los productos y servicios desde su diseño inicial -seguridad por defecto- y no como un elemento que se añade con posterioridad. Por otro, la ciberseguridad no solo es una palanca imprescindible para desarrollar la industria digital, sino que también puede convertirse, con el apoyo necesario, en una industria en sí misma en la que España puede convertirse en líder.

3

Diagnóstico de la industria y las infraestructuras inteligentes en España





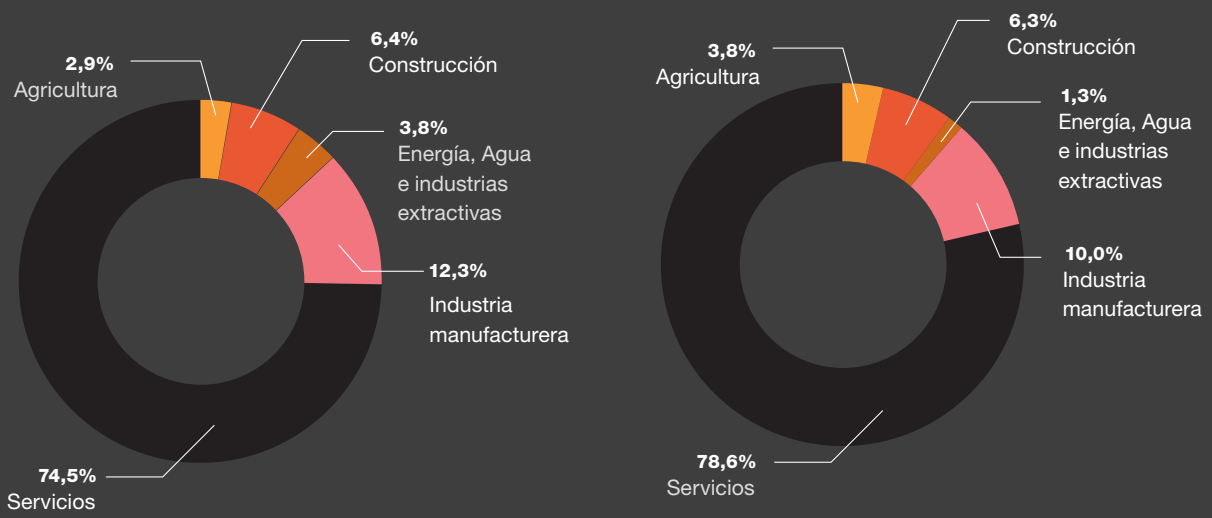
3.1. Radiografía de la industria española

3.1.1. Contribución económica y sectores estratégicos

La industria española generó de forma directa un Valor Añadido Bruto (VAB) de 182.296 millones de euros y más de 2,1 millones de puestos de trabajo en 2019. Esto supone, tal y como puede verse en la Figura 15, el 16% y 11% del VAB y el empleo nacional, respectivamente, si sumamos la industria manufacturera, el suministro de energía y agua y las industrias extractivas.

Figura 15.

Peso de la industria española en términos de VAB y empleo (2019)



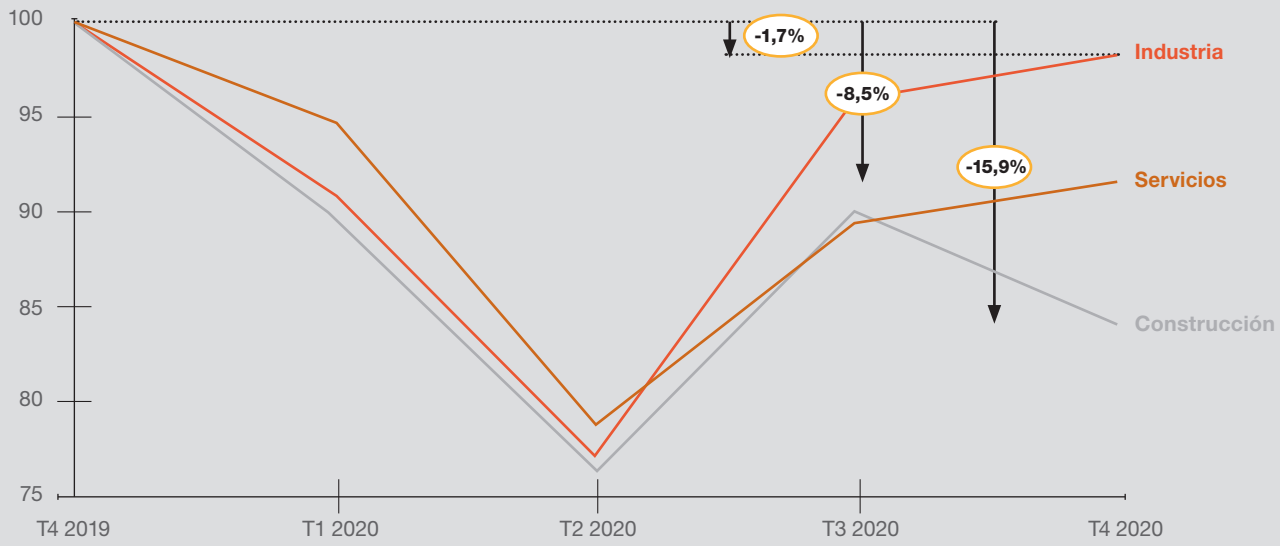
Fuente: INE.

Por otro lado, la industria es un sector con alta productividad y de gran valor añadido. Con el 10% de los empleos en España, la industria manufacturera genera el 12,3% del VAB, es decir, cada trabajador produce un 23% más de valor añadido que la media del conjunto de la economía. El sector industrial destaca, además, por la estabilidad, seguridad y calidad de su empleo. Así, por ejemplo, el 95% de los ocupados de la industria tenían en 2019 un contrato a tiempo completo frente al 84% del resto de sectores de la economía, y el 81% tuvieron un contrato indefinido frente al 73% del resto de actividades[15]. Al tratarse de un sector de mayor valor añadido también retribuye mejor a sus trabajadores: el salario medio anual por empleado de la industria española fue en 2019 de 38.924 € (37.982 € en la industria manufacturera), frente a una media nacional de 31.072 €, un 20% inferior[16].

Otra característica de la industria es su mayor capacidad de resistencia frente a eventos económicos adversos, como la crisis sanitaria provocada por la COVID-19, que otros sectores productivos.

Figura 16.

Evolución del VAB trimestral por sector (T4 2019 - T4 2020)



Fuente: INE.

[15] INE, *Encuesta de Población Activa*.
[16] Calculado a partir de información del INE.



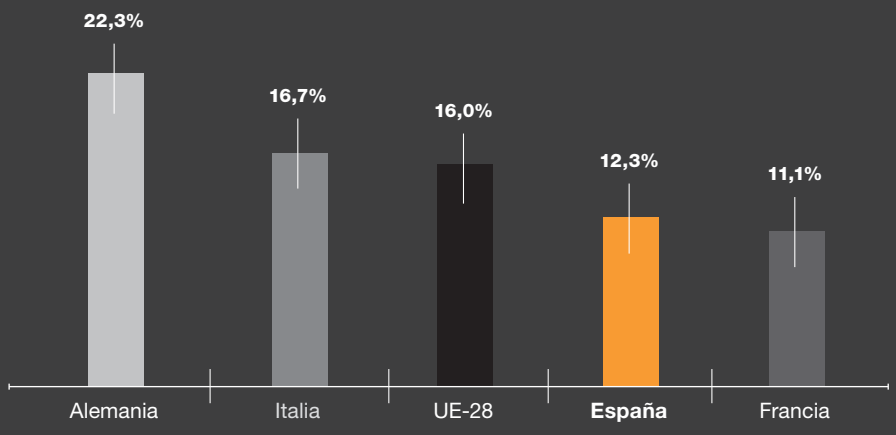
La figura 16 muestra la evolución del VAB sectorial, corregido del efecto de calendario y de estacionalidad, desde el 4º trimestre de 2019 (año base 100 para todos los sectores) hasta el último de 2020, omitiendo al sector primario por su escasa representatividad sobre la economía española. Como puede apreciarse, aunque el confinamiento obligatorio afectó fuertemente a todos los sectores (en el 2º trimestre de 2020 el VAB cayó entre un 20% y un 25% frente al 4º trimestre de 2019, último periodo no afectado por la pandemia), a cierre de 2020 la industria ya había recuperado prácticamente el nivel de un año antes (solo un 1,7% por debajo), mientras que la construcción y los servicios todavía se encontraban un 8,5% y un 16% por debajo, respectivamente.

Estas características –productividad, calidad del empleo y mayor resistencia a las crisis– hacen de la reindustrialización un factor clave para la recuperación económica y el crecimiento sostenido en el largo plazo, además de uno de los tres ejes fundamentales del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la UE.

En este sentido, la industria manufacturera tiene un peso bajo en la economía española (12% del VAB), situándose por debajo de la media europea (16%) y lejos de los países más industrializados como Alemania (22%) o incluso países más comparables como Italia (17%), por lo que existe un notable potencial de mejora en esta área.

Figura 17.

Peso del sector industrial manufacturero sobre el VAB en la UE (%)

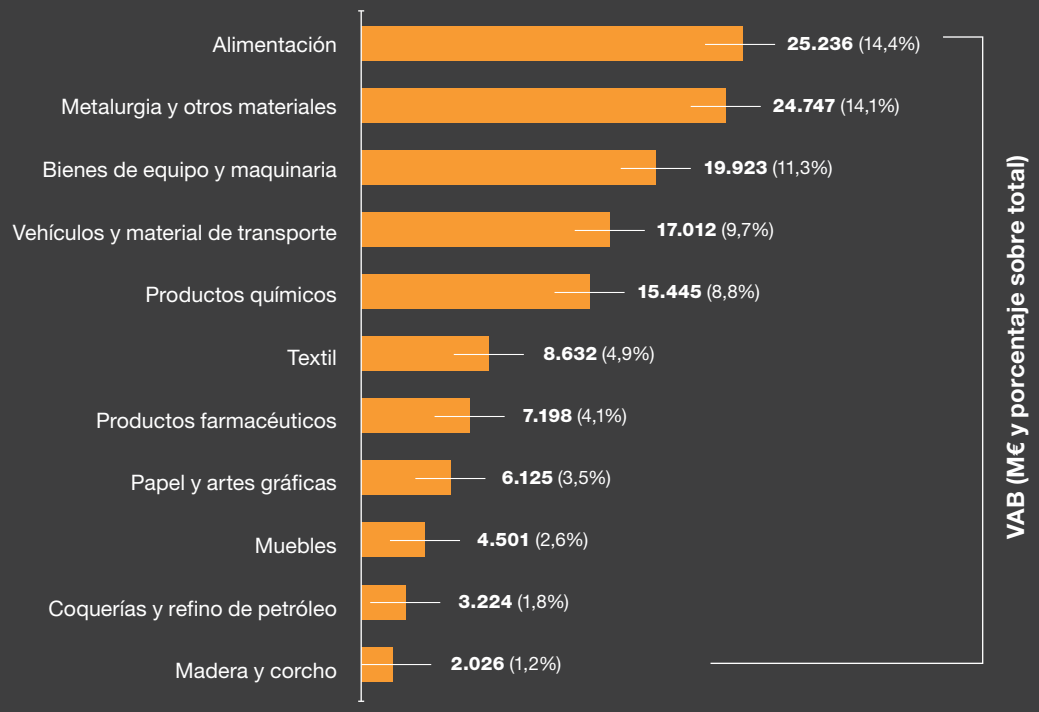


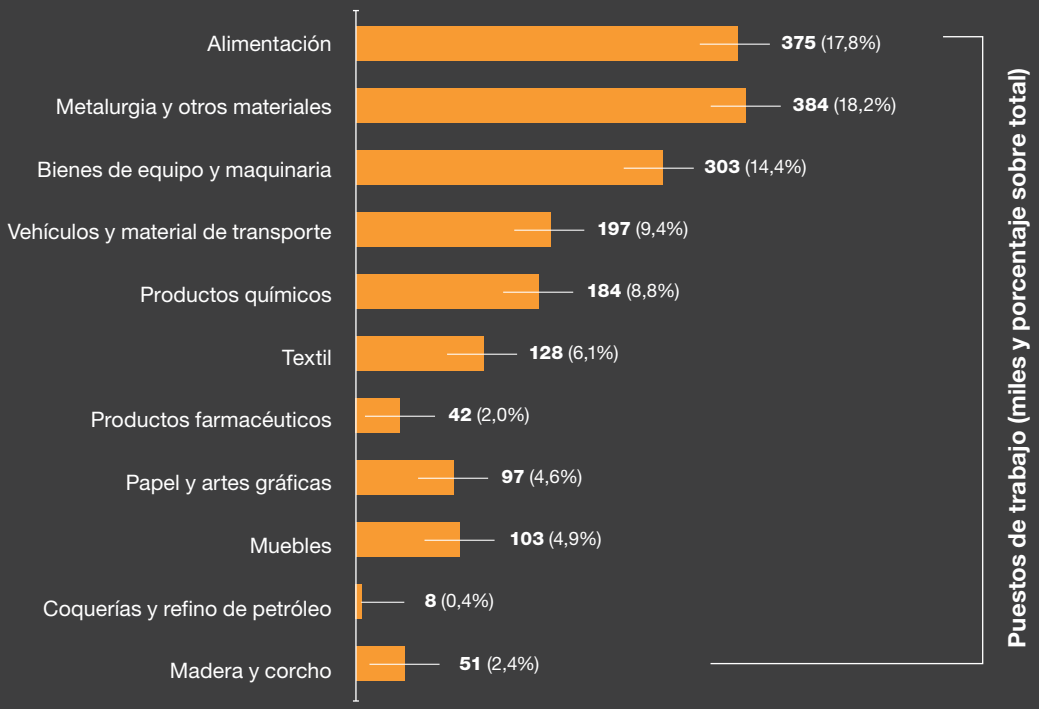
Fuente: Eurostat.

Tal y como puede verse en la figura 18, los sectores más importantes por su peso en la economía son, por este orden, la industria alimentaria, la metalurgia, la maquinaria y los bienes de equipo y la automoción y el material de transporte, que concentran entre los cuatro más del 50% del VAB y el empleo industrial en España.

Figura 18.

VAB y empleo por rama de actividad (porcentaje sobre VAB y empleo industrial total, 2018[17])





Fuente: INE.

[17] Se utilizan datos de 2018 porque el INE no ha publicado, a fecha de la edición de este informe, el desglose sectorial para 2019.

Además, algunos de estos sectores mencionados no solo tienen un elevado peso sobre la economía, sino que también tienen un saldo exportador neto positivo, contribuyendo a la reducción del déficit de la balanza comercial española y siendo, en algunos casos, líderes europeos y mundiales.

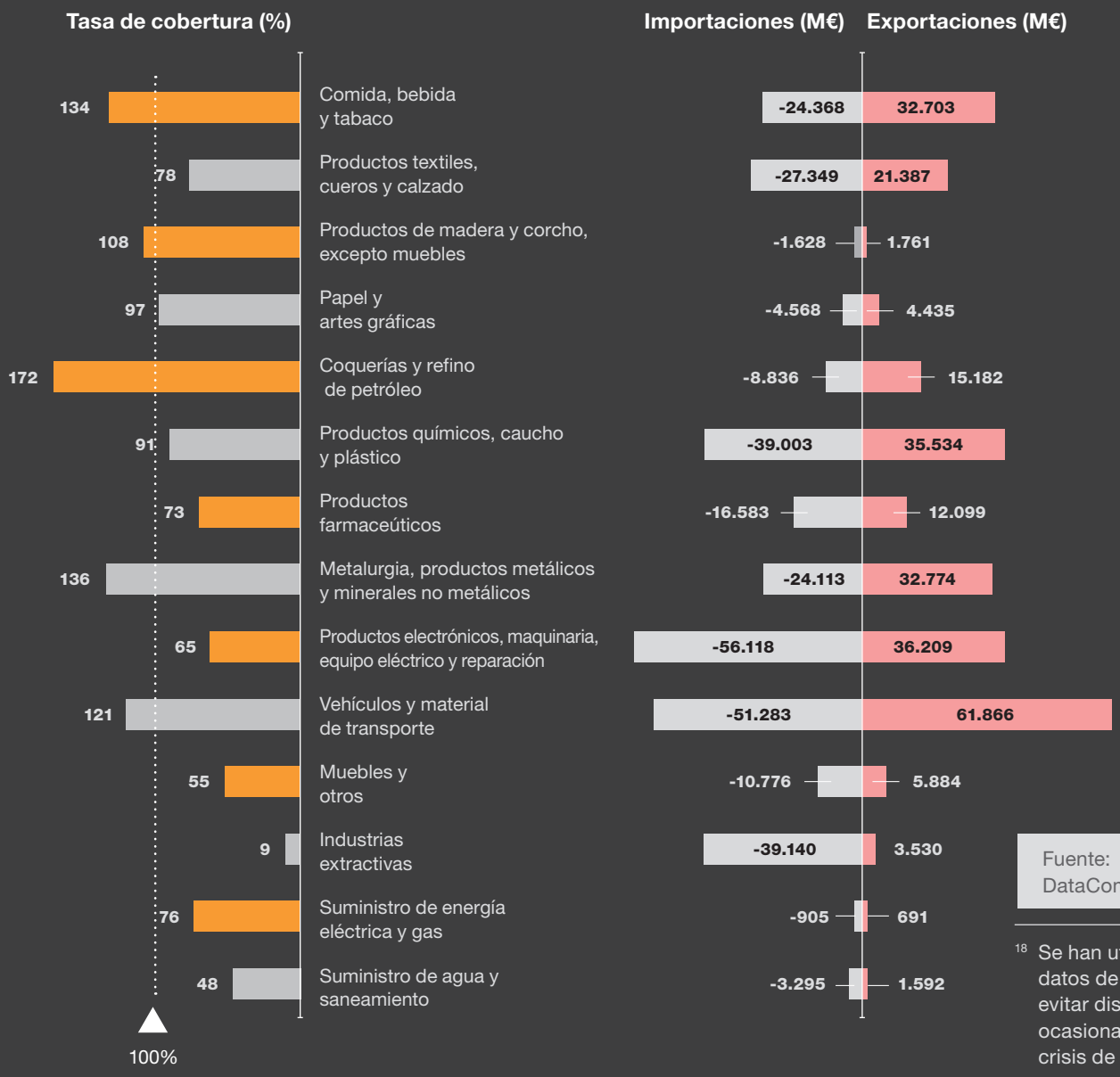


Tal y como muestra la figura 19, destaca la capacidad exportadora de la industria de la automoción y fabricación de material de transporte, la industria de maquinaria y bienes de equipo, la metalurgia, la industria química y la industria alimentaria. Las exportaciones de estas ramas de actividad supusieron tres cuartas partes de las exportaciones industriales y casi el 70% de las exportaciones españolas totales en 2019.

Si miramos, también en la figura 19, las exportaciones netas por sector (exportaciones menos importaciones) a través de la tasa de cobertura comercial, que mide el porcentaje de las importaciones que podrían pagarse con las exportaciones, los sectores más relevantes son el del refino de petróleo, la producción y transformación de metales, la automoción y fabricación de material de transporte y la industria alimentaria.

Figura 19.

Desglose sectorial de las exportaciones e importaciones industriales españolas y tasa de cobertura de las exportaciones (M€ y porcentaje, 2019)[18]



Fuente: DataComex.

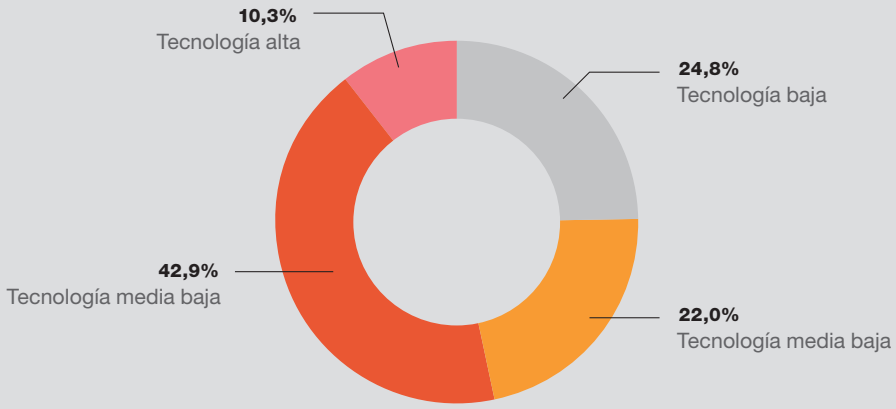
[18] Se han utilizado datos de 2019 para evitar distorsiones ocasionadas por la crisis de la COVID-19.

Dentro del sector de la maquinaria, destaca internacionalmente la industria española de máquinas-herramienta[19]. La producción mediante tecnologías avanzadas de este tipo de maquinaria está concentrada en unos pocos países considerados pioneros, entre los que España se encuentra bien posicionada: es el 3º productor y exportador de la UE de máquinas-herramienta, y el 9º del mundo[20].

Si atendemos al nivel tecnológico de estas exportaciones, aquellas de contenido tecnológico alto y medio-alto supusieron el 53,2% de las exportaciones totales de manufacturas españolas en 2019, tal y como se puede apreciar en la figura 20. En las ventas exteriores de alta tecnología destaca la contribución de los productos farmacéuticos, mientras que en las de tecnología media-alta, lo hacen la automoción, la industria química o la industria de maquinaria y bienes de equipo. En el caso de las exportaciones de tecnología media-baja, las principales partidas las conforman las ventas de la metalurgia y las asociadas a las coquerías y el refino de petróleo y, en las exportaciones de tecnología baja la principal contribución fue la industria de la alimentación.

Figura 20.

Exportaciones españolas de manufacturas por contenido tecnológico (2019)[21]



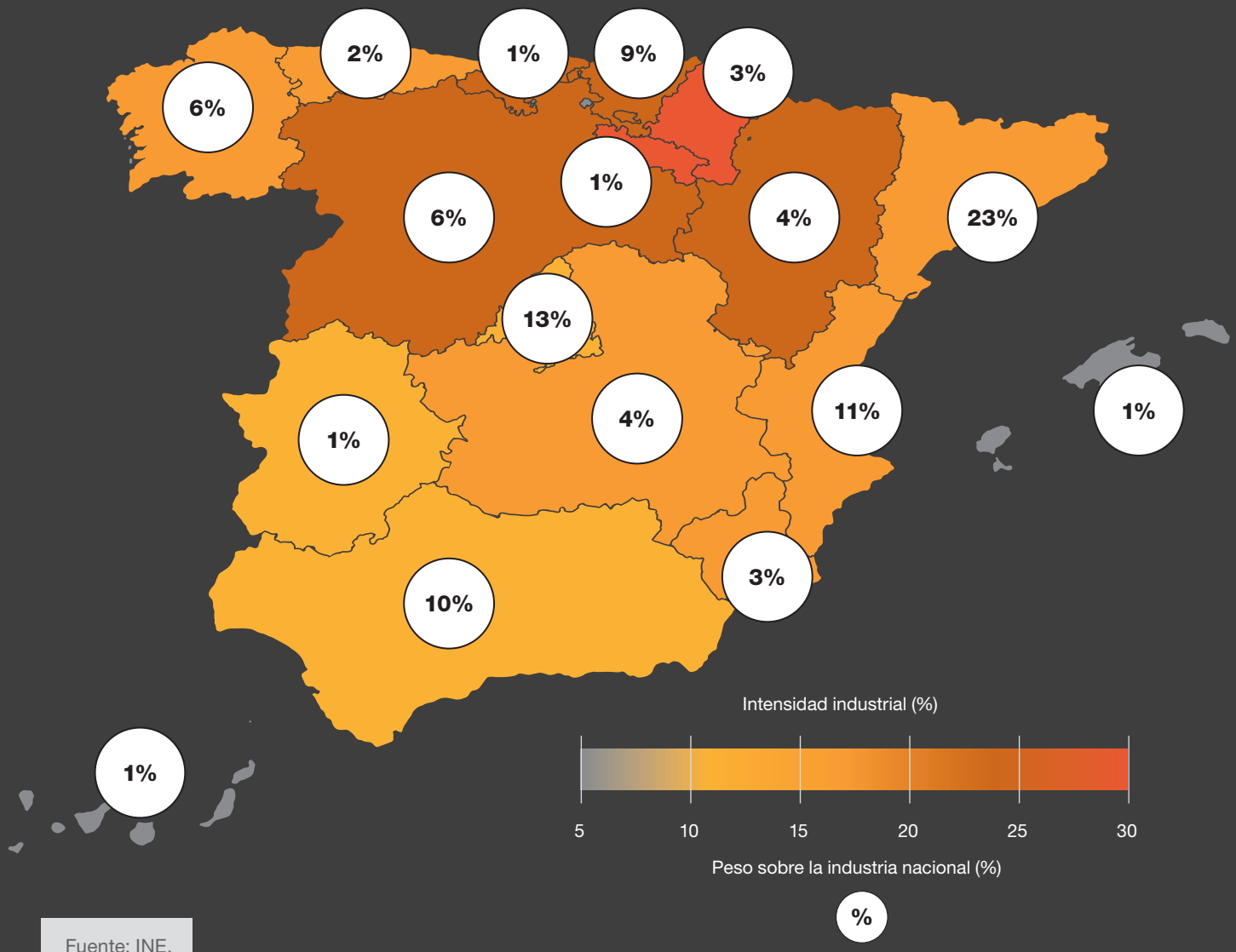
Fuente: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

[19] Tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales (prensas, tornos, sierras, fresadoras, taladros, etc.).
[20] AFM (2020). *Informe Económico*. Máquinas-herramienta y Tecnologías Avanzadas de fabricación.
[21] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (2020). *El comercio exterior de España en 2019*.

En términos geográficos, la actividad industrial se reparte principalmente entre Cataluña (23%), Madrid (13%), Comunidad Valenciana (11%), Andalucía (10%), País Vasco (9%) y Galicia (6%), de forma que estas seis regiones concentran más de ¾ partes del VAB de la industria nacional. Si analizamos también el peso de la actividad industrial sobre la actividad económica total de la región, lo que hemos denominado la intensidad industrial, podemos ver que también existe mucha heterogeneidad entre ellas. Así, las comunidades autónomas con una mayor intensidad industrial –destacadas en una tonalidad más intensa, tal y como muestra la figura 21– son Navarra, La Rioja y País Vasco, donde la industria supone más de una cuarta parte del PIB regional.

Figura 21.

Intensidad industrial[22] y peso sobre la industria nacional. 2019



Fuente: INE.

[22] La intensidad industrial se ha definido como el VAB industrial sobre el VAB total de cada región.



A la vista de los datos presentados hasta el momento, el desarrollo de la industria manufacturera de la España 5.0 deberá enfrentarse a dos grandes retos: uno sectorial y otro geográfico.

Por sectores, deberá apoyarse en aquellos en los que tradicionalmente ha sido fuerte y ya se encuentra bien posicionada para no perder su ventaja competitiva, como el sector alimentario, la fabricación de maquinaria o la automoción. También deberá dirigir los esfuerzos hacia aquellas otras industrias que, sin tener un peso muy elevado si tienen un potencial efecto tractor en el resto de las industrias, como el sector aeronáutico o el naval.

Al mismo tiempo, deberá especializarse también en todos aquellos sectores aún por desarrollar y que han surgido, o surgirán, como consecuencia de la transformación digital. Entre ellos destaca, sin duda, la ciberseguridad, campo que, como vimos en la sección 2.2.5., deberá desarrollarse todavía más en los próximos años y en el que España puede posicionarse como un líder europeo y, por qué no, también mundial.

También será importante, en la línea de una transformación del sector de la automoción, el desarrollo de una industria de baterías eléctricas en España, ya que su elevado peso dificulta su transporte y requiere, por tanto, su fabricación cercana a los centros de ensamblaje de los vehículos. De lo contrario, España corre el riesgo de perder su posición en este sector.

Otra oportunidad, más de largo plazo, será la industria de fabricación de hidrógeno, todavía en un estado muy embrionario pero que tendrá un importante peso futuro en el almacenamiento de energía a gran escala, la integración de más renovables en el sistema -dónde España también está bien posicionada- y su uso en el contexto de la movilidad eléctrica, con el vehículo de pila de hidrógeno.

Por comunidades autónomas, resulta evidente el liderazgo industrial de algunas de ellas, como puede ser el caso de Cataluña, Comunidad Valenciana o País Vasco. Estas regiones cuentan, por tanto, con un sustrato adecuado para el desarrollo de ecosistemas de innovación en torno a sus industrias específicas (en el Anexo se muestran los resultados del VAB y empleo por sector de las comunidades autónomas más relevantes) y que pueden ser el germen de una transformación industrial que se irá filtrando a todo el país a través de la capilaridad de la economía.

En cuanto a aquellas regiones menos industrializadas, la digitalización y las ayudas europeas suponen una oportunidad para, por un lado, aprovechar la conectividad y remotización de la operación industrial y localizar el talento y la fuerza de trabajo digital en sus comunidades y, por otro, especializarse en los nuevos sectores surgidos de forma anexa a la transformación digital de la industria y aún por desarrollar.

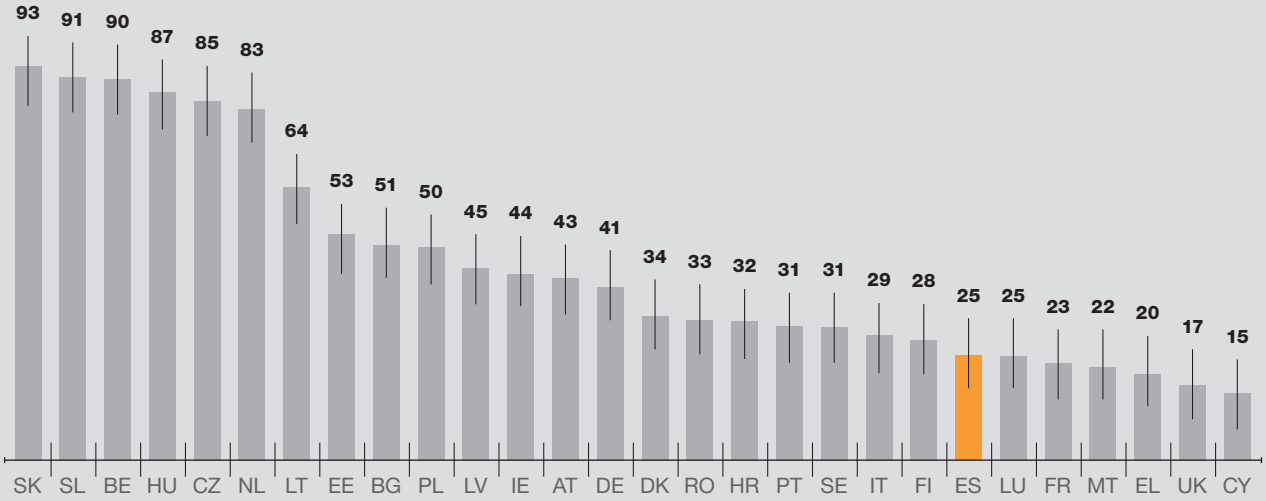


3.1.2. Competitividad de la industria

A pesar de contar con varias industrias líderes a nivel europeo, la capacidad exportadora agregada de la industria española es baja en comparación con la del resto de los países europeos. Medida como porcentaje sobre el VAB total, las exportaciones de productos y bienes industriales representan tan solo el 25%, lo que sitúa a España en el puesto 22 de la UE-28.

Figura 22.

Exportaciones de productos manufacturados (% sobre el VAB nacional, 2019)



Fuente: Eurostat.

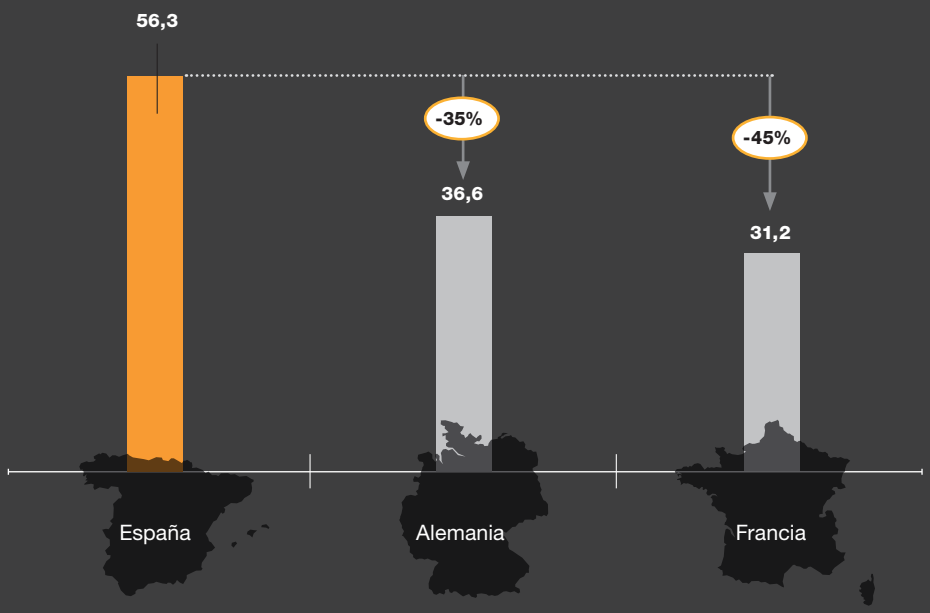


Un factor determinante de la capacidad para competir de la industria es el coste de sus inputs y, entre ellos, el coste de la energía, especialmente en el caso de las industrias electrointensivas (metalurgia, siderurgia, química, gases industriales, etc.), dónde el coste energético puede llegar a suponer un 50% del total.

Si comparamos el coste de la energía de esta industria electrointensiva en España frente a otros países, como Alemania y Francia, ver figura 23, vemos que el coste unitario final (medido en €/MWh, e incluyendo el precio de mercado, los costes regulados, los impuestos, la retribución de la gestión de la demanda y la compensación indirecta de derechos de CO_2) es un 35% y un 45% inferior en los otros dos países, respectivamente.

Figura 23.

Comparativa de los precios eléctricos finales de la industria electrointensiva (€/MWh)[23]



Fuente: AEGE.

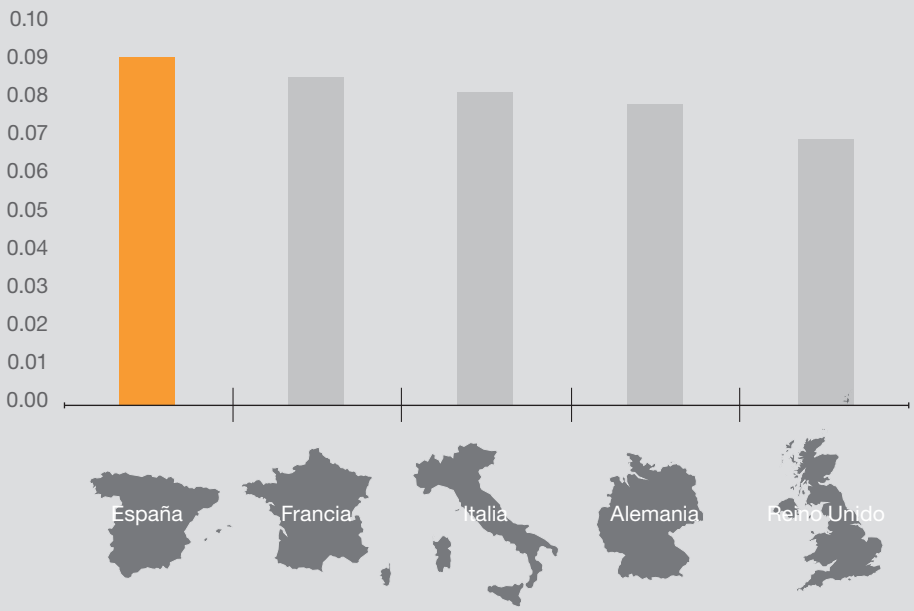
[23] A 22/02/2021.

La alta competencia internacional no permite al sector industrial trasladar por completo el diferencial del precio energético al precio de venta del producto final, por lo que los costes energéticos actuales suponen una gran desventaja comparativa para los sectores exportadores, que tienen que elegir entre reducir su rentabilidad o ser menos competitivos.

Respecto al coste energético, tan importante es el precio unitario como la cantidad consumida. La figura 24 muestra la intensidad energética de la industria de España respecto a otros países, medido como el consumo final de energía de la industria, en toneladas equivalentes de petróleo, sobre 10€ de valor añadido del mismo sector. Como se puede apreciar, la industria española es de las más intensivas en energía, por lo que también existe un amplio margen de mejora en términos de eficiencia energética.

Figura 24.

Intensidad energética de la industria, en ktep/10€ (2018)



Fuente: IDAE.

Una de las principales palancas para mejorar la competitividad de la industria española es, además de la mejora en la eficiencia energética, su digitalización. Recientes estudios académicos[24] reflejan no solo la baja digitalización de las empresas españolas, sino también el lastre que supone para su competitividad: un 72,5% de las empresas industriales utiliza poco o nada las tecnologías de la llamada "Industria 4.0", y que aquellas que sí las utilizan son un 30% más eficientes que el resto, además de presentar mejores resultados en ventas, exportaciones y margen.

Para poder digitalizar la industria, se debe contar primero con los medios materiales adecuados (máquinas, *hardware*). Dicho de otra manera, no se puede incorporar las últimas tecnologías a procesos industriales o máquinas demasiado antiguas u obsoletas.

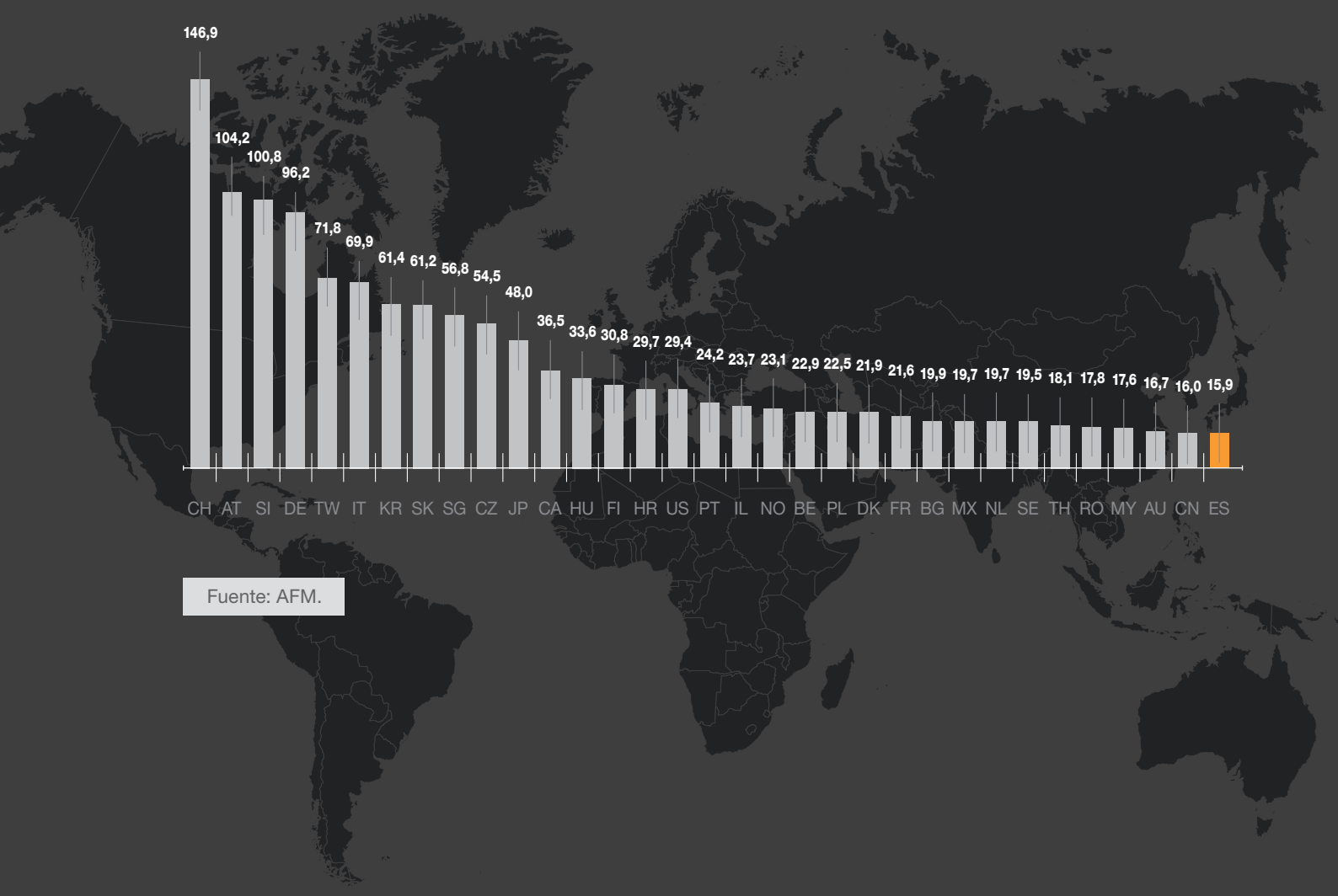
[24] Torrent-Sellens (2019).

En este sentido, llama la atención que, como mencionamos en la sección anterior, España sea un líder mundial en fabricación de máquinas-herramienta y, sin embargo, su inversión en ellas sea muy baja. La figura 25 muestra el consumo per cápita de máquinas-herramienta por país. Como puede apreciarse, España se encuentra a la cola, ocupando el puesto 33, por detrás de países comparables de su entorno como Italia, Portugal o Francia.

La baja inversión en un equipamiento moderno para la producción de la industria puede acabar lastrándola, comprometiendo su competitividad y dificultando su transformación digital.

Figura 25.

Consumo per cápita de máquinas-herramienta (2019)



Fuente: AFM.

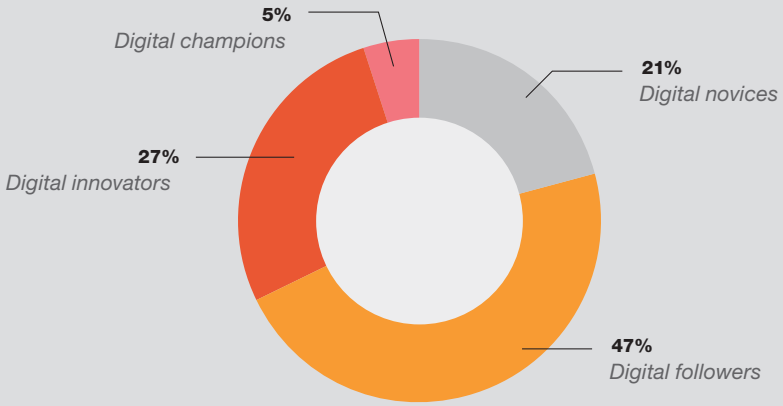


3.1.3. Digitalización de la industria

Respecto al estado de implementación de la "Industria 4.0" en España, el 21% de las compañías industriales pueden considerarse *digital novices* o novatas (se encuentran en una fase incipiente de digitalización), un 47% *digital followers* o seguidoras digitales (cuentan con algunas áreas funcionales digitalizadas y conectadas) y un 27%, *digital innovators* o innovadoras. Tan solo un 5% puede considerarse como *digital champions* o digitalmente avanzadas (ya tienen plenamente digitalizada e integrada toda su cadena de valor: procesos de fabricación y operaciones, capital humano, procesos comerciales y sus relaciones con clientes y proveedores), frente al 10% a nivel mundial[25]. Es decir, casi 2/3 de las empresas españolas se están quedando atrás en el proceso de digitalización.

Figura 26.

Nivel de digitalización de las empresas industriales españolas (2018)



Fuente: *Industry 4.0: Global Digital Operations Study 2018* (PwC).

[25] PwC (2018). *Industry 4.0: Global Digital Operations Study.*

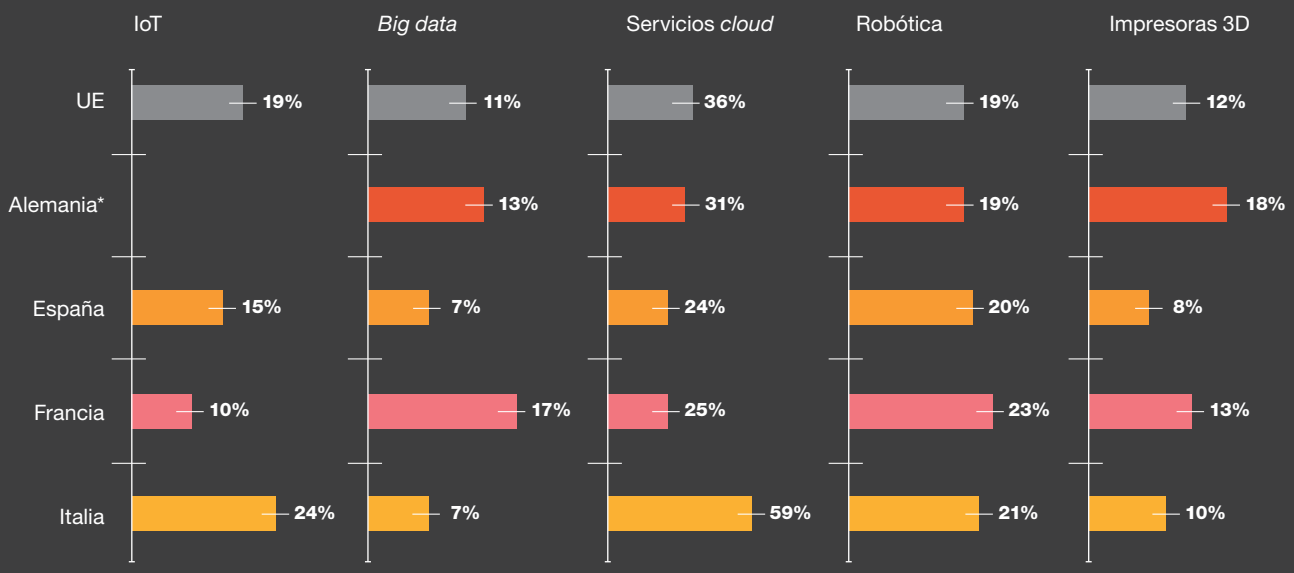


Además, el 80% de los ingresos de las compañías industriales españolas sigue procediendo de productos y servicios tradicionales, frente a un escaso 20% cuyos ingresos provienen de productos y servicios con algún componente digita[26]. Por tanto, en materia de digitalización, queda todavía mucho por hacer.

Por tipo de solución, el grado de implantación tecnológica es muy dispar. Tal y como muestra la figura 27, España se encuentra más retrasada que otros países europeos en impresión 3D (8% de las empresas industriales españolas, frente al 12% de la media de la UE), el uso del *big data* (7%f rente a 11%) o los servicios *cloud* (24% frente a 36%), pero muestra unos resultados más positivos en el IoT (15% frente a 19%) y la robótica (20% frente a 19%).

Figura 27.

Porcentaje de empresas industriales según el uso de las tecnologías (2020)



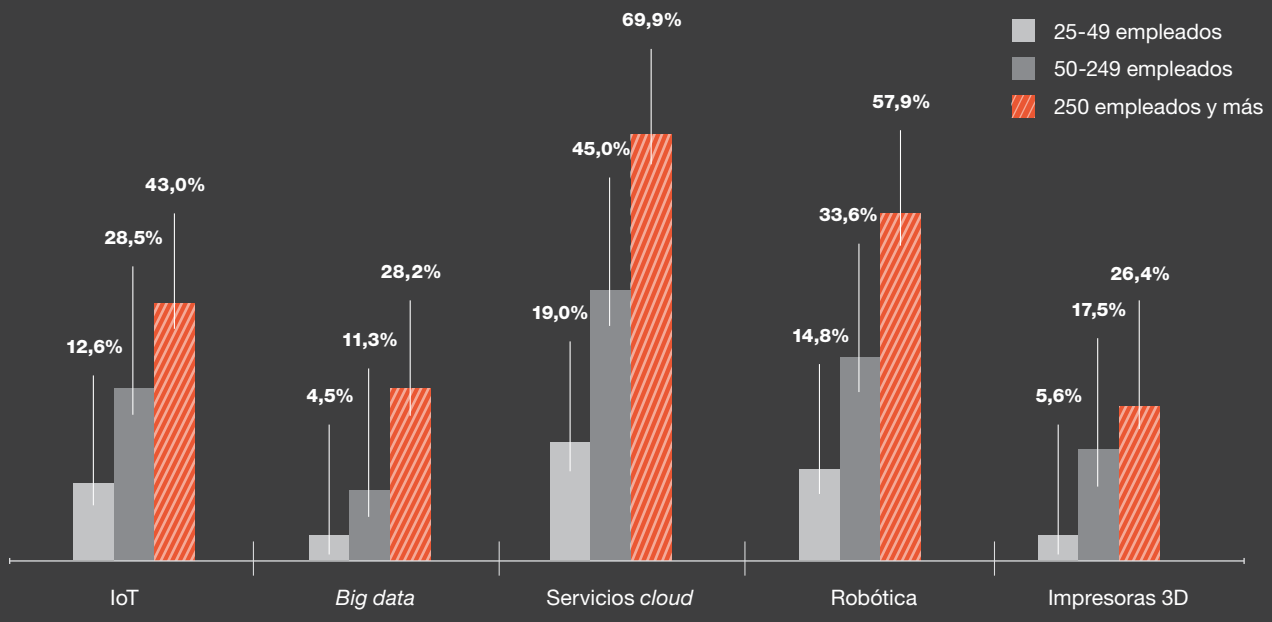
Fuente: Eurostat. Nota: (*) dato no disponible para IoT.

[26] PwC (2018). *Industry 4.0: Global Digital Operations Study.*

Estos resultados, no obstante, varían mucho con el tamaño de la empresa. La figura 28 muestra los resultados por el número de empleados de las empresas, con una tasa de implantación creciente con el tamaño de la plantilla. Por tanto, el problema español no parece tanto de adaptación y conocimiento de la tecnología, sino más bien de escalabilidad, ya que el tejido productivo español se caracteriza por su atomización y elevado peso de las pymes.

Figura 28.

Porcentaje de empresas industriales según el uso de las tecnologías y número de empleados (2020)



Fuente: INE.

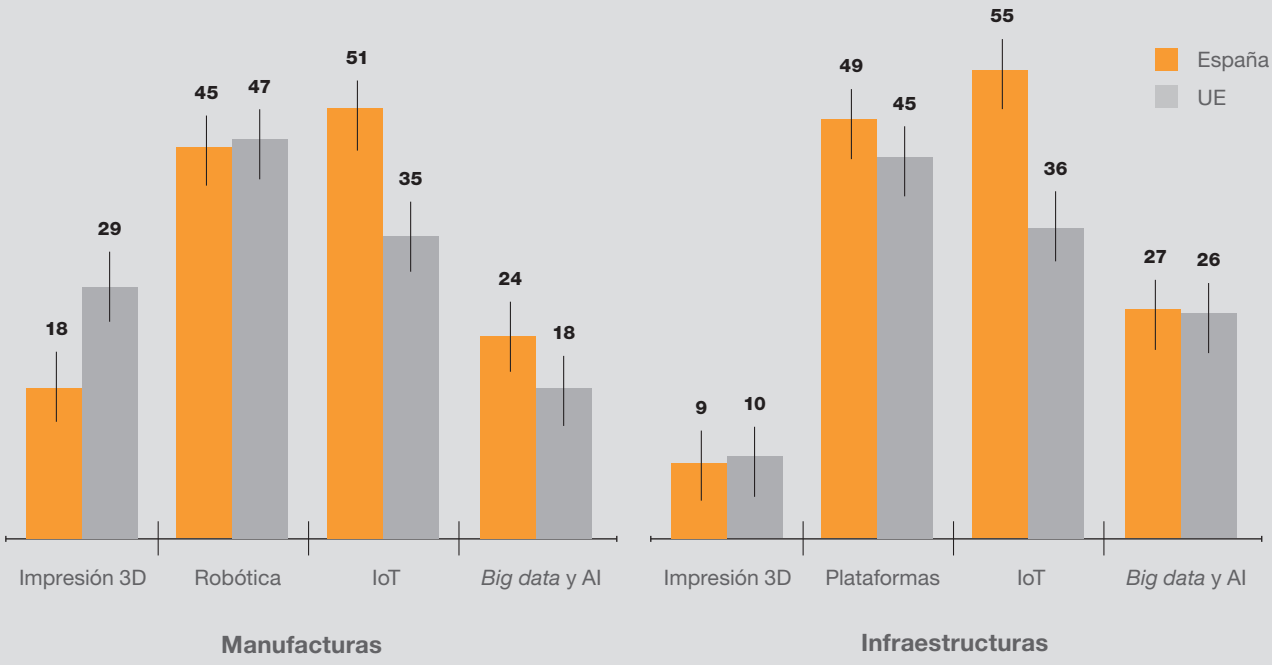


Para reforzar la idea anterior, son ilustrativos los datos ofrecidos por el Banco Europeo de Inversiones[27] (ver figura 29) que sitúa el sector manufacturero español por debajo de la media europea en la adopción de tecnologías como la impresión 3D (18%) o la robótica (46%), pero se encuentra por encima en el uso del IoT (51%) y big data e IA (24%). En otros sectores, como en infraestructuras, se observa que España se sitúa por encima de la media europea en todas las tecnologías.

[27] EIB (2020). *Who is prepared for the new digital age?*

Figura 29.

Adopción de diferentes tecnologías por sector en Europa (porcentaje sobre el total de empresas, 2020)



Fuente: Banco Europeo de Inversión.

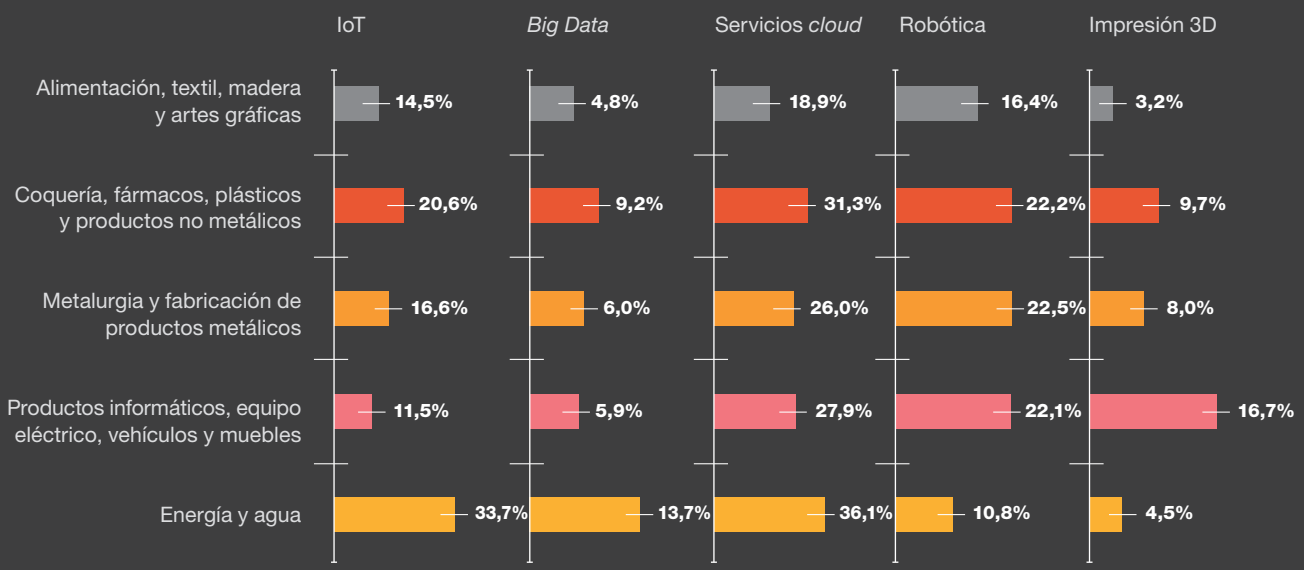


Cabe destacar, no obstante, que estos datos se han obtenido entre empresas españolas que han accedido a la financiación del BEI, por lo que está sesgado hacia aquellas más grandes o muy innovadoras[28], lo que no hace sino reforzar la idea de que España puede estar a la altura del resto de sus pares europeos en materia de digitalización y uso de las nuevas tecnologías.

Una visión más detallada del uso de las tecnologías por sector revela que el sector de energía y agua es el más intensivo en *IoT, big data* y servicios de *cloud*, aunque menos en robótica e impresión 3D, mientras que el sector de alimentación, textil y artes gráficas es el que generalmente hace menor uso de las tecnologías.

Figura 30.

Adopción de diferentes tecnologías por sector en España (% sobre el total de empresas, 2020)



Fuente: INE.

[28] Todos los proyectos que financia el BEI deben aportar soluciones a los sectores como la economía digital, energía, salud, transporte, agua y gestión de residuos, entre otros.



Por otro lado, como señalábamos en la visión de la España 5.0, la tecnología 5G no solo constituye una innovación de las comunicaciones inalámbricas entre personas, sino que supone también un importante avance en las comunicaciones masivas tipo máquina a máquina, lo que permitirá, entre otras cosas, el despliegue masivo de sensores, el IoT y el crecimiento de los servicios de big data y su aplicación a la fabricación y producción industrial.

En España se está preparando el terreno para el despliegue a gran escala de la tecnología 5G, que contará además con el respaldo de los fondos de recuperación europeos. Así, el Gobierno lanzó el *Plan de Estrategia de Impulso al 5G*, que prevé una inversión de más de 2.000 millones de euros en los próximos cinco años para alcanzar una cobertura del 100% de la población con redes de banda ancha fija de alta velocidad. Asimismo, también está previsto que se subaste la banda de 700 MHz, prevista inicialmente para la primavera de 2020 pero que se retrasó por la pandemia de la COVID-19.

No obstante, para aprovechar el potencial del 5G en el ámbito industrial, deben cumplirse ciertos requisitos tecnológicos y de espectro que garanticen unos niveles adecuados de latencia, confiabilidad y disponibilidad. Hasta ahora, la comunicación inalámbrica dentro de las fábricas y plantas industriales utiliza las llamadas bandas “ISM” con espectro exento de licencia. No obstante, el problema subyacente con estas bandas es que muchos casos necesitan una comunicación garantizada que no siempre es posible asegurar, así como que puede producirse una disminución de la disponibilidad debido al aumento masivo de usuarios y aplicaciones.

Para solucionar estos inconvenientes, la industria necesita recursos de espectro dedicados de forma exclusiva, por lo que resulta imprescindible fomentar las asignaciones de licencias locales directamente al usuario final -las denominadas licencias locales-privadas-, como sucede en Alemania o Reino Unido. Este tipo de licencias, además de la ventaja de que el cliente es propietario de su red y es independiente de los proveedores de redes móviles, supone importantes beneficios en términos de seguridad y protección de datos, desacoplamiento de las líneas de producción (lo que garantiza que la producción pueda continuar aunque se rompa la conexión con el mundo exterior) o de fomento de la innovación y la competencia, dado que los usuarios industriales podrían elegir entre diferentes proveedores (operadores de redes móviles, proveedores de infraestructura, etc.), entre otros. En todo caso, si no se opta por un modelo de estas características, debería garantizarse, al menos, que el arrendamiento del espectro esté establecido en la regulación (como sucede en Finlandia).



3.2. Situación de las infraestructuras inteligentes

Con respecto a infraestructuras, a lo largo de las últimas décadas España ha realizado un importante esfuerzo inversor y una notable mejora de sus infraestructuras, de su sistema de transportes y de sus redes de comunicaciones, lo que ha permitido avanzar en términos de competitividad, accesibilidad y conectividad territorial. Gracias a ello, España cuenta en la actualidad con una buena red de infraestructuras a lo largo de todo su territorio, como la red de autovías y autopistas, la red ferroviaria de alta velocidad, la red de puertos y aeropuertos, la red de transporte y distribución de energía eléctrica o las redes de fibra. En muchos casos, España se encuentra a la cabeza no solo a nivel europeo, sino también mundial.

No obstante, a pesar de su buen posicionamiento, invertir actualmente en España en ampliar la red de infraestructura no es una prioridad, sino que los retos a los que se enfrenta el sector en los próximos años, están relacionados con la transición hacia un modelo más digital e inteligente. En este sentido, España debe avanzar en tratar de reducir la congestión urbana, fomentar una mayor utilización de formas más limpias de transporte como el ferrocarril o la movilidad eléctrica compartida, potenciar la intermodalidad, tanto en el transporte de mercancías como de viajeros, desarrollar y ampliar las infraestructuras de electromovilidad, impulsar la eficiencia energética de edificios e instalaciones (como hospitales o edificios comerciales) y favorecer su digitalización.



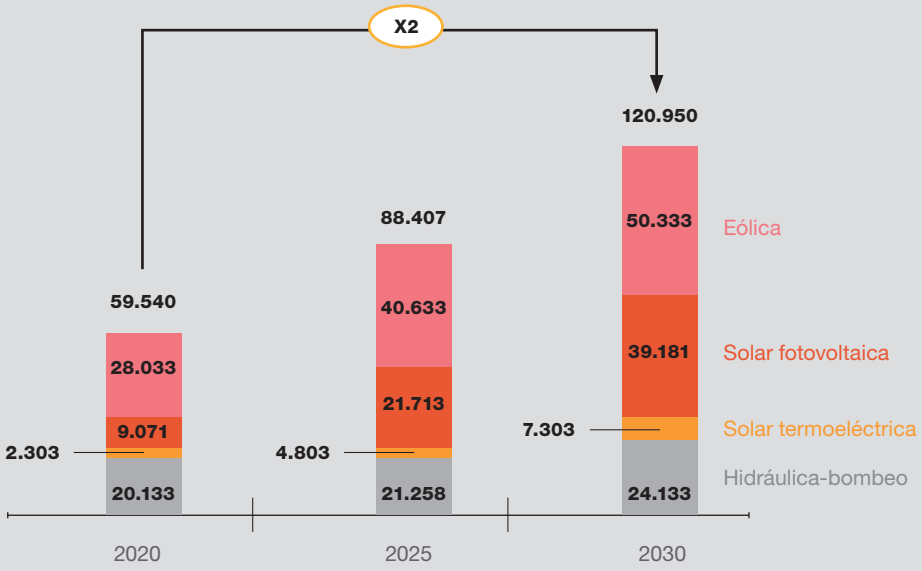
3.2.1. Redes eléctricas

Las redes de transporte y distribución de electricidad son un vértice en el que convergen las tendencias más importantes en materia de sostenibilidad medioambiental y energética: la descarbonización mediante la integración de más energía renovable, la electrificación de la economía -incluido el vehículo eléctrico- o unos clientes finales que, a través del autoconsumo, empiezan a ser también generadores.

El PNIEC 2021-2030 establece un ambicioso objetivo de penetración de tecnologías renovables en el mix de generación español para 2030 del 74%, frente al 44% actual. Esto requiere multiplicar por tres la potencia instalada de estas tecnologías en diez años -hasta alcanzar los 121 GW (ver figura 31)- todo un desafío en términos de integración y operación del sistema dada la elevada volatilidad e impredecibilidad de la generación de origen renovable.

Figura 31.

Potencia renovable prevista en España 2020-2030 (MW)



Fuente: PNIEC 2021-2030.

Entre estos nuevos fenómenos, sin duda la movilidad eléctrica es uno de los grandes retos para estas infraestructuras, ya que aumentará considerablemente la demanda de electricidad. De acuerdo con los cálculos realizados por REE,[29] con las necesidades medias de movilidad actuales (unos 40 km diarios de media), se requiere una energía aproximada de unos 6 kWh al día, lo que se traduce en 2.190 GWh de energía adicionales al año por cada millón de vehículos eléctricos.

Esto significa que los cinco millones de vehículos eléctricos que estima el Gobierno que estarán en circulación en 2030 sumarían una potencia equivalente a la de una central nuclear, aproximadamente.

Las redes de distribución se han planificado hasta ahora en función de unos flujos de energía y unas necesidades de consumo máximas. La disrupción que introducirá la penetración del vehículo eléctrico pondrá en duda este paradigma de las redes ya que, con una gestión meramente pasiva y reactiva, el aumento de la demanda de energía requerirá de una inversión muy elevada. La solución pasa por unas redes, además de reforzadas para aumentar su capacidad, más flexibles e inteligentes, con recursos suficientes para gestionar el consumo y la generación de forma activa, eficiente y automática (*active network management*), reduciendo las necesidades de inversión en una nueva red.

El primer paso hacia esta gestión activa pasa por la gestión del consumo, especialmente en el caso de la carga del vehículo eléctrico, mediante la educación de los usuarios y unas señales de precios adecuadas que dirijan el consumo hacia las horas nocturnas, de menor demanda. El intercambio de información entre las redes y los vehículos permitirá además gestionar esta carga de forma inteligente para que empiece, de forma automática, en una hora determinada, en función de las necesidades del vehículo y de la propia red.

Por el lado de la generación, el Gestor de Red de Transporte debe desarrollar contratos de flexibilidad con los productores de renovables para poder regular la energía que se vierte a la red. En el largo plazo, con el aumento de la generación distribuida, también los distribuidores deberán desarrollar esquemas de flexibilidad no solo con los generadores tradicionales, sino también con los consumidores. Será clave en el funcionamiento de este tipo de mercados, discutidos actualmente en Europa, el papel de las distribuidoras y de los llamados agregadores de demanda (agentes que agregan el consumo y la generación de los usuarios domésticos para operar en el sistema de forma conjunta).

Hacer estas redes más flexibles e inteligentes requiere de su digitalización para poder monitorizar y gestionar todos los puntos de consumo y generación de forma simultánea y remota. Digitalizar estas redes para hacerlas “inteligentes” permitiría, entre otras cosas, el desplazamiento del consumo de energía a las horas valle para aplanar la curva horaria de demanda, evitando las horas de carga pico y contribuyendo a la operación del sistema eléctrico.

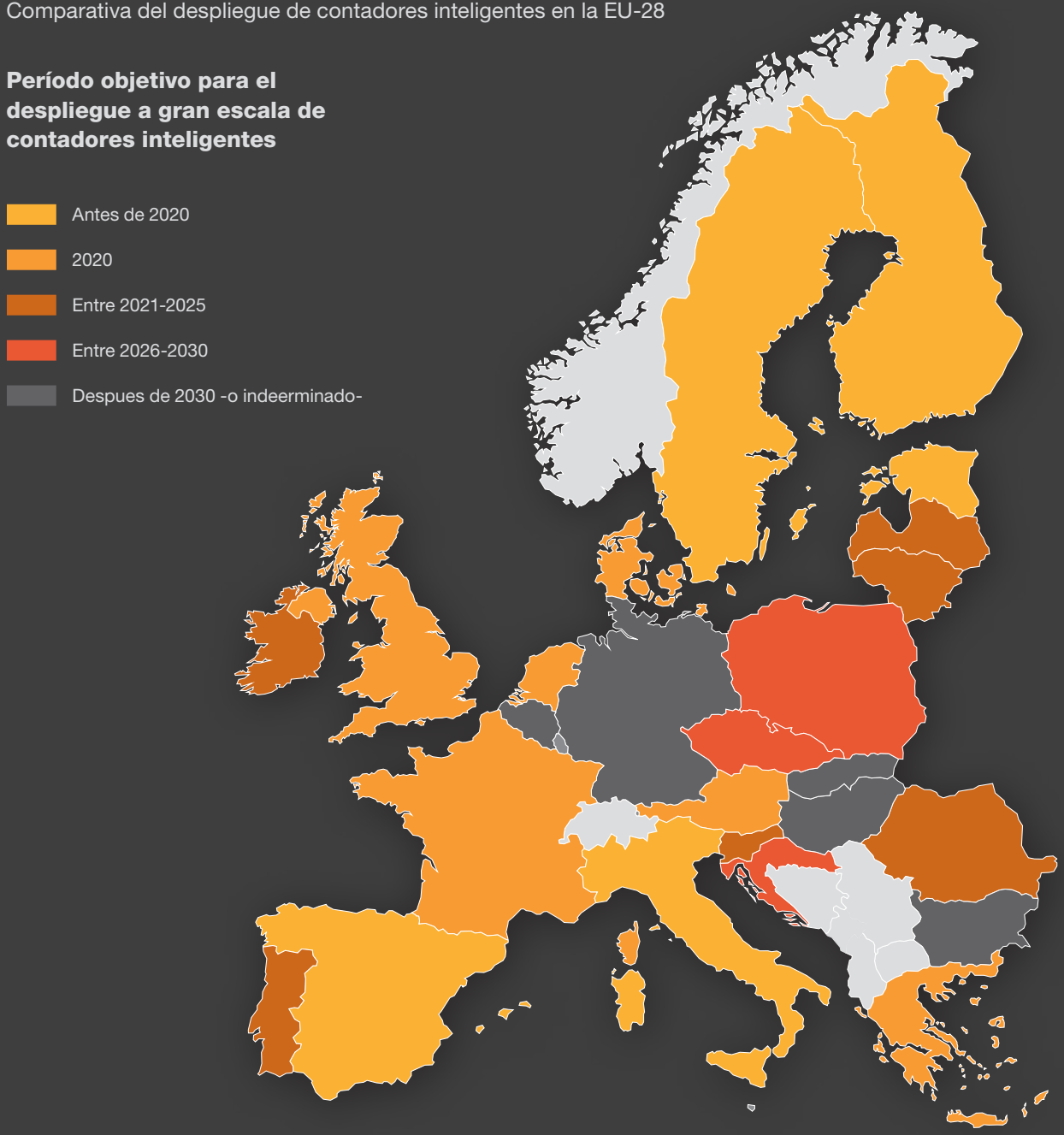


[29] Red Eléctrica de España (2019). *Monográfico sobre vehículo eléctrico.*

En este sentido, España cuenta con una importante fortaleza en este proceso de digitalización, ya se ha realizado un notable esfuerzo inversor en la baja tensión en los últimos años para conseguir un despliegue de prácticamente el 100% de contadores inteligentes *(smart metering)*, que permiten la telemedida y la telegestión de los puntos de suministro. España se sitúa a la cabeza de la UE en esta materia, muy por delante de los países centroeuropeos, por ejemplo, tal y como muestra la figura 32.

Figura 32.

Comparativa del despliegue de contadores inteligentes en la EU-28



Fuente: European Commission (2020). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-28.*

Este despliegue temprano en España, además, no solo supone disponer ya de los medios físicos para esta digitalización, sino también de un capital humano preparado para unas infraestructuras que ya no son "ciegas".

El desarrollo de estas redes inteligentes *(smart grids*) ha permitido, por otro lado, que en torno a ellas se haya generado toda una industria con importantes partners locales en España. Este es el caso, por ejemplo, del Clúster de Energía del País Vasco (ACE), que agrupa actualmente a más de 160 empresas y entidades, incluyendo a fabricantes de equipos y componentes, empresas de ingeniería e I+D+I, operadores energéticos, universidades y organismos públicos regionales, que bajo la marca *Smart Grids Basque Country*, aúna las fuerzas y capacidades de alrededor de 80 empresas del sector de la distribución para posicionarse internacionalmente como líderes en este ámbito.

En el medio plazo, existen tres elementos clave para poder seguir avanzando en el desarrollo de estas redes inteligentes:

i. **Uso de los datos.** Ahora el distribuidor tiene mucha más visión de la red gracias a la digitalización. Toda esta información tiene un elevado potencial en la atención al cliente, por lo que es necesaria su explotación, identificando aquella más relevante y revirtiéndosela al consumidor en tiempo y forma.

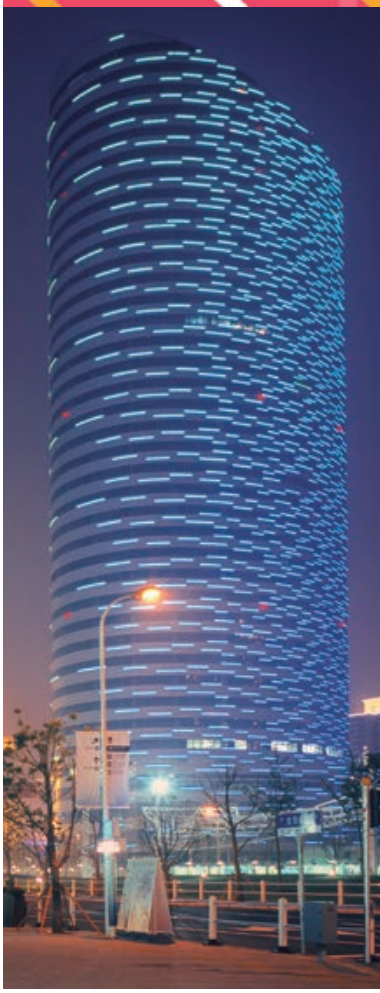
ii. **Control descentralizado.** Utilizar el edge *computing* para procesar la información en el lugar dónde se obtiene y dónde tiene que ser realizada la acción. Es decir, mantener el análisis de los datos y el control "aguas abajo" (en los puntos de suministro y centros de transformación, por ejemplo) en lugar de enviarla "aguas arriba" a la nube, saturando los sistemas.

iii. **Gestión de activos digitales.** Nuevo modelo de gestión con requisitos mucho más exigentes que en un activo eléctrico tradicional: nuevas funcionalidades, ciberseguridad, acceso remoto, etc., que requieren de un personal capacitado y con conocimientos especializados y de la integración de diferentes tecnologías.

Otro pilar fundamental de la transición energética es el almacenamiento eficiente de la energía para flexibilizar la producción de energía renovable y garantizar su integración en el sistema, ya que, como hemos comentado, puede llegar a ser muy volátil. En el futuro, el almacenamiento puede llegar a ser incluso más eficiente en costes que la ampliación de la propia red.

En esta línea, el PNIEC prevé la entrada de una capacidad adicional de almacenamiento de 6 GW en 2030, entre centrales hidroeléctricas de bombeo y baterías, así como 5 GW nuevos de centrales solares térmicas con almacenamiento de sales fundidas o tecnologías alternativas, tal y como ya mostrábamos en la figura 31.





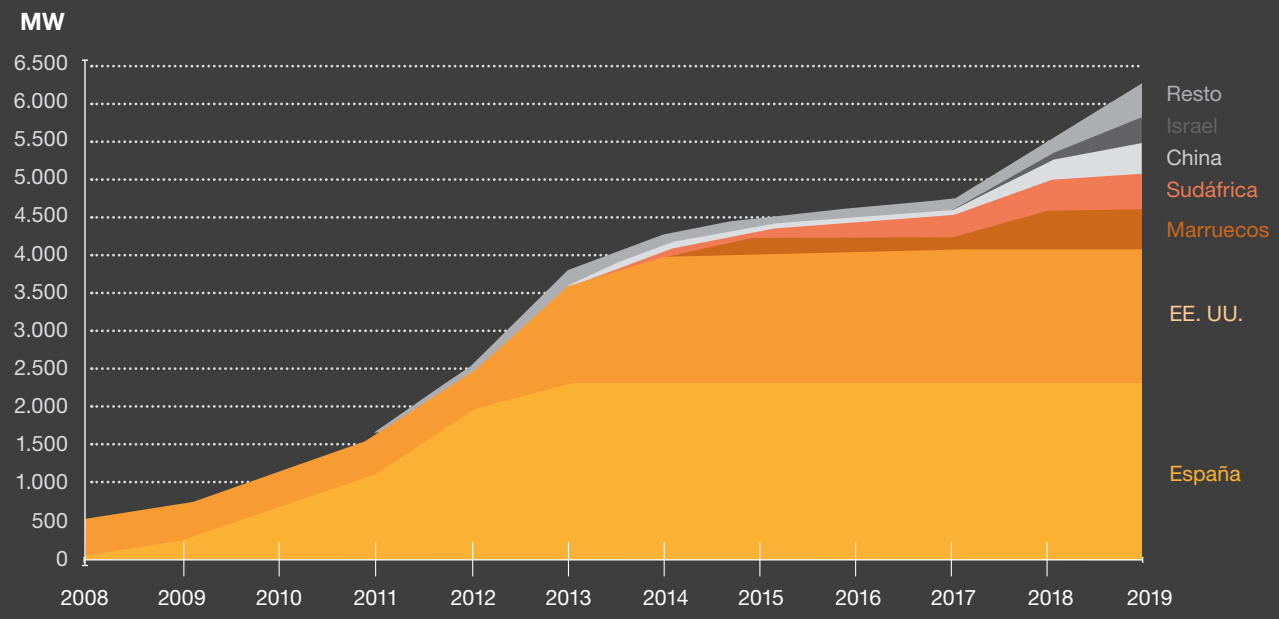
Las centrales hidroeléctricas de bombeo tienen actualmente un potencial de almacenamiento a corto plazo superior a las termosolares e hidrógeno gracias al desarrollo de la nueva tecnología de *Full Converter*, que permite no solamente "almacenar" sino también gestionar la red de manera muy rápida para absorber las variaciones y fluctuaciones causadas por las energías renovables variables, como es el caso de la eólica o la solar fotovoltaica. Además, esta tecnología permite integrar bombeo en centrales que actualmente no disponen de él o no está habilitado, lo que supone una gran oportunidad de almacenamiento, así como de modernización de buena parte del parque hidroeléctrico español, instalado entre 1960 y 1980.

Debido a las posibilidades que ofrece el bombeo, éste tiene un papel muy importante en el PNIEC 2021-2030 y en la actualidad son muchos los proyectos en curso y en desarrollo, como es el caso del proyecto Chira-Soria.

Además de las anteriores, las centrales termosolares con almacenamiento son también muy relevantes en términos de almacenamiento. En España hay 18 centrales termosolares con almacenamiento operativas que suman una capacidad equivalente de 6.675 MWh. España cuenta con un buen posicionamiento en esta tecnología, ya que es líder mundial en potencia termosolar instalada. Incluso fuera de España, en la mayoría de los proyectos participan también empresas españolas.

Figura 33.

Potencia instalada mundial de instalaciones termosolares



Fuente: IRENA (*International Renewable Energy Agency*).



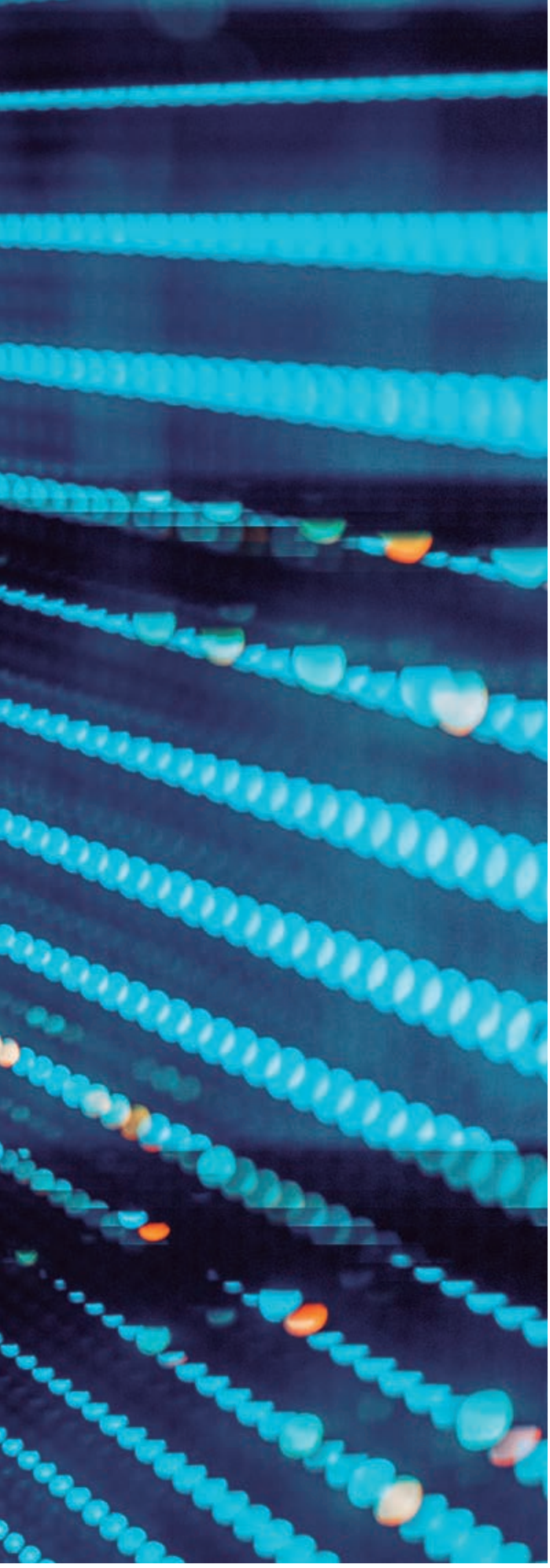
Proyecto Chira-Soria

El proyecto de la central hidroeléctrica reversible de Chira-Soria, en la isla de Gran Canaria, permitirá aprovechar las energías renovables que se encuentran en abundancia en la isla, funcionando en dos modos diferentes: bombeo y turbinación.

En el proceso de bombeo se absorbe energía eléctrica de la red que queda almacenada en forma de energía potencial en el embalse superior. En los periodos valle de consumo eléctrico, generalmente en las horas de madrugada, se aprovecha la energía renovable excedentaria para bombear el agua al embalse superior donde queda almacenada como energía potencial para ser utilizada en el proceso de turbinación.

En el proceso de turbinación el orden se invierte. El agua va desde el embalse superior al inferior, accionando las turbinas de la central y devolviendo a la red la energía la energía renovable previamente acumulada.

Este proyecto permitirá mejorar la garantía de suministro de Gran Canaria, incrementar la integración de energías renovables (se estima que para 2026 la central aumentará un 37% la producción renovable y reducirá en un 20% las emisiones de CO_2 anuales) y permitirá un ahorro en costes variables de generación mediante combustibles fósiles por valor de 122 millones de euros anuales.



La producción de hidrógeno, cuando a llegue a una madurez tecnológica que reduzca su coste, puede convertirse también en una solución para el almacenamiento estacional (largo plazo), convirtiendo la electricidad en H_2 para posteriormente, volver a generar la electricidad en el momento oportuno. El Gobierno ha establecido una Hoja de Ruta[30], que incluye objetivos nacionales de implantación del hidrógeno renovable a 2030, proyectando 4 GW de potencia instalada de electrolizadores con un hito intermedio para 2024: contar con una potencia instalada de entre 300 y 600 MW. El documento concluye también que España tiene la capacidad de crear un proyecto de país alrededor del hidrógeno renovable entre 2030 y 2050, que impulse la industria nacional y mantenga el liderazgo de España en materia de energías renovables.

Finalmente, el vehículo eléctrico supone también una oportunidad adicional de almacenamiento, ya que en cierta forma puede verse como una batería móvil. Hoy por hoy ya existe el desarrollo tecnológico suficiente para que los vehículos viertan energía a la red cuando ésta lo necesite. No obstante, para poder llegar a esta bidireccionalidad de las baterías del vehículo eléctrico, que evidentemente deberá ser automática, deberá desarrollarse más comunicación entre los agentes y la red y los métodos de computación para procesar toda la información aplicando la IA.

[30] Ministerio para la Transición ecológica y el reto demográfico (2020). *Hoja de Ruta del Hidrógeno. Una apuesta por el hidrógeno renovable.*

3.2.2. *Smart buildings*

El sector de la edificación ha ido aumentando su participación en el consumo final de energía y supone, en su conjunto, aproximadamente el 30% del consumo de energía en España: un 17% la edificación residencial, y un 12% el sector terciario –edificios comerciales, oficinas, colegios, universidades, hospitales o edificios de las Administraciones públicas, entre otros–[31]. De acuerdo con la *Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España* (ERESEE 2020), el objetivo a 2030 es reducir en un 9% el consumo de energía final del sector de la edificación respecto a su nivel de consumo actual, y en un 37% a 2050[32].

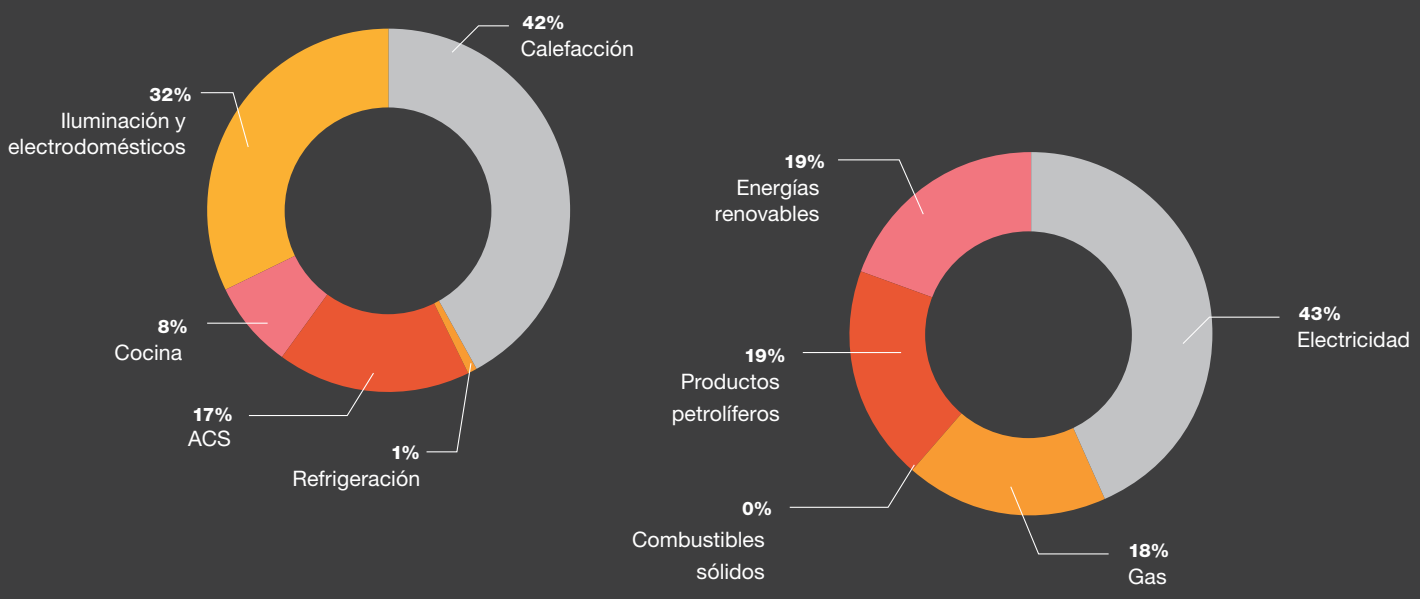
Desglosado por usos, el consumo de energía en el sector residencial se produce principalmente en calefacción e iluminación y uso de electrodomésticos. Ambos usos suponen casi ¾ partes del consumo de energía de los edificios. Por fuente energética, la mayor parte de la demanda del sector residencial se satisface con la electricidad (43%), y una parte importante se satisface con energías renovables, que además han incrementado su participación a lo largo de las últimas décadas.

[31] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. *ERESEE 2020: Actualización 2020 de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España.*

[32] Ibid.

Figura 34.

Consumo de energía en el sector residencial desglosado por uso y fuente energética (ktep, 2018)



Fuente: IDAE.

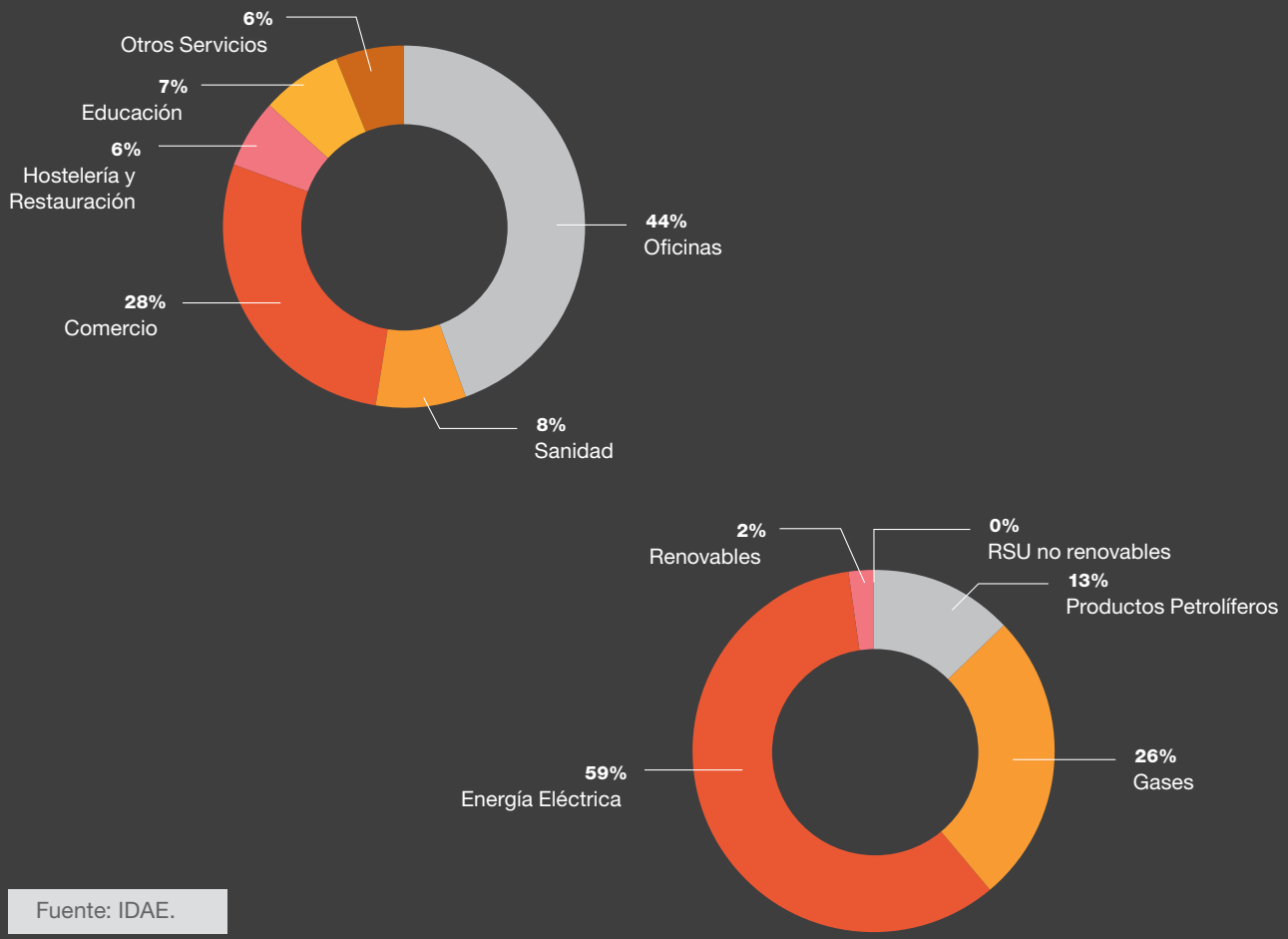
ACS: Agua Caliente Sanitaria

Por lo que respecta al consumo energético de los edificios del sector terciario, éste se produce principalmente entre oficinas (44%) y edificios comerciales (28%), y el resto se distribuye hospitales (8%), restaurantes y alojamientos (6%), educación (7%) y otros servicios (6%). La fuente energética predominante es la electricidad, seguida del gas y los productos petrolíferos.

A menudo, la eficiencia energética de los edificios y su impacto sobre la demanda de energía total se centra o se asocia a los edificios de nueva construcción, que representarán solo el 10% del parque de edificios en 2050-, y no tanto en el parque inmobiliario actual.

Figura 35.

Consumo de energía en el sector residencial desglosado por sector y fuente de energía (kWh, 2018)



Fuente: IDAE.



La rehabilitación de edificios e inmuebles en España se ha desarrollado de forma favorable en los últimos años. Entre 2017 y 2019, los visados para rehabilitación de edificios aumentaron un 10,1% y el presupuesto para la implementación de las reformas correspondientes un 35,6%. No obstante, en España predominan las reformas ligeras – aquellas con las que se consiguen ahorros inferiores al 30%- y tienen una cuota superior a la de otros países de la UE. Las renovaciones profundas, a su vez, se realizan en menos del 1% de la superficie construida de los edificios residenciales y no residenciales (frente al 1,7% en Francia o el 1,5% en Alemania). Por todo ello, la tasa de modernización en España sigue siendo más lenta que la tasa sugerida por la Unión Europea (3%) para contribuir eficazmente a los objetivos energéticos y climáticos[33].

Por otro lado, las mejoras y el avance de las tecnologías inteligentes, junto con los crecientes requisitos en materia medioambiental y de sostenibilidad, así como la coyuntura económica tras la crisis de 2008, que ha estado acompañada de patrones más restrictivos de consumo energético, están teniendo un impacto positivo en términos de usos más eficientes de la energía en edificios y su rediseño hacia una mayor interacción de éstos con las redes y el sistema energético. De este modo, el parque de edificios y el sistema energético europeos son cada vez más inteligentes y están evolucionando de un sistema centralizado, basado en combustibles fósiles y con un alto consumo de energía a uno cada vez más eficiente, descentralizado, centrado en el consumidor y alimentado por energías renovables.

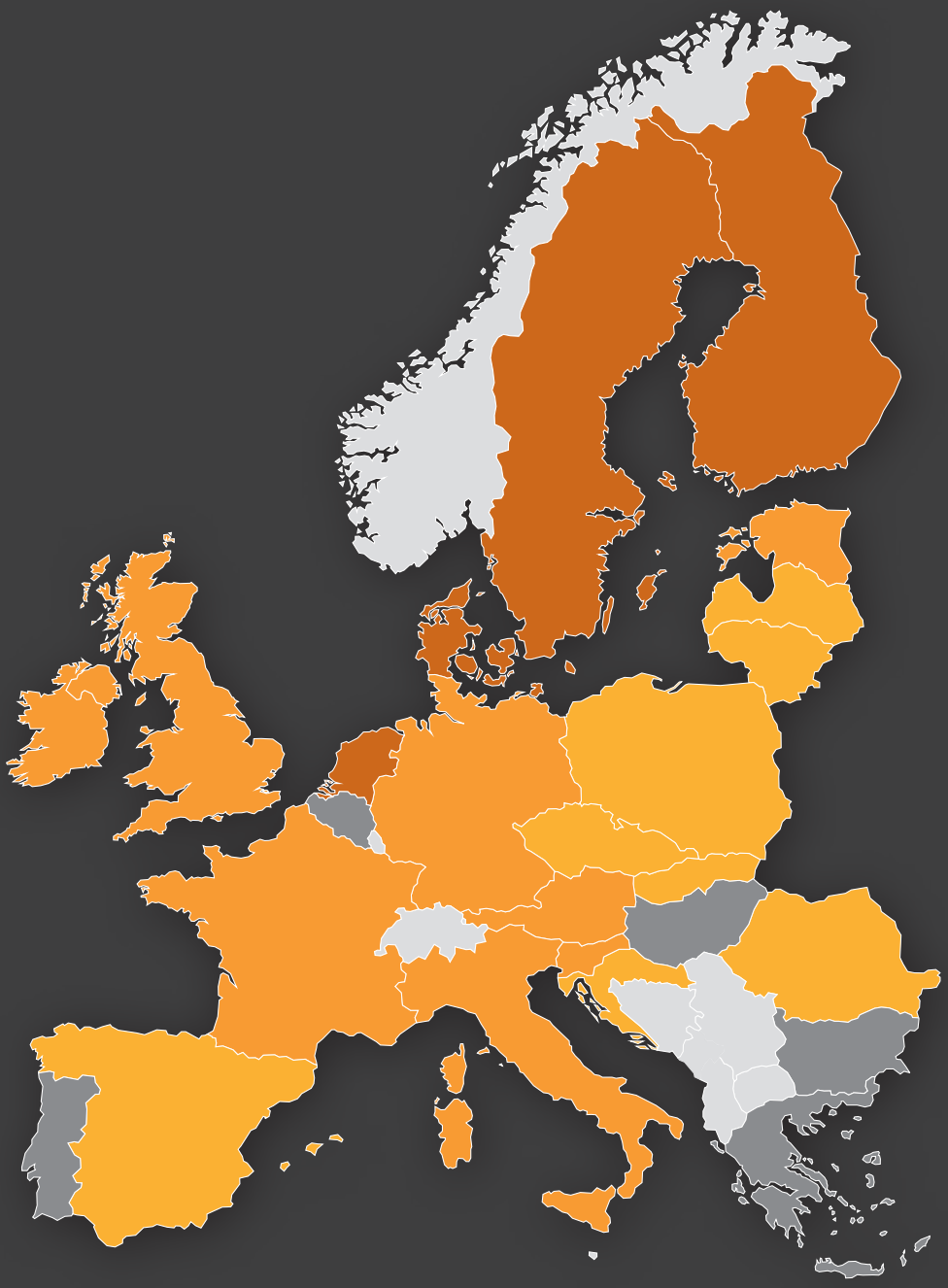
No obstante, no todos los países europeos están igual de preparados para dar este salto y adaptar su *stock* de edificaciones a estas nuevas tecnologías inteligentes. Así lo recoge un estudio elaborado por el *Buildings Performance Institute Europe* (BPIE), en el que bajo el concepto *'smart-readiness'* mide la preparación de un país para desplegar de manera efectiva los *smart buildings* y que depende de cuatro factores principales: (1) la eficiencia energética del parque de edificios, (2) el despliegue de medidores inteligentes, (3) la capacidad de las construcciones para adaptarse a la demanda y (4) el porcentaje de energía producida de fuentes renovables. Como se refleja en la figura 36, España se sitúa en un nivel medio-bajo, por detrás de los países centroeuropeos y nórdicos, por lo que tiene por delante un potencial importante.

[33] ODYSSEE-MURE (2020). *Rehabilitación energética de los edificios en España y la UE. Experiencia adquirida y principales recomendaciones.*



Figura 36.

Smart-readiness en Europa (Índice, 2017)



Smart-readiness

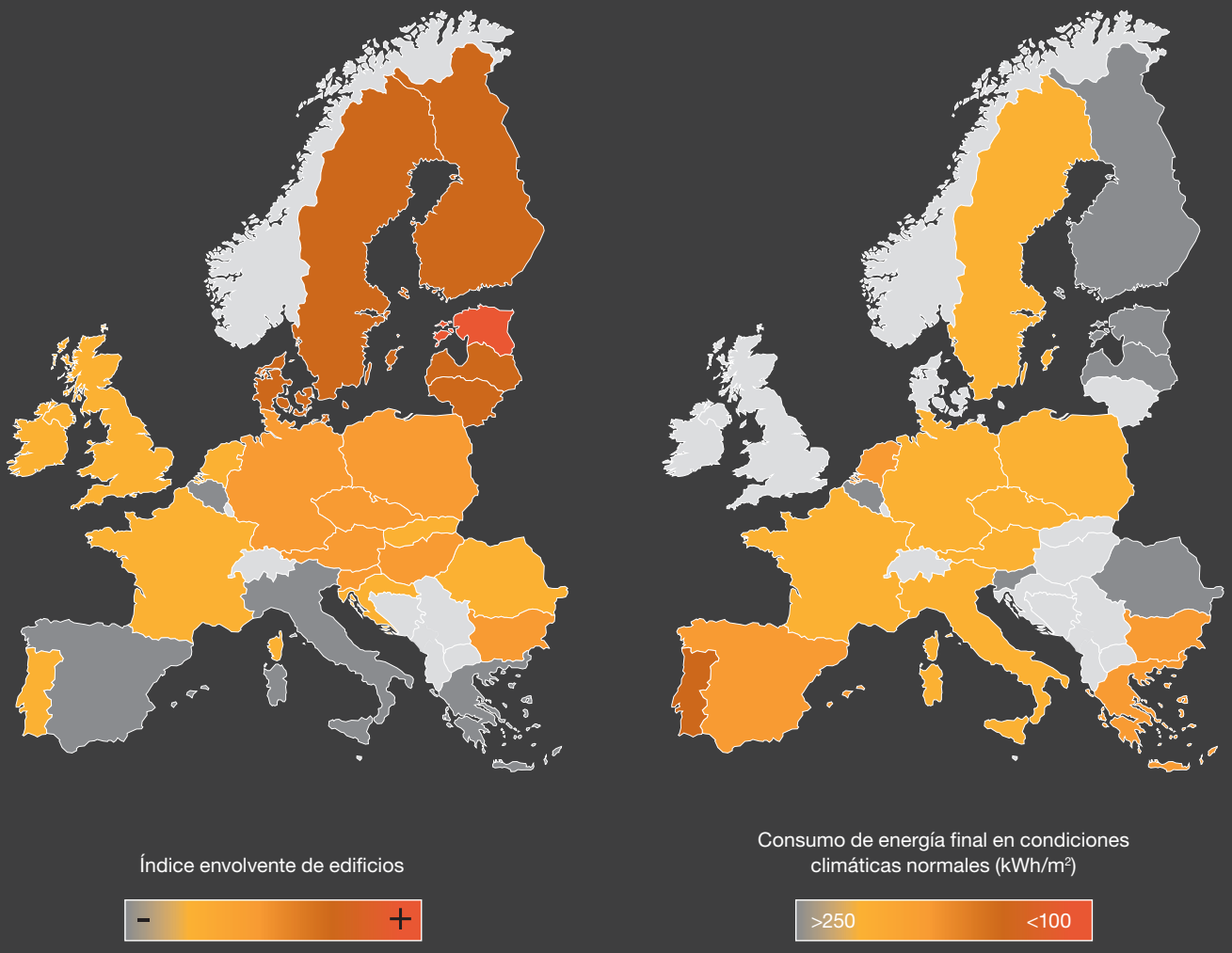


Fuente: *BPIE (Buildings Performance Institute Europe).*

El rendimiento de las construcciones europeas en términos de eficiencia energética es por lo general bajo, tanto en el diseño como en el uso de la energía. Como se observa en la figura 37, los países bálticos y nórdicos, debido al clima frío cuentan con un diseño adaptado de la envolvente de la edificación para mejor el aislamiento término, aunque también tienen una mayor demanda de energía. Otros países con climas más cálidos, como España o Grecia, poseen la situación inversa, infraestructuras con menor capacidad de aislamiento pero que también requieren un menor uso energético. El aislamiento térmico no es la única variable que puede influir en el consumo final: a través de la monitorización de los sistemas e implantación de sistemas de control con aprendizaje automático se podrá asegurar un elevado nivel de eficiencia energética de los edificios.

Figura 37.

Aislamiento de edificios y consumo de energía final en condiciones climáticas normales (índice y kWh/m^2, 2017)



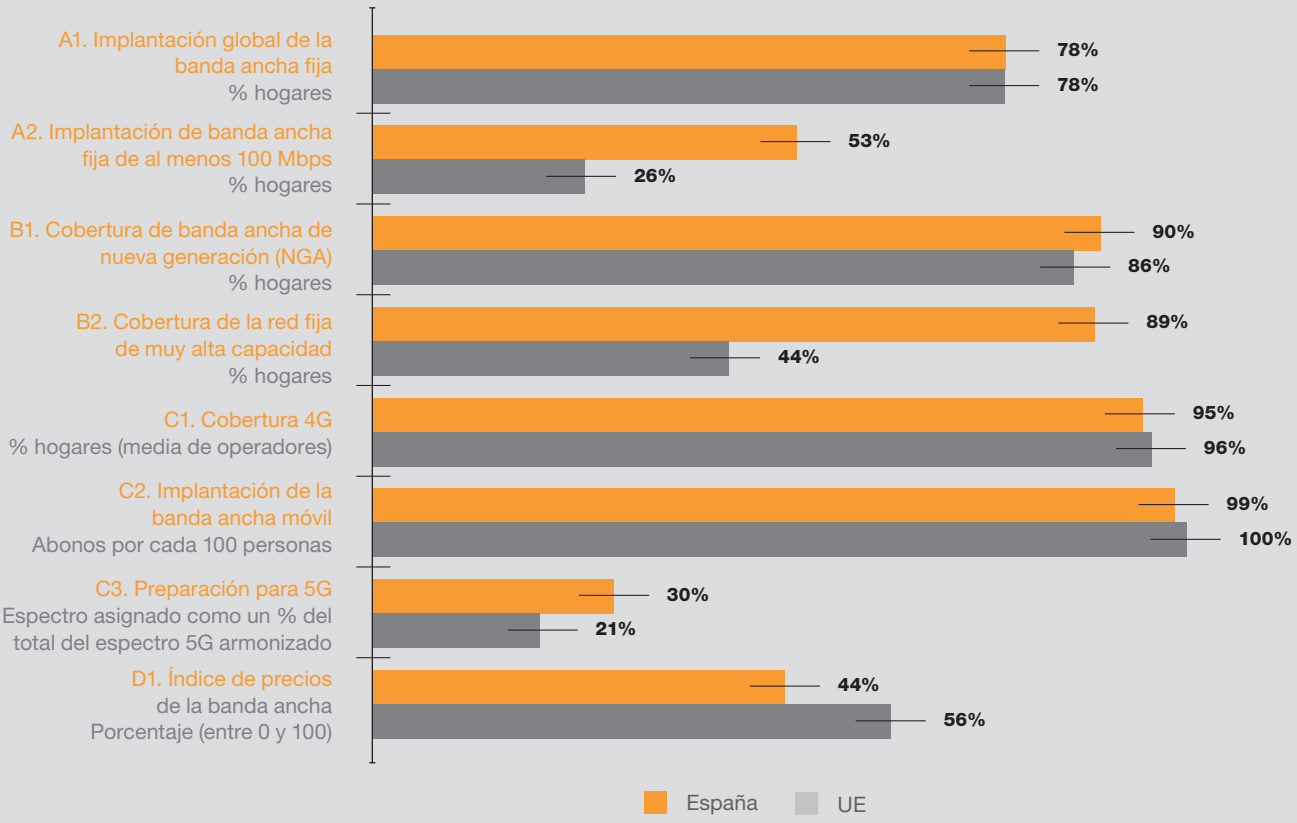
Fuente: BPIE.

Otro de los elementos característicos de los *smart buildings* es su conectividad, tanto entre los distintos elementos que lo componen como con otros edificios y con el entorno que los rodea, favoreciendo la creación y el desarrollo de las llamadas ciudades inteligentes o *smart cities*. El modelo de desarrollo urbano basado en *smart cities* pretende mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, el desarrollo sostenible de las ciudades, la resiliencia de las urbes y contribuir al equilibrio económico y medioambiental a través de una gestión inteligente y eficiente de sus infraestructuras, servicios y recursos, gracias a la conectividad y la digitalización.

A lo largo de los últimos años, España ha hecho un esfuerzo notable en términos de despliegue de redes de telecomunicaciones, lo que la ha convertido en uno de los principales países en términos de conectividad. Así lo refleja el *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales 2020* (*Índice DESI*, por sus siglas en inglés) en su apartado de 'conectividad', en el que España ocupa el 5º lugar, con una puntuación media de 60,8 puntos (casi 15 puntos más que en 2018) frente a los 50,1 puntos de media de la UE.

Figura 38.

Resultados en los indicadores del apartado 'conectividad' del DESI



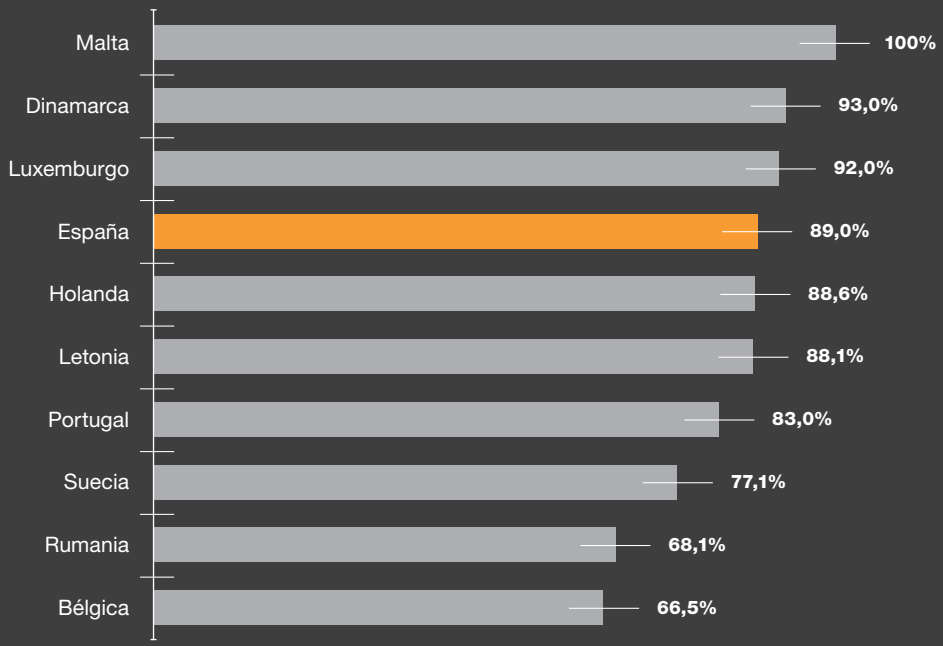
Fuente: DigitalES. *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI), 2020*.

Por indicadores, España está particularmente bien posicionada en cobertura 4G e implantación de la banda ancha móvil, así como en términos de despliegue de redes de muy alta capacidad. El grado de despliegue de redes de fibra óptica (FTTP) en todo el territorio nacional es de los más elevados de Europa, con una cobertura de casi el 80% de los hogares, muy por encima de la media de la UE (34%). A pesar de las diferencias esperables entre las zonas urbanas y rurales, la cobertura de redes de fibra óptica en las zonas rurales en España no es nada desdeñable, alcanzando el 46 % de los hogares, muy por encima de los índices de cobertura rural (en torno al 21%)[34].

Gracias al amplio despliegue de fibra y la actualización de las redes de cable a DOCSIS 3.1, la cobertura de las redes fijas de muy alta capacidad (FTTH y DOCSIS) en España es de las más altas del mundo, con un 89% de los hogares conectados mediante estas infraestructuras, siendo el 4º país en el ranking de la Unión Europea, solo por detrás de Malta, Dinamarca y Luxemburgo –ver figura 39–.

Figura 39.

Hogares con cobertura de redes fijas de muy alta capacidad (% del total de hogares, 2020)



Fuente: Comisión Europea.





[34] DigitalES. *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales (DESI), 2020*

~4 millones
de coches conectados
en 2019, un 16% del total

89%
de hogares con cobertura
de redes fijas de muy alta
capacidad en 2020

83%
de personas utilizan
diariamente internet en 2020

~55 millones
de líneas móviles totales
en 2020

A la luz de estos datos, España cuenta con una posición favorable en lo que al desarrollo de ciudades inteligentes se refiere, gracias a las inversiones en redes realizadas y a las estrategias públicas desarrolladas a lo largo de los últimos años. Además, existen 55 millones de líneas móviles y alrededor de unos 4 millones de coches conectados, un 16% del total, con un 83% de la población que utiliza diariamente internet.

Respecto a las estrategias públicas para el desarrollo de ciudades inteligentes, son varias las iniciativas realizadas, tanto a nivel nacional como internacional.

Por un lado, el *Plan Nacional de Territorios Inteligentes (2017-2020)*, considerado una buena práctica por diferentes organismos internacionales, sentó las bases del desarrollo de las ciudades inteligentes en España.

Entre las áreas de intervención del Plan están las iniciativas de Turismo Inteligente, Objetos Internos de Ciudad (edificios, puertos, aeropuertos y estaciones, que abren un nuevo mercado a la industria), 5G (para experimentar los usos de esta nueva tecnología a través de coches autónomos, gestión de grandes concentraciones de personas, IoT, etc.) y Territorios Rurales Inteligentes (desarrollando modelos de intervención para frenar la despoblación en determinados territorios)[35].

[35] Red.es





Por otro lado, las ciudades y áreas urbanas españolas tienen la oportunidad de recibir financiación a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y las actuaciones de desarrollo urbano que éste contempla: las Estrategias de Desarrollo Urbano Sostenible Integrado (DUSI), Urbact, Actuaciones Urbanas Innovadoras (UIA) y Proyectos Singulares de Economía Baja en Carbono (EBC)[36].

Por último ,existe también una organización de las entidades locales estructurada en redes de ciudades, como la Red Española de Ciudades Inteligentes (RECI), Red Innpulso, Red de Iniciativas Urbanas, la Red de Destinos Turísticos Inteligentes o la propia FEMP, que consideran entre sus prioridades el desarrollo tecnológico de las ciudades[37]. Entre estos actores principales es oportuno destacar la RECI, que actualmente se compone de 83 ciudades que trabajan conjuntamente para desarrollar el modelo de ciudades inteligentes focalizándose en aspectos como el ahorro energético, la movilidad sostenible o la gestión automática y eficiente de las infraestructuras y los servicios urbanos.

[36] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana.
[37] AMETIC. La digitalización como base de crecimiento y prosperidad de nuestro país.

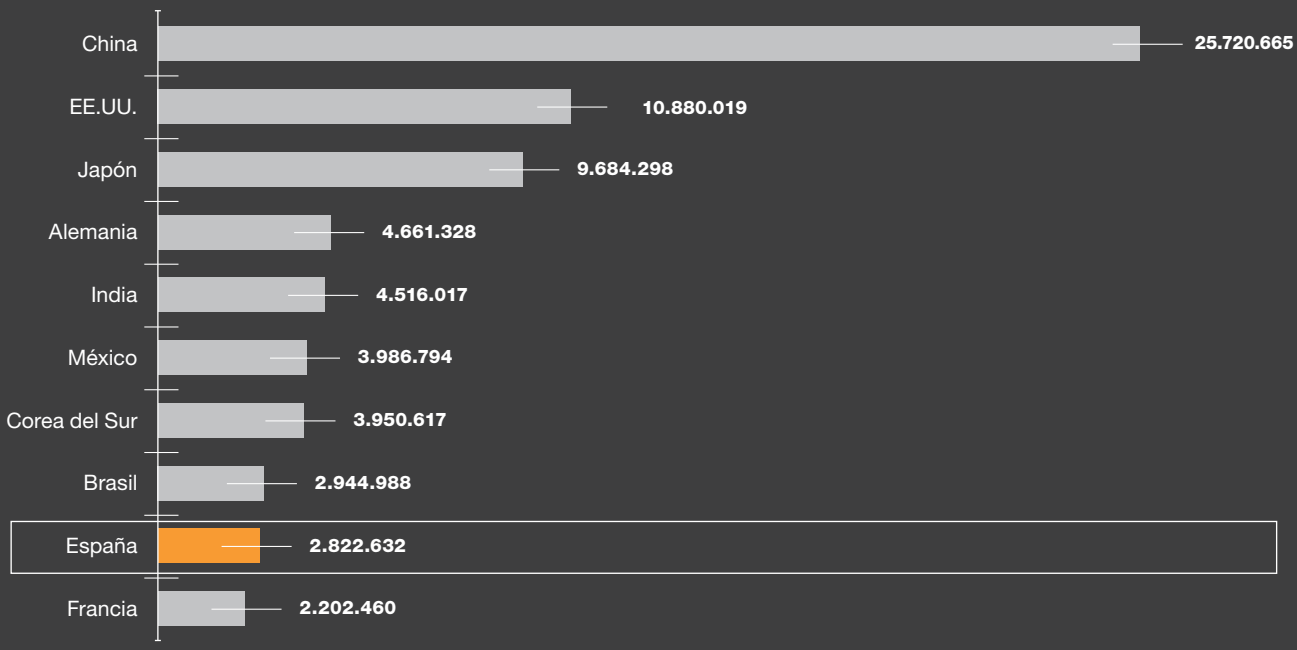
3.2.3. Vehículo eléctrico e infraestructuras de electromovilidad

El fenómeno global de crecimiento acelerado de las ciudades ha propiciado un incremento notable de la movilidad, impulsando el desarrollo de la industria automovilística y de infraestructuras de transporte. En España, el sector del automóvil supone, de acuerdo con la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), el 8,5% del PIB (el 11% si se incluye la distribución, los seguros y la financiación de la compra de vehículos), y emplea de forma directa al 9% de la población activa.

Además, nuestro país es líder en la fabricación de vehículos, ocupando el 9º puesto en el ranking mundial y el 2º a nivel europeo, solo por detrás de Alemania, tal y como muestra la figura 40.

Figura 40.

Ranking mundial de los países según el número de vehículos fabricados (2019)



Fuente: *Informe Anual ANFAC, 2019*.



Esta situación hace del transporte un sector clave para el progreso económico y social del país, al mismo tiempo que supone un reto en términos medioambientales y de dependencia energética del exterior, ya que el sector del transporte por carretera es uno de los principales consumidores de combustibles fósiles. De acuerdo con el IDAE[38], el transporte por carretera representa un tercio del consumo de la energía final en España, y de este, un 50% corresponde a los vehículos privados. La elevada intensidad energética del transporte en España se debe, entre otras razones, a la antigüedad relativa del parque nacional de vehículos y el uso extendido del vehículo privado como alternativa al transporte público.

El vehículo eléctrico supone por tanto una amenaza y una doble oportunidad para España: una amenaza, porque requiere de una reconversión de la industria de la automoción hacia esta nueva tecnología, dónde la batería -con un 40% del total del valor añadido del vehículo- gana importancia en detrimento del motor, y deben aligerarse el resto de los componentes debido a su peso. Una doble oportunidad, porque permite mantener el liderazgo en una industria estratégica en la que España ya estaba bien posicionada y, al mismo tiempo, aumentar la electrificación del transporte, reduciendo así las emisiones de CO_2 y la dependencia energética del exterior.

La producción de baterías está hoy concentrada en Asia, especialmente en China que, gracias a su disponibilidad de materias primas y la fuerte demanda interna concentra el 80% de la producción mundial de baterías. El lado opuesto lo ocupan los países europeos, que producen tan solo el 3% de las baterías a nivel mundial[39].

Ante este panorama, desde la Unión Europea se han empezado a poner en marcha medidas para apoyar los esfuerzos nacionales y regionales para reforzar el liderazgo del sector y construir una cadena de valor de baterías en Europa, abarcando desde la extracción de materias primas a la producción de sistemas y baterías, como también su reutilización y reciclaje.

Así nació, en 2017, la Alianza Europea de las Baterías, con el propósito de aumentar la autonomía estratégica de la UE en el mercado mundial de baterías y consolidar el liderazgo tecnológico e industrial europeo y en la que participan actualmente un total de once países (Suecia, Bélgica, Finlandia, Francia, Alemania, Italia y Polonia, Portugal, España, República Checa y Eslovaquia).

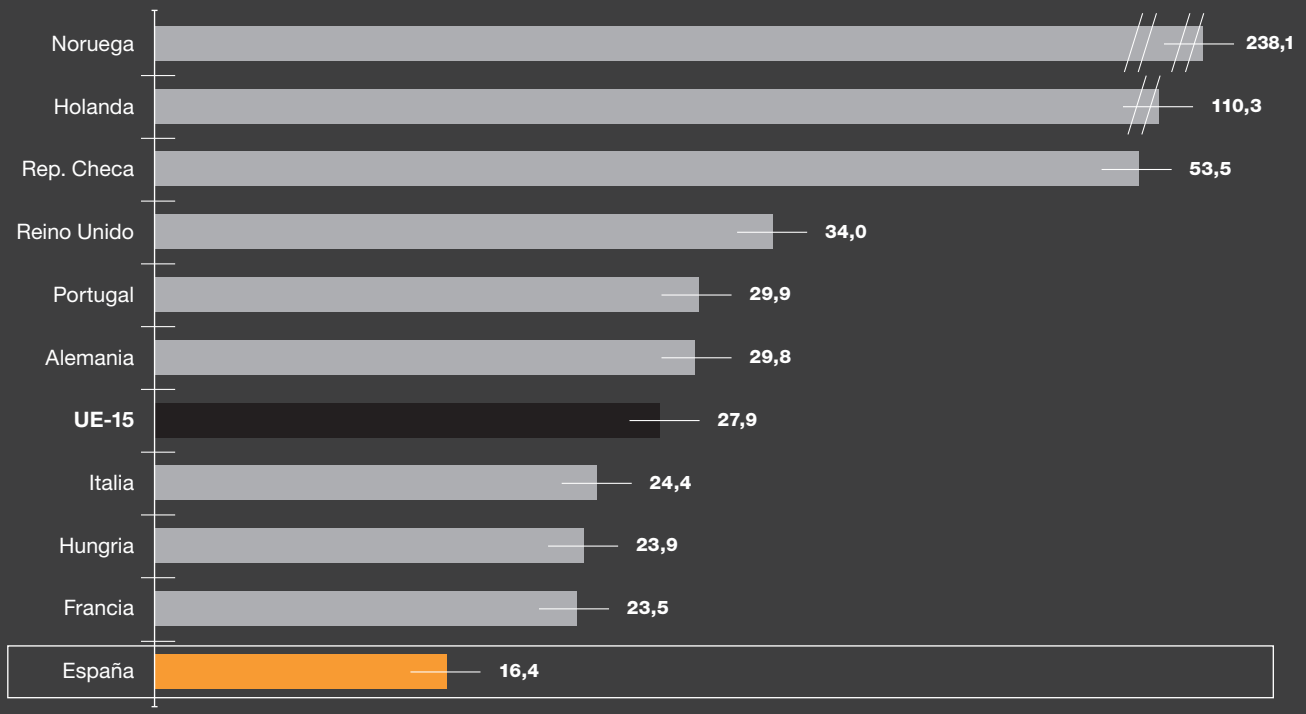
[38] Dato de 2016.
[39] Asociación Española de Proveedores de Automoción.



Respecto a la movilidad eléctrica, en comparación con nuestros homólogos europeos, España se sitúa en la cola. Así lo refleja el barómetro de la electromovilidad elaborado por ANFAC, que mide tanto la penetración del vehículo eléctrico como el desarrollo de la infraestructura de recarga. En 2019, y a pesar de haber mejorado ligeramente su puntuación respecto al año anterior, España obtuvo 16,4 puntos sobre 100, situándose muy por debajo de la media europea (27,9 puntos) y de otros países de nuestro entorno como Italia (24,4) o Francia, tal y como muestra la figura 41.

Figura 41.

Indicador global de electromovilidad (2019)



El valor 100 se alcanza con el nivel de cumplimiento de determinados objetivos, tales como alcanzar un 10% de cuota de mercado de vehículo electrificado o conseguir un 70% de penetración de vehículo puro respecto de vehículo electrificado, entre otros, por lo que puede haber países que superen estos objetivos y alcance una puntuación por encima de 100.

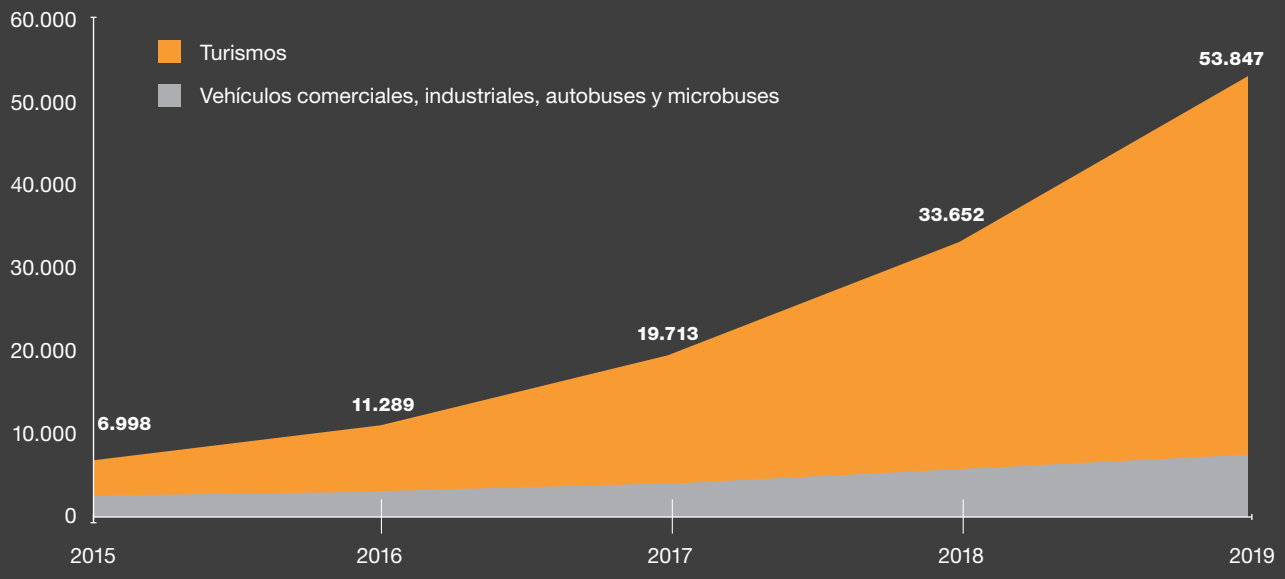
Fuente: ANFAC (Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones).



De acuerdo con los últimos datos publicados, el parque de vehículos ligeros en España ascendía, a cierre de 2019, a algo más de 29,4 millones de unidades. A pesar del notable incremento desde el año 2015, los vehículos eléctricos representan en la actualidad tan solo el 0,2% del parque automovilístico total, con casi 54.000 vehículos en circulación en 2019 entre turismos, autobuses y vehículos industriales, tal y como muestra la figura 42.

Figura 42.

Evolución del parque de vehículos eléctricos en España

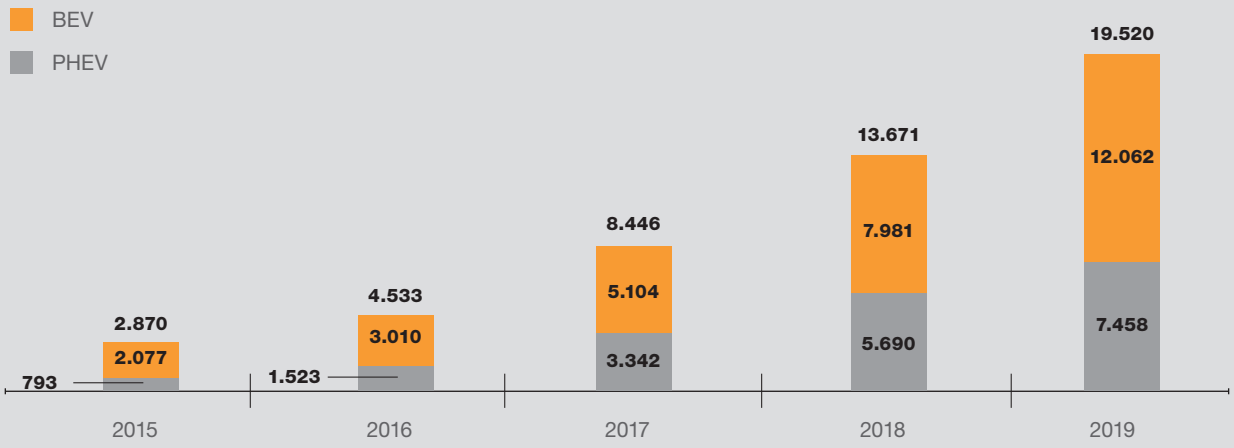


Fuente: *Informe Anual ANFAC, 2019.*

Por lo que respecta a las nuevas matriculaciones de vehículos eléctricos, se aprecia una evolución creciente año tras año en las dos modalidades de vehículos eléctricos: PHEV (híbridos enchufables de gasolina/diésel y eléctricos), y BEV (eléctricos puros), hasta llegar a los casi 20.000 en 2019.

Figura 43.

Nuevas matriculaciones de vehículos eléctricos en España



Fuente: *Informe Anual ANFAC, 2019.*

A pesar de la evolución creciente, los datos ponen de manifiesto que aún queda un largo camino por recorrer para cumplir los objetivos de electrificación de la flota de vehículos en España. El PNIEC contempla 5 millones de vehículos eléctricos en 2030 (de los cuales 3,5 millones corresponderían a turismos), lo que supone que un 22% del parque automovilístico estaría electrificado en ese año, siendo necesario esperar hasta 2050 para una electrificación total. Esto quiere decir que se deberían matricular casi 500.000 vehículos eléctricos al año frente a los 20.000 actuales.

Los obstáculos para aumentar la penetración del vehículo eléctrico en España son, además del precio actual de los vehículos y la falta de variedad en modelos, principalmente sociales y culturales. Por un lado, falta información a los usuarios sobre los costes y ventajas de la movilidad eléctrica, tanto individuales, como colectivas, ya que, por ejemplo, aunque los vehículos eléctricos son hoy más caros que los de combustión, la electricidad es mucho más barata que la gasolina o el diésel.



Por otro lado, la adaptación al VE requerirá de nuevos hábitos a los que la sociedad española no está acostumbrada. El hábito de recarga del vehículo eléctrico supone un cambio cultural importante respecto al de gasolina o diésel, entre otras razones, porque el repostaje dura más tiempo, pero también porque puede realizarse en el propio domicilio o la oficina, sin necesidad de estar presente. Así, la recarga será principalmente, y por este orden:

- **Recarga nocturna:** es la carga natural del vehículo eléctrico porque se realiza cuando los vehículos generalmente no se utilizan. Es además la recarga más eficiente, permitiendo aprovechar mejor las infraestructuras del sector eléctrico y los precios más bajos. A pesar de ello, es necesario tener en cuenta que un porcentaje importante de vehículos "duerme" en la calle, superior además al de otros países.

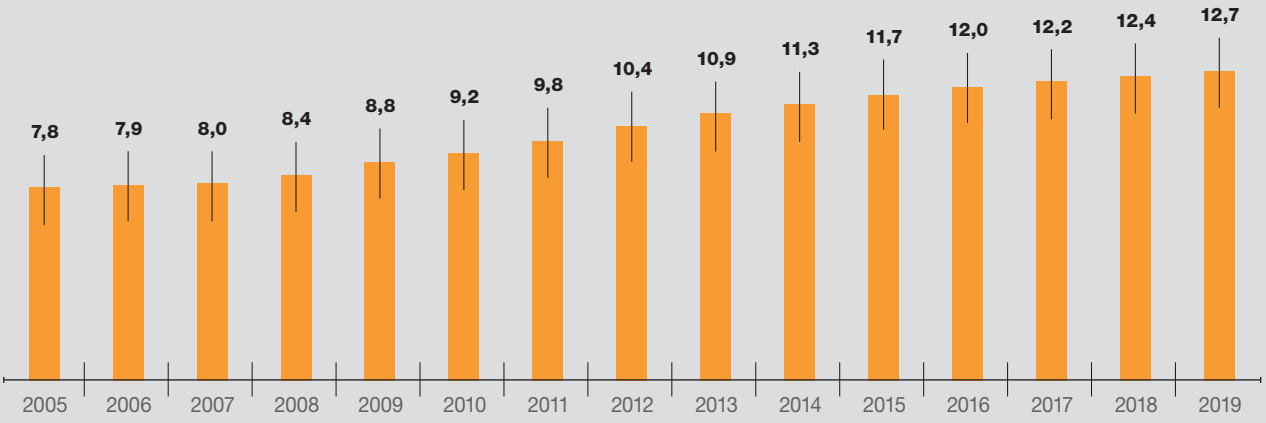
- **Recarga en el centro de trabajo:** también se podrá recargar el vehículo en los centros de trabajo, durante la jornada laboral. No obstante, está todavía por determinar cómo influirá la tendencia al teletrabajo actual sobre este aspecto.

- **Recarga de oportunidad:** finalmente, también se realizará la recarga en puntos públicos para atender a las necesidades puntuales.

Otro cambio importante será el cambio de los vehículos, ya que el VE requerirá de una renovación completa, cuando venza la vida útil de su batería, con una frecuencia mayor que los vehículos de combustión, mientras que en España sigue creciendo la vida media del parque automovilístico y situándose por encima de la media europea. Así, tal y como se puede apreciar en la Figura 44, la edad media del parque automovilístico español se situó en casi 13 años en 2019, frente a los 8 de 2005. Esto sitúa a España muy por encima de otros países como Alemania, Francia o Reino Unido con una media de 9, o de la media de la UE, con 11 años.

Figura 44.

Evolución de la edad media del parque automovilístico español en los últimos 15 años



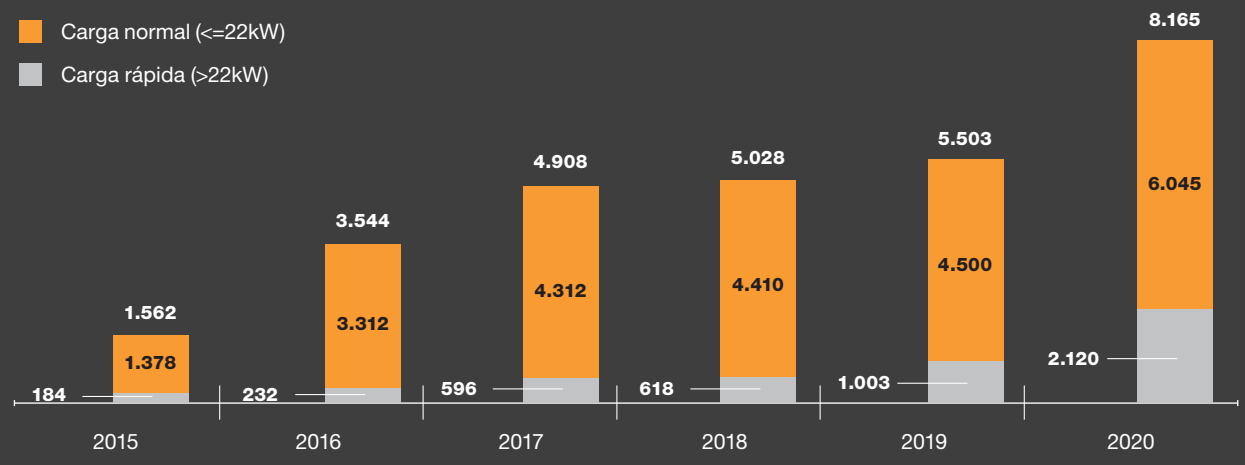
Fuente: DGT (Dirección General de Tráfico).



Tan importante como el grado de penetración del vehículo eléctrico es el despliegue de la infraestructura de recarga, otro de los aspectos críticos para el avance en electrificación de la movilidad. La infraestructura de recarga pública a cierre de 2020 estaba formada por un total de 8.165 puntos de recarga, de los cuales 6.045 son puntos de carga normal y 2.120 puntos de carga rápida, tal y como muestra la figura 45.

Figura 45.

Puntos de recarga públicos de vehículo eléctrico en España



Fuente: EAFO, *European Alternative Fuels Observatory.*



Estos datos muestran que la dotación actual de infraestructuras de recarga es insuficiente, por debajo de las estimaciones que, según el sector, se necesitan para conseguir las cuotas de mercado de vehículo eléctrico necesarias para la descarbonización del transporte (110.000 puntos de recarga para 2025 y 340.000 para 2030)[40].

La "verticalidad" de las ciudades españolas, con buena parte de la población viviendo en edificios, y la antigüedad de los edificios dificulta la instalación y gestión de los puntos de recarga domésticos. En cualquier caso, esto no es un problema único de España, y la solución pasa por el fomento de un nuevo modelo de movilidad digital, eléctrico y compartido, bajo el concepto de *Mobility-as-a-Service*.

En España, al igual que sucede en otros países de nuestro entorno, es cada vez más habitual la menor preferencia por la adquisición y la tenencia en propiedad en favor del alquiler o pago por uso bajo esquemas *As-a-Service*. Cuatro de cada cinco jóvenes ya prefieren esta opción frente a la compra de un vehículo, por ejemplo[41].

Este nuevo modelo es además más eficiente en el uso de los recursos escasos, como las plazas de aparcamiento. El tiempo de uso del vehículo particular en España es, en general, muy bajo. Se estima que más del 90% del tiempo está parado y, en el resto, funciona con un nivel de ocupación reducido[42].

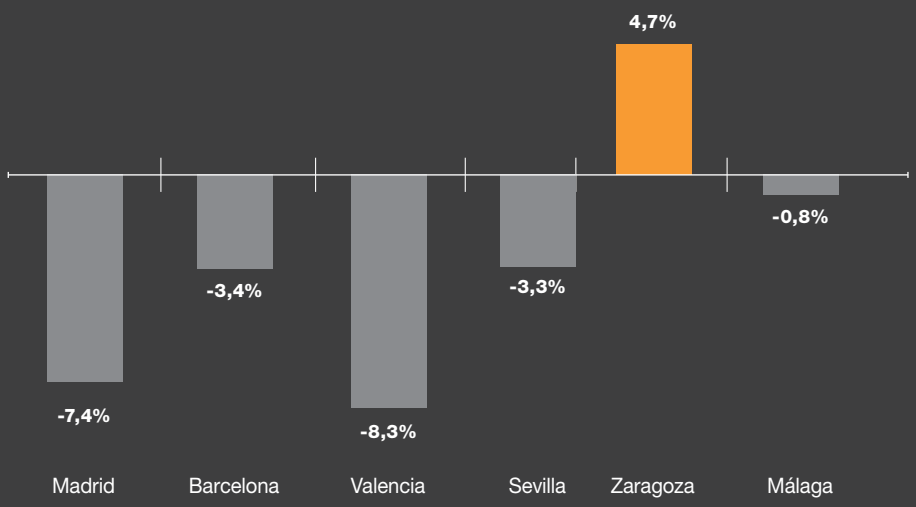
[40] ANFAC (2019). Automoción 2020-2040: *Liderando la movilidad sostenible*.
[41] Ibid.
[42] Asociación Española de Carreteras (AEC).



Este fenómeno se está produciendo principalmente en las grandes ciudades, en las que en los últimos años se viene observando una reducción importante del índice de motorización (número de turismos por cada 1.000 habitantes). Así, por ejemplo, en la ciudad de Madrid este índice disminuyó un 7,4% entre 2008 y 2018 un 7,4% y un 3,4% en Barcelona.

Figura 46.

Variación del índice de motorización en las principales ciudades (nº turismos/1.000 habitantes, 2008-2018)



Fuente: Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2020). *Informe OMM, 2018*.

Esta reducción de la motorización en las grandes ciudades es paralela al aumento del uso del *car sharing*. El *Urban Mobility Readiness Index 2020*[43], que mide la preparación de los sistemas de movilidad urbana en las principales urbes del mundo, destaca las ciudades de Madrid y Barcelona en el uso del vehículo eléctrico compartido. El gran reto será exportar este modelo al resto de ciudades españolas, fuera de las principales capitales de provincia, y a los desplazamientos interurbanos.

Por último, y como complemento a todas estas nuevas realidades en movilidad urbana, hay que hacer una mención al vehículo autónomo, todavía en un estadio de maduración tecnológica muy incipiente. Actualmente se están ejecutando varios proyectos piloto y se espera que los vehículos con estas funcionalidades alcancen el 17% para 2035 en la UE.

[43] *Urban Mobility Readiness Index 2020*, elaborado por The Oliver Wyman Forum y Universidad de California, Berkeley.

3.2.4. Otras infraestructuras

Las infraestructuras de transporte, además de facilitar el transporte de personas y mercancías y garantizar la accesibilidad y conectividad territorial, son fundamentales para asegurar –e incrementar– la competitividad del tejido empresarial.

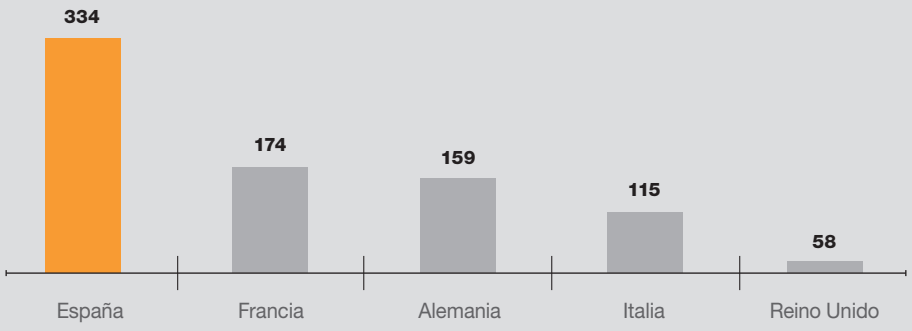
España cuenta con una posición muy favorable en términos de dotación de este tipo de infraestructuras. La red de carreteras de España tiene, a 31 de diciembre de 2018, 165.624 kilómetros,[44] de los cuales 26.403 km (un 15,6%) forman parte de la Red de Carreteras del Estado (RCE), 71.313 km (un 43,1%) están gestionados por las comunidades autónomas y el viario restante está gestionado por diputaciones provinciales y cabildos. En términos de tráfico, la mayor parte se concentra en las carreteras de la RCE (un 52,5%) y en las gestionadas por las comunidades autónomas (un 42,2% del tráfico).

De la totalidad de la red, 17.228 km (un 10,4%) son vías de gran capacidad (autopistas de peaje, autopistas libres, autovías y carreteras multicarril), lo que sitúa a España como el tercer país en el mundo con mayor número de kilómetros de autopistas y autovías, tan solo por detrás de China y Estados Unidos, y el primero de Europa, seguido de Alemania y Francia[45]. En términos relativos por millón de habitantes, las diferencias con los principales países europeos son, incluso, más amplias (ver la figura 47).

En esta misma línea, España también es uno de los principales países del mundo en términos de red ferroviaria y con un mayor protagonismo de la Alta Velocidad como parte de su estrategia de movilidad. Actualmente, la red de Alta Velocidad alcanza los 3.402 kilómetros, la segunda más extensa del mundo solo después de China, y ha contado con una inversión aproximada de 51.775 millones de euros desde su puesta en marcha[46]. En relación con el resto de los países de Europa, a España le siguen Francia y Alemania, con 2.734 km y 1.571 km de vías de Alta Velocidad, respectivamente. En términos relativos (ver la figura 47), España cuenta con entorno a 70km de vía con estas características por millón de habitantes, muy por encima que sus homólogos europeos.

Figura 47.

Km de autopistas por cada millón de habitantes (2018)



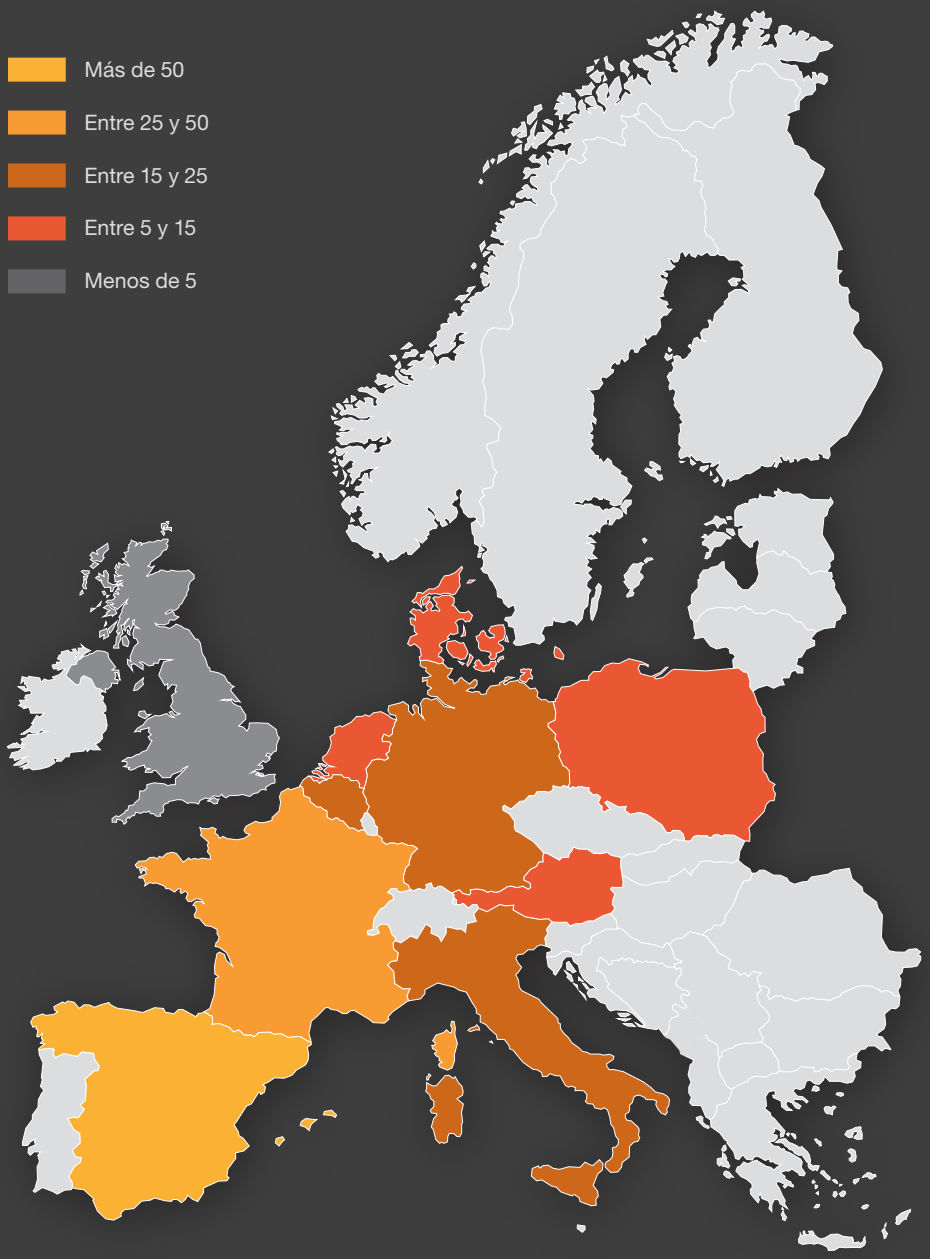
Fuente: Elaboración propia a partir de *Directorate-General for Mobility and Transport.*

[44] Últimos datos disponibles en el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
[45] Eurostat (Oficina Española de Estadística).
[46] Adif (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias).



Figura 48.

Km de líneas ferroviarias de Alta Velocidad por cada millón de habitantes (2019)



Nota: incluye las líneas diseñadas para una velocidad superior a 250km/h.

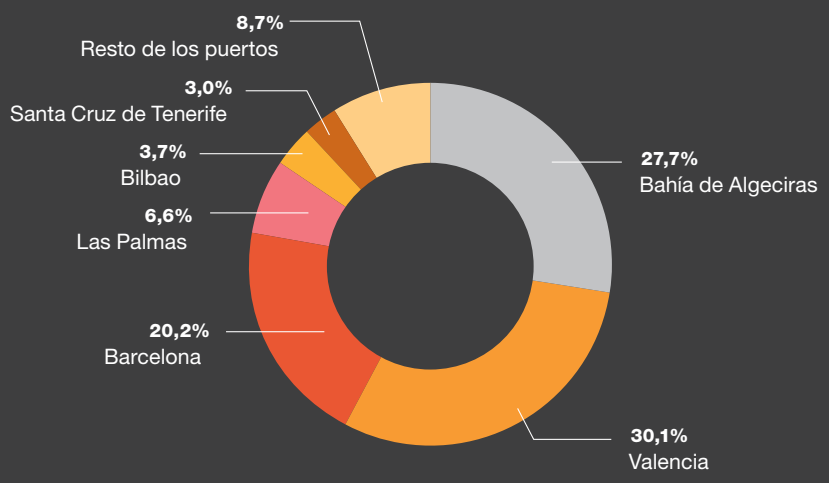
Fuente: *Directorate-General for Mobility and Transport*.

Por otro lado, la localización geográfica de España, situada en un enclave estratégico próximo a las grandes rutas marítimas globales entre las zonas asiáticas y las zonas europeas o Norte América, ha propiciado un importante desarrollo de los puertos españoles.

El tráfico de contenedores en los puertos españoles, medido en TEUs (unidad de medida equivalente a 20 pies) registró 17,2 millones de unidades en 2018. Los puertos que más contenedores han transportados fueron Valencia (5,2 millones de TEUs, un 30,1%% del total), Bahía de Algeciras (4,8 millones de TEUs, un 27,7% del total) y Barcelona (3,5 millones de TEUs, un 20,2% del total). Precisamente estos tres se sitúan entre los 50 puertos de carga más importantes del mundo, ocupando las posiciones 30, 34 y 46, respectivamente, situándose entre los principales puertos de la Unión Europea e incluso del mundo, tras los gigantes asiáticos, Estados Unidos, Alemania y Holanda[47]. El resto de los puertos se distancian de forma significativa de estas cifras, siguiéndoles los puertos de Las Palmas, Bilbao y Santa Cruz de Tenerife (1,1, 0,6 y 0,5 millones de TEUs, respectivamente). Aproximadamente el 91% del tráfico de contenedores se mueve por las Autoridades Portuarias de estos seis puertos.

Figura 49.

Principales puertos españoles en tráfico de mercancías (porcentaje de TEUs, 2018)



Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Los transportes e infraestructuras. *Informe Anual, 2018*.

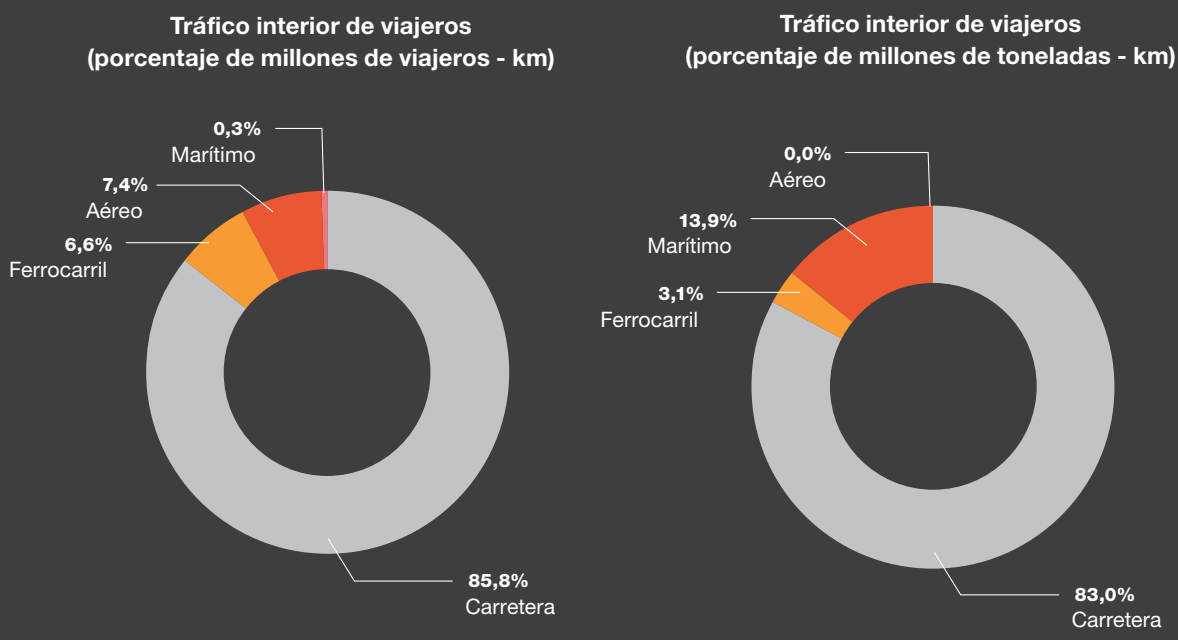
[47] JOC Top 50 Container Ports, 2018.

En España, hay un claro predominio del tráfico de viajeros y del transporte de mercancías por carretera (ver la figura 50), menos eficiente y limpio que otros, puesto que la mayor parte de las emisiones de CO_2 en el transporte proceden del sector del transporte por carretera[48].

Asimismo, en el transporte terrestre es destacable el hecho de que, aunque España se sitúa muy favorablemente respecto al transporte ferroviario de personas (por el despliegue de la Alta Velocidad), el transporte de mercancías bajo esta modalidad está muchos menos desarrollado y se realiza mayoritariamente por carretera. Esto puede deberse a una menor densidad de las redes ferroviarias (teniendo en cuenta tanto las vías convencionales como las de Alta Velocidad) que en otros países europeos (por ejemplo, Alemania tiene 475 km de vías férreas por cada millón de habitantes, y Francia 412 km, mientras que en España hay 341 km de vías férreas por millón de habitante[49]), así como a la diferencia del ancho de vía español respecto del europeo (ancho ibérico), que dificulta la continuidad de la red y del transporte y dificulta la conexión con las grandes redes (trans)europeas[50].

Figura 50.

Distribución del tráfico interior de viajeros y mercancías según modos de transporte (2018)



Fuente: Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana. Los transportes e infraestructuras. *Informe Anual, 2018*.

[48] Comisión Europea (2017). *Fichas temáticas del Semestre Europeo: Transporte*.
[49] Directorate-General for Mobility and Transport. Datos de 2018 (últimos disponibles).
[50] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2014). *Industria Conectada 4.0: La transformación digital de la industria española.*





Continuando con otras infraestructuras claves o estratégicas, en España cabe destacar las redes e infraestructuras que permitan almacenar, potabilizar, distribuir, depurar y reutilizar el agua consumida y utilizada. España cuenta con más de 155.000 km de redes de distribución para abastecimiento y más de 140.000 km de redes de alcantarillado, cientos de estaciones de tratamiento de agua potable y de depuración de aguas residuales, desaladoras, estaciones de bombeo y más de 1.200 grandes presas[51].

A lo largo de las últimas décadas, las infraestructuras y redes de agua han experimentado una fuerte transformación, habiéndose logrado importantes avances en términos de depuración de aguas residuales, calidad del agua o cobertura de la población con sistemas de distribución y saneamiento de agua, lo que se traduce en que, en la actualidad, España cuenta con unas infraestructuras de alto nivel, tanto en niveles de tecnificación, cobertura y de calidad del servicio (por ejemplo, entre el 2000 y 2016, el porcentaje de agua depurada ha pasado de menos del 50% a cerca del 85%)[52].

Asimismo, las infraestructuras y el sector del agua en España también ha avanzado -y continúa haciéndolo– en la incorporación de nuevas tecnologías y en materia de digitalización, con el propósito de mejorar el servicio, garantizar la gestión optimizada del ciclo urbano del agua y asegurar la sostenibilidad económica y ambiental de este recurso.

Además de estas infraestructuras, otro de los puntos críticos, especialmente de cara a garantizar la transformación digital de las empresas e industrias es contar con una alta disponibilidad de los datos. En este sentido, los centros de datos o *data centers* son infraestructuras que constituyen el núcleo de los servicios digitales y de los despliegues *cloud* al tiempo que aseguran la accesibilidad, agilidad y velocidad necesarias. Por otro lado, los *data centers* se alejan cada vez más de ser centros de almacenamiento fijos y estáticos, pasando a localizarse allí donde se crean, procesan y utilizan los datos, en ubicaciones múltiples o remotas. Además, teniendo en cuenta la demanda creciente de espacio, las nuevas necesidades de trabajo y la diversificación de las tecnologías de la información, en el futuro estos deberán ser cada vez más flexibles y adaptables a las cargas de trabajo, más inteligentes y eficientes energéticamente[53].

España, por su posición geográfica, es uno de los puntos de conexión estratégicos en las comunicaciones entre Europa, Norteamérica, Latinoamérica y África, lo que motivó una importante instalación y despliegue de infraestructuras de *data centers* durante los últimos años. No obstante, y según las estimaciones del sector, la situación actual de centros de datos en España es análoga a la que tenían los principales países de nuestro entorno hace una década, por lo que todavía hay un amplio recorrido de mejora en este ámbito.

[51] https://www.iagua.es/especiales/infraestructuras-agua-espana.

[52] Asociación Española de Abastecimientos (AEAS), Asociación Española de Empresas Gestoras de los Servicios de Aguas Urbanas y PwC (2019). *Hacia una financiación más eficiente de las infraestructuras del ciclo urbano del agua en España*.

[53] IDC *FutureScape: Worldwide Datacenter 2018 Predictions.*



Finalmente, desde el estallido de la crisis económica mundial, en España se viene registrando unos bajos niveles de inversión pública en infraestructuras. A pesar de las mejoras de los últimos años, todavía no se han recuperado los niveles de inversión de las décadas previas a la crisis. Estos bajos niveles de inversión han generado que la inversión pública neta -calculada descontando la depreciación de los activos como carreteras, ferrocarriles, infraestructuras urbanas, puertos o aeropuertos-, se haya reducido de forma aún más drástica, ya que la práctica totalidad de la inversión bruta solo basta para cubrir la depreciación de los activos. Según el estudio *Evolución de la edad media de las inversiones y envejecimiento del capital de la Fundación BBVA e IVIE*, en 2018 la inversión neta apenas representó el 4% del PIB.

Como consecuencia, la antigüedad del parque de infraestructuras se ha incrementado notablemente. A comienzos de la década de los 2000, el parque era muy joven, con una pirámide de base ancha, pero en los últimos años debido al menor esfuerzo en nueva dotación y renovación de las infraestructuras existentes, la fotografía es muy diferente, con una parte muy importante de las infraestructuras públicas de elevada edad.

Tal y como recoge el estudio citado anteriormente, en 2016 casi una cuarta parte de las infraestructuras públicas superaban los 20 años de antigüedad, siendo las infraestructuras hidráulicas, portuarias y viarias las más envejecidas. En el caso de las infraestructuras hidráulicas, por ejemplo, el informe *Análisis de las necesidades de inversión en renovación de las infraestructuras del ciclo urbano del agua* elaborado por la Cátedra Aquae y la Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) pone de manifiesto que la inversión anual en la renovación de este tipo de infraestructuras es entre un 70% y un 80% menos de la necesaria para mantenerlas de forma sostenible.

No obstante, lo más preocupante es la tendencia, ya que, si el ritmo inversor se sigue manteniendo a la baja, la proporción de infraestructuras con más de 20 años se duplicará en la próxima década, representando en 2030 en torno al 50% del parque de infraestructuras español.

Figura 51.

Porcentaje de infraestructuras públicas con más de 20 años de antigüedad

	2007	2016	2030
Infraestructuras públicas:	**14,2%**	**24,2%**	**46,8%**
viarias	14,1%	27,4%	**51,2%**
hidráulicas	18,7%	28,2%	**71,1%**
ferroviarias	13,6%	16,0%	**52,5%**
aeroportuarias	7,0%	11,8%	**45,7%**
portuarias	18,0%	26,8%	**33,7%**
urbanas (corporaciones locales)	9,5%	22,2%	**23,2%**

Fuente: Fundación BBVA e IVIE.

La existencia de un parque de infraestructuras de elevada antigüedad tiene consecuencias negativas en términos de calidad de los servicios, incrementos de los costes de operación y mantenimiento y un mayor deterioro de las infraestructuras que, a su vez, suponen una barrera y una dificultad adicional para introducir los avances tecnológicos y los procesos de digitalización de las infraestructuras y, en consecuencia, para que estas sean inteligentes, sostenibles y resilientes.

Este aspecto es especialmente crítico en algunos sectores como el sanitario, donde la inversión en infraestructuras, edificios e instalaciones por parte de las Administraciones públicas ha sido especialmente baja como consecuencia, a su vez, de las mayores restricciones presupuestarias. Este aspecto, junto a una escasa planificación estratégica de las inversiones ha derivado en una elevada antigüedad y poca modernización.

Como consecuencia, la gestión activa e inteligente de estas infraestructuras en términos de control y monitorización de instalaciones eléctricas, gestión de la energía, control de aforos, etc. es muy limitada. Además, a esto hay que añadir que, en muchas ocasiones, esta obsolescencia y limitaciones de la infraestructura e instalaciones “de base” pueden llegar a condicionar la propia obsolescencia del equipamiento electromédico y de la tecnología sanitaria de los centros sanitarios, que en muchas ocasiones necesitan de determinados acondicionamientos o requisitos (p.ej. niveles de potencia eléctrica, conectividad digital, interoperabilidad con otros activos y elementos, etc.) para su instalación y funcionamiento.

3.3. Modelo de negocio e innovación

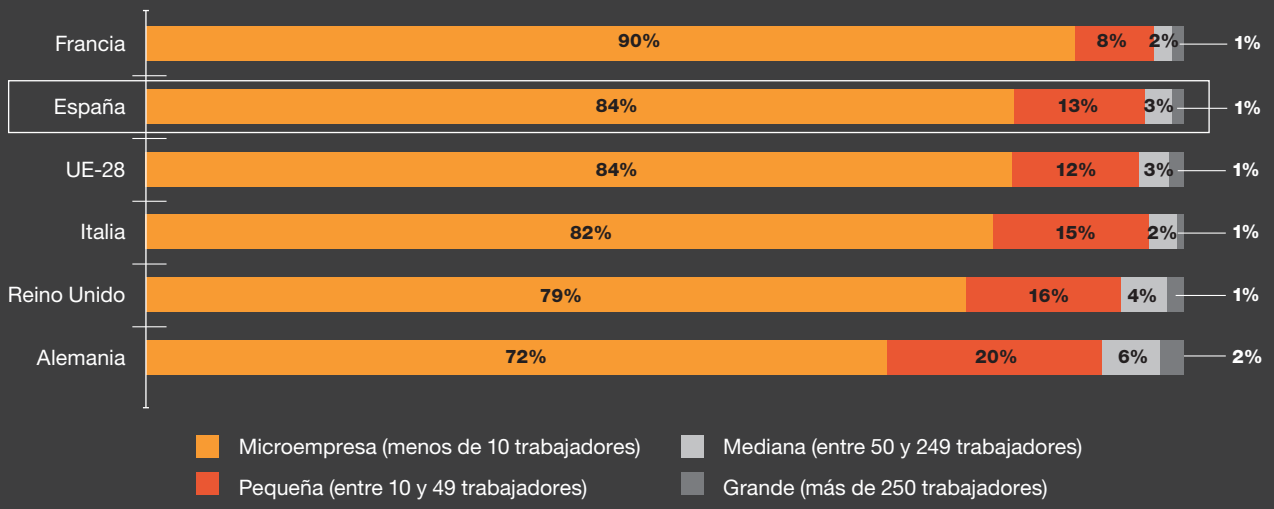
Como señalábamos en la sección 2.2.3, para poder conseguir una "España 5.0" es necesario un cambio de modelo de negocio para volverse más colaborativo, flexible e innovador y que pueda adaptarse fácilmente a los rápidos cambios que provoca el desarrollo de la tecnología.

La falta de consolidación de un verdadero ecosistema de innovación en España tiene que ver con las condiciones o el sustrato necesario para su desarrollo. Primero de todo, para que se pueda producir la innovación en el sector industrial debe existir un tejido productivo fuerte y consolidado. En este sentido, en la figura 17 de la sección 3.1 ya vimos como el peso de la industria en la economía española es bajo si lo comparamos con nuestros vecinos europeos más importantes. Esto dificulta que en torno a la industria se puedan crear *hubs* de innovación tecnológica formados por pymes, centros tecnológicos y *startups*.

Por otro lado, la aplicación de las innovaciones tecnológicas requiere de cierta escalabilidad para que la inversión obtenga un retorno razonable en el medio plazo. La estructura empresarial de la industria en España está muy atomizada, con un 84% de microempresas (menos de diez empleados). Si comparamos los datos con los de Alemania, la diferencia es notable, con un 8% de empresas de más de 50 trabajadores en la industria, frente al 4% de España.

Figura 52.

Distribución de las empresas del sector industrial[54] por tamaño (porcentaje, 2018)



Fuente: Eurostat.

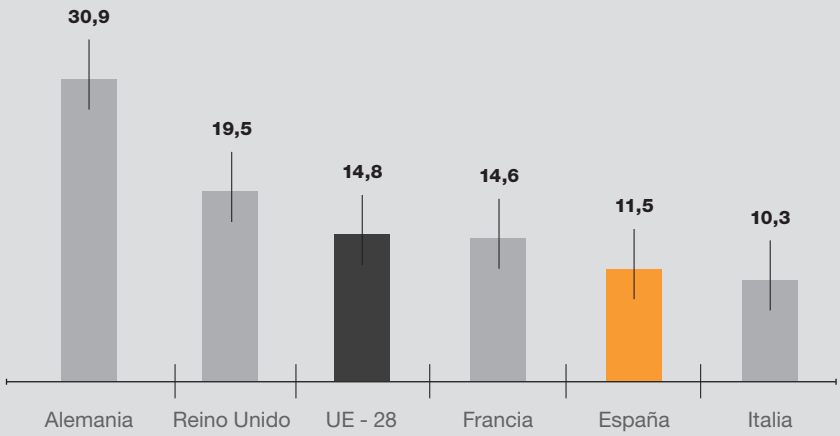
[54] Incluye industria manufacturera e industrias extractivas, suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, suministro de agua, actividades de saneamiento y gestión de residuos y descontaminación.



Las principales diferencias con los países de nuestro entorno en términos de dimensión empresarial de la industria las encontramos cuando comparamos el tamaño medio de las empresas, es decir, el cociente entre el número de empleados y empresas, de forma que España se sitúa más próxima al ámbito de la microempresa junto con Italia, y lejos del resto de grandes países europeos. Nuevamente Alemania se aleja del resto, con un tamaño medio empresarial por encima de los 30 trabajadores.

Figura 53.

Tamaño medio de las empresas del sector industrial[55] (número medio de empleados, 2018)



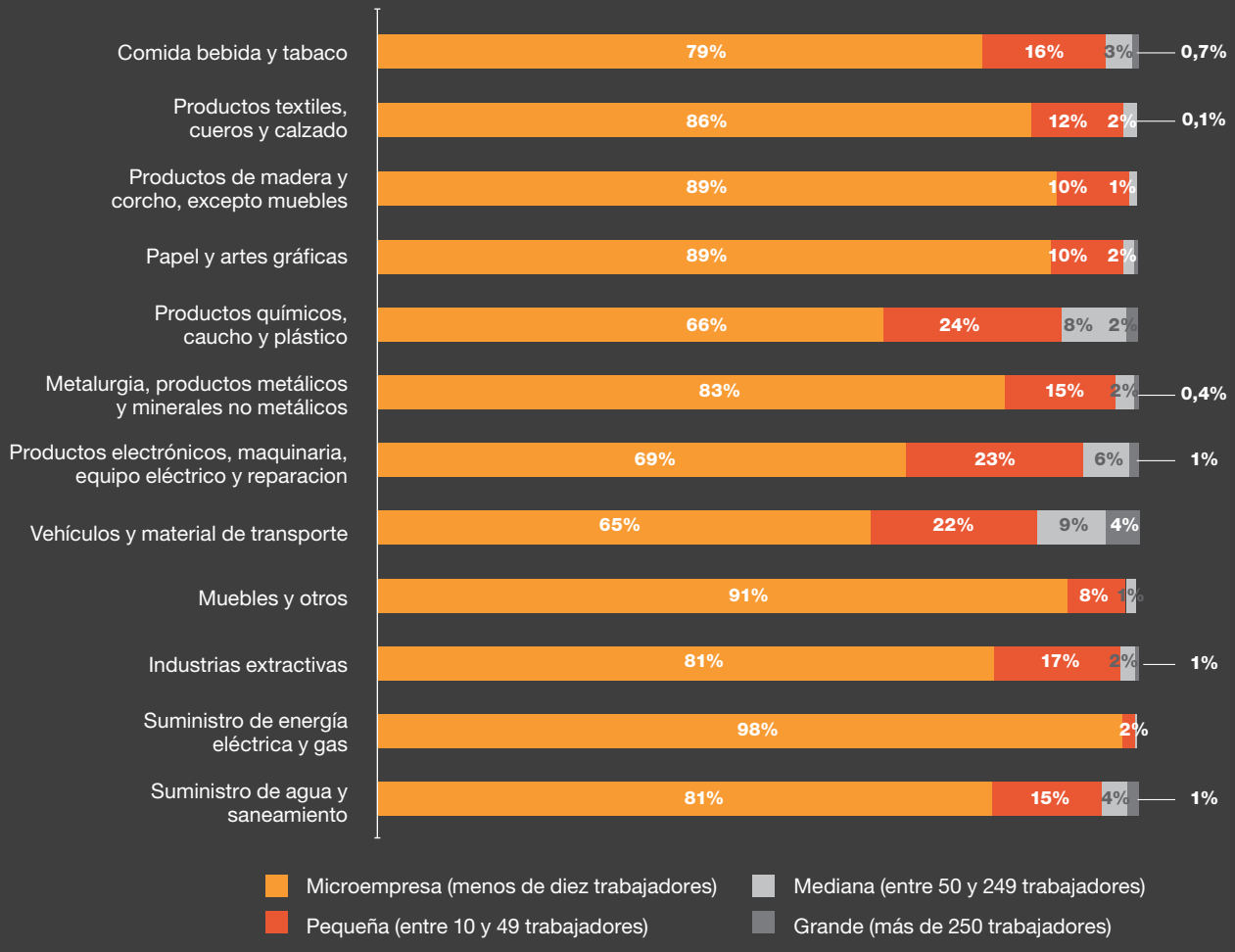
Fuente: Eurostat.

[55] Ibid.

Por sectores, si bien en todos ellos predomina mayoritariamente la pequeña empresa, las empresas de tamaño mediano y grande son más habituales en sectores y ramas más dinámicas y de contenido tecnológico medio-alto como la automoción, la industria química o la industria de maquinaria y bienes de equipo.

Figura 54.

Distribución de las empresas por sector industrial[56] y tamaño (porcentaje, 2018)



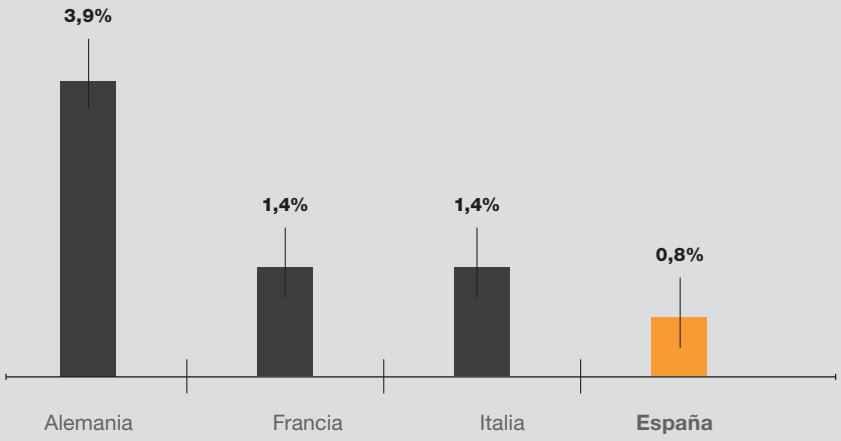
Fuente: INE.

[56] Ibid.

Por lo que respecta a la I+D+i, en nuestro país buena parte del gasto realizado por las empresas en este ámbito es atribuible al sector industrial. Más concretamente, en 2019 el gasto en I+D+i de la industria supuso el 46,5% del total. A pesar de su importancia, el gasto en I+D+i realizado por la industria española es bajo en comparación con el dedicado en otros países de nuestro entorno. Midiendo el gasto en I+D+i de la industria como porcentaje del PIB, España dedica un 0,8%, casi la mitad que Francia o Italia y cuatro veces menos que Alemania.

Figura 55.

Gasto en I+D+i[57] de la industria en los principales países europeos (porcentaje sobre el PIB, 2018)



Fuente: Eurostat.

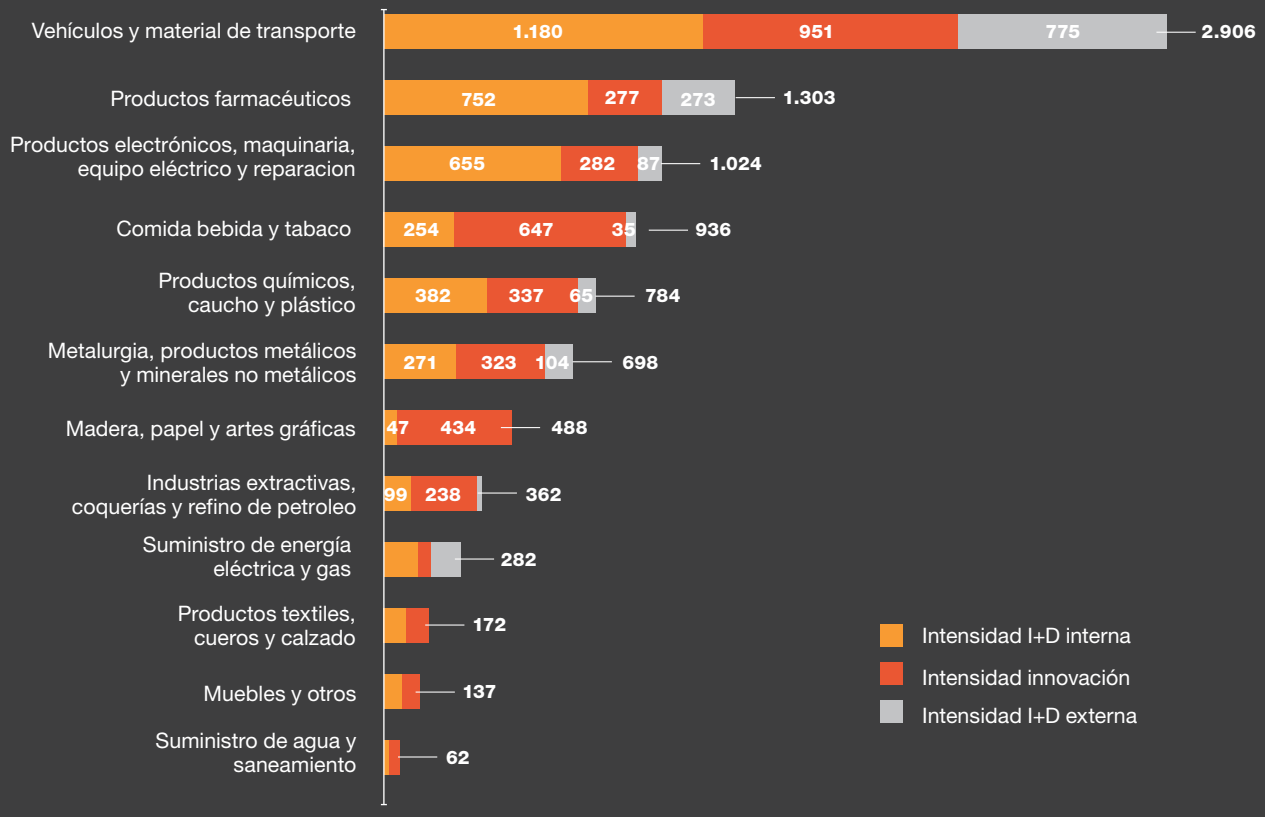
Dentro de la industria también hay diferencias significativas en términos de gasto en I+D+i por rama de actividad industrial, destacando especialmente el sector de la automoción, la industria farmacéutica, la industria de maquinaria y bienes de equipo y la industria alimentaria, que entre los cuatro representan casi el 70% del gasto en I+D+i del sector industrial.

[57] Incluye el gasto en I+D+I interna, externa e innovación.



Figura 56.

Gasto en I+D+i de las empresas del sector industrial (M€, 2018)



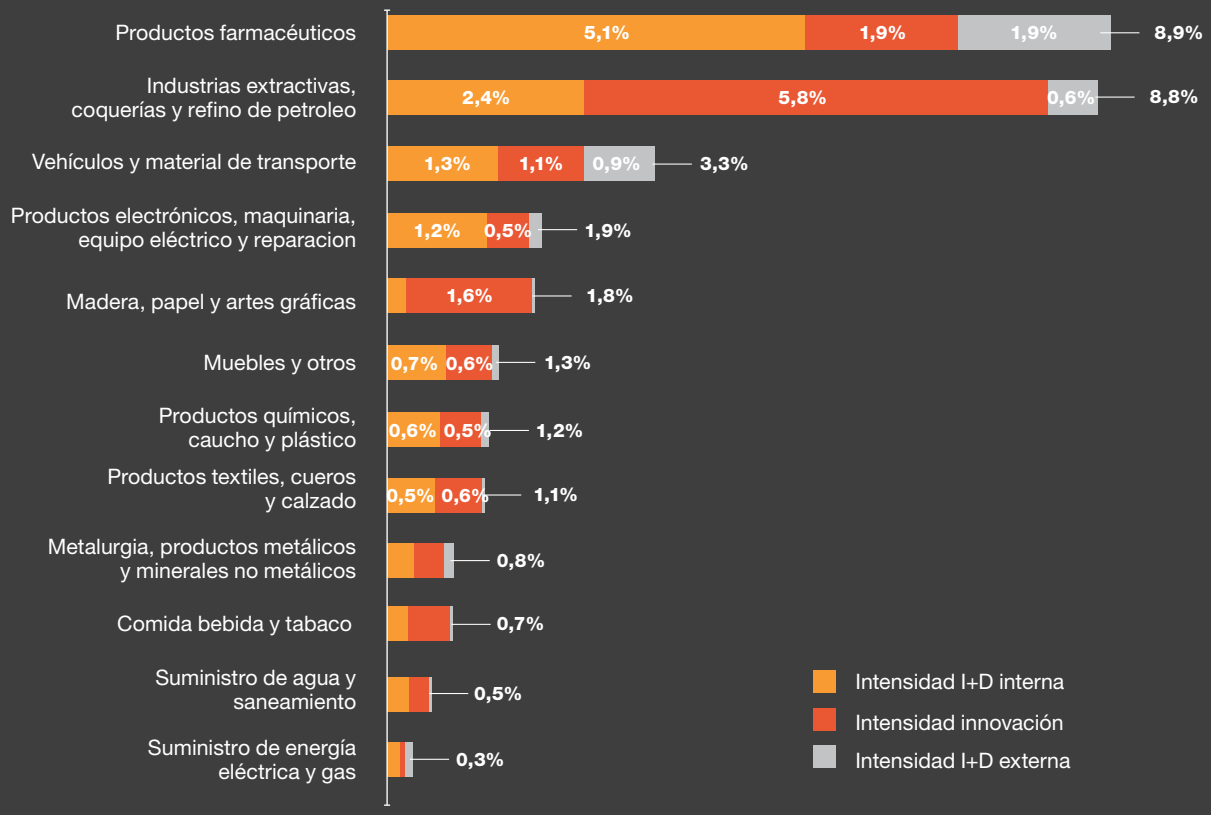
Fuente: INE.



No obstante, es importante considerar no solo el gasto en I+D+i que realiza cada rama de actividad, sino también su esfuerzo relativo, medido como el gasto dedicado sobre su volumen de facturación. De este modo, en términos de esfuerzo hay algunos cambios en los sectores más destacados, siendo en este caso la industria farmacéutica la que más esfuerzo dedica a la I+D+i, seguida de las industrias extractivas y de refino de petróleo y el sector de la automoción.

Figura 57.

Esfuerzo en I+D+i de las empresas del sector industrial (porcentaje sobre facturación, 2018)

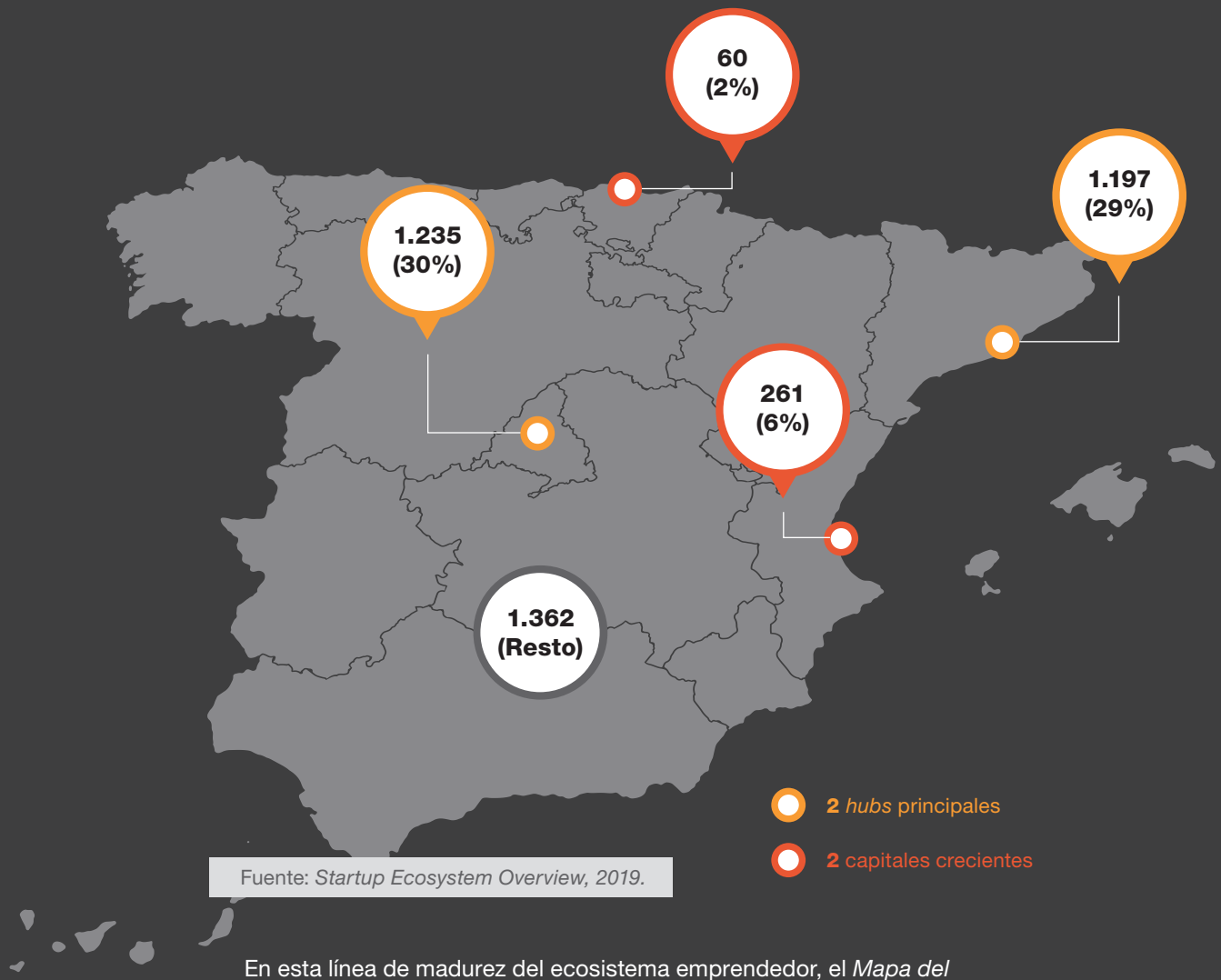


Fuente: INE.

Otro elemento importante del ecosistema innovador es el papel que juega el emprendimiento y las *startups.* En este sentido, España ha crecido de forma significativa en los últimos años con más de 4.000 *startups* en la actualidad, y las ciudades de Madrid y Barcelona consolidadas como dos importantes *hubs* de emprendimiento e innovación, ocupando los puestos 5º y 6º del ranking europeo[58] por número de *startups*, tras Londres, París, Berlín y Ámsterdam, y por delante de Estocolmo, Dublín, Helsinki y Copenhague.

Figura 58.

Principales *hubs* en número de *startups* en España (2018)



Fuente: *Startup Ecosystem Overview, 2019.*

En esta línea de madurez del ecosistema emprendedor, el *Mapa del Emprendimiento 2020 de Spain Startup* destaca que las compañías ya suman una media de 2,5 años de vida y que crece el porcentaje de las llamadas *scale-ups*, esto es, empresas que ya han consolidado su modelo de negocio y se encuentran en fases avanzadas de desarrollo.

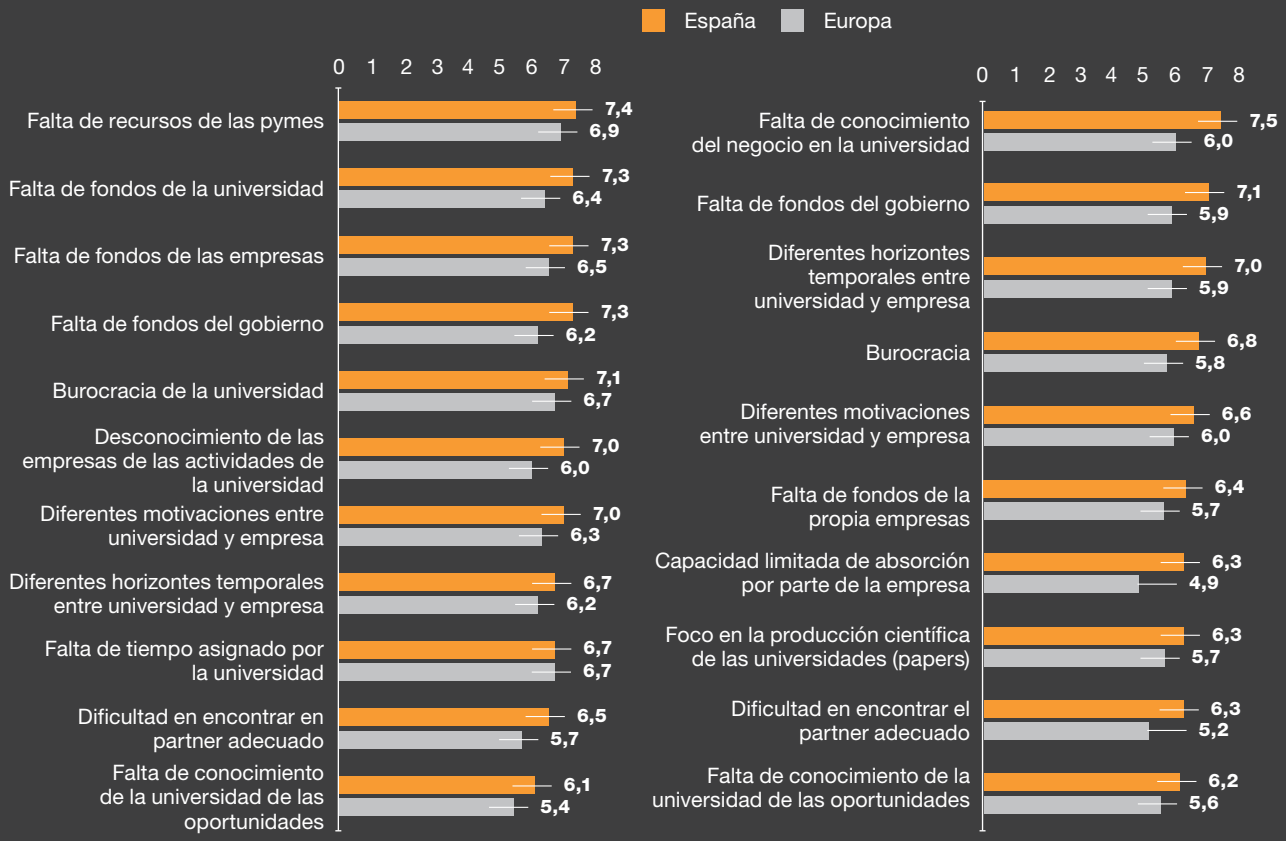
[58] *Startup Ecosystem Overview, 2019.*



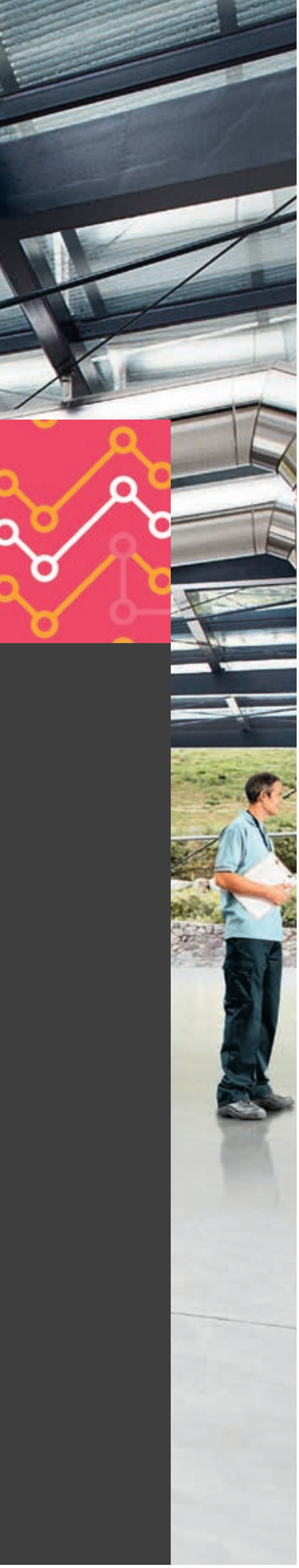
Otro agente relevante del ecosistema innovador son las universidades y centros de conocimiento. Las barreras a la cooperación entre empresas y universidades son mayores en España que en otros países europeos, de acuerdo con el informe *State of University Business Cooperation* de la Comisión Europea.

Figura 59.

¿Qué está impidiendo la colaboración entre empresas y universidades? (puntuación media, de 0 a 10)



Fuente: Comisión Europea (2017). *State of University Business Cooperation*, Spain.



Las principales barreras señaladas en las encuestas son: la actual situación financiera; la limitada capacidad de la estructura empresarial (dominada por pymes) para participar en proyectos y actividades; y la falta de recursos financieros en las empresas que provocan que la cooperación con la universidad tenga una prioridad muy pequeña para las empresas. La conclusión del informe respecto a este punto es que para mejorar esta cooperación empresa-universidad en España es necesario un mayor acercamiento entre investigadores y empresas que permitan construir relaciones personales.

Los mecanismos de apoyo a la colaboración se consideran insuficientemente desarrollados en España. En este aspecto es donde existe una mayor desconexión de las percepciones entre investigadores y gestores: los primeros consideran que las estrategias para la UBC, especialmente su puesta en práctica, se encuentran entre las menos desarrolladas en Europa (evaluada en la cuarta posición empezando por la cola), mientras que los gestores la evalúan como las más desarrolladas de Europa.

Continuando con el rol que desempeñan las universidades en el ecosistema innovador, también son especialmente relevantes las incubadoras de empresas de base tecnológica (*spin-off*) que se generan al amparo de universidades y escuelas de negocios. De las 215 incubadoras que hay en España activas en la actualidad, unas 23 son de carácter universitario, por lo que suponen en torno al 10% del total, jugando un papel esencial en el desarrollo de la innovación y del emprendimiento empresarial[59].

A través de estas incubadoras, las universidades españolas pueden trasladar al mercado los resultados de las investigaciones realizadas por sus departamentos e introducir a sus titulados en el mercado laboral. Por otro lado, las escuelas de negocios emplean estas herramientas para impulsar la vocación empresarial de sus alumnos y construir una red de contactos con el ecosistema emprendedor.

A pesar de la buena acogida de estas figuras, España no figura entre los principales países en términos de incubadoras y aceleradoras del ránking *UBI Global World Rankings of Business Incubators and Accelerators 2019-2020*, y según el cual las incubadoras universitarias más destacadas se encuentran en países como Suecia, Canadá, Reino Unido, Países Bajos o Italia.

Por otro lado, otros mecanismos de colaboración con universidades menos desarrollados en nuestro país son las redes de exalumnos (*alumni*), los profesionales del mundo de la empresa y la industria en las áreas de transferencia de conocimiento o la presencia de académicos en los consejos de administración de las empresas, entre otros.

[59] Entre las principales incubadoras en España según el número de propuestas recibidas, el número de emprendedoras y el grado de éxito de los proyectos destacan *EsadeCreápolis* (ESADE), *Actúaupm* (Universidad Politécnica de Madrid), *DeustoKabi* (Deusto) o *Innovation Factory* (Universidad de Navarra), entre otras.

3.4. Capital humano y habilidades digitales

La economía digital requiere de perfiles cualificados y especializados en las llamadas habilidades STEM. Un 82% de las empresas españolas considera importante o muy importante el conocimiento de nuevas tecnologías, que se clasifican como *hard skills*[60].

En 2019, un 40% de las ofertas del empleo ofertado para titulados universitarios requerían de estudios en ingeniería o ciencias, y casi un 30% de las ofertas para titulados en FP, medio o superior, requerían conocimientos en electrónica, informática y mecánica, tal y como muestra la figura 60 y la figura 61.

Figura 60.

Distribución de la oferta de empleo para titulados universitarios en España

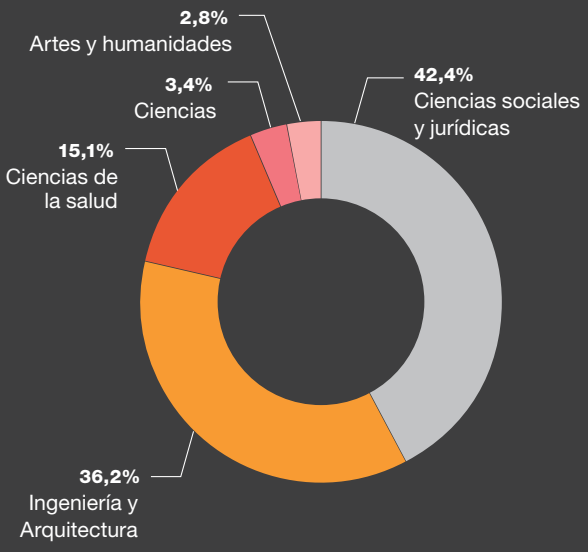
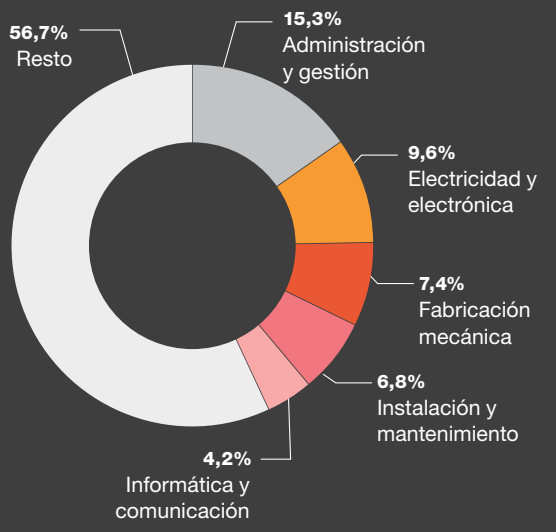


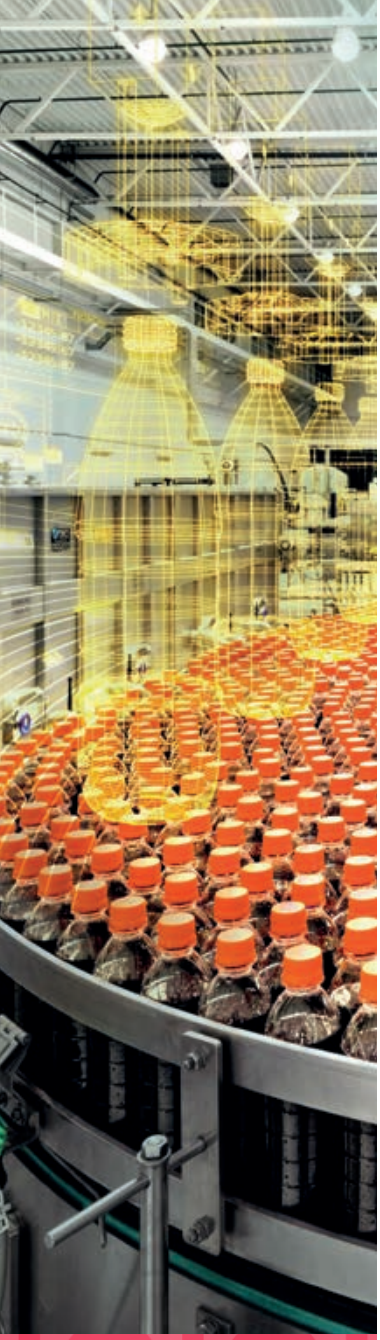
Figura 61.

Distribución de la oferta de empleo para titulados de FP



Fuente: *Informe Infoempleo*. Adecco, 2019.

[60] *Informe Infoempleo*. Adecco, 2019.



Por otro lado, entre las posiciones más solicitadas en España, se situó en primera posición el de jefe de proyectos IT (5,4% del total de puestos intermedios), seguido del de jefe de producción (4,3%). En cuanto a los puestos de carácter técnico, el primero fue el de programador, con un 5,6%[61]. Estos datos reflejan el interés en el mercado laboral por los perfiles STEM, tanto para la industria como para el sector TIC.

A pesar de este interés por este tipo de perfiles, en muchos casos las empresas no consiguen cubrir algunas plazas, o tardán demasiado en hacerlo. En 2019, más de un 80% de las empresas españolas reconocieron tener dificultades para cubrir determiandas vacantes de empleo[62]. Entre las diez áreas funcionales con mayor escasez de talento, diez están relacionadas, de una forma u otra, con las habilidades STEM, siendo la primera la tecnología de la información y las telecomunicaciones, con la ingeniería y el *big data* en la tercera y quinta posición, respectivamente.

Figura 62.

Áreas funcionales con mayor escasez de talento en España

TIC	30,04%
Comercial y ventas	28,27%
Ingeniería y producción	18,37%
Atención al cliente	12,72%
Inteligencia de negocio y *big data*	12,01%
Marketing, comunicación y contenidos	8,83%
Administración general	8,83%
Calidad, I+D, PRL y medio ambiente	7,42%
Gerencia	5,65%
Legal	5,3%

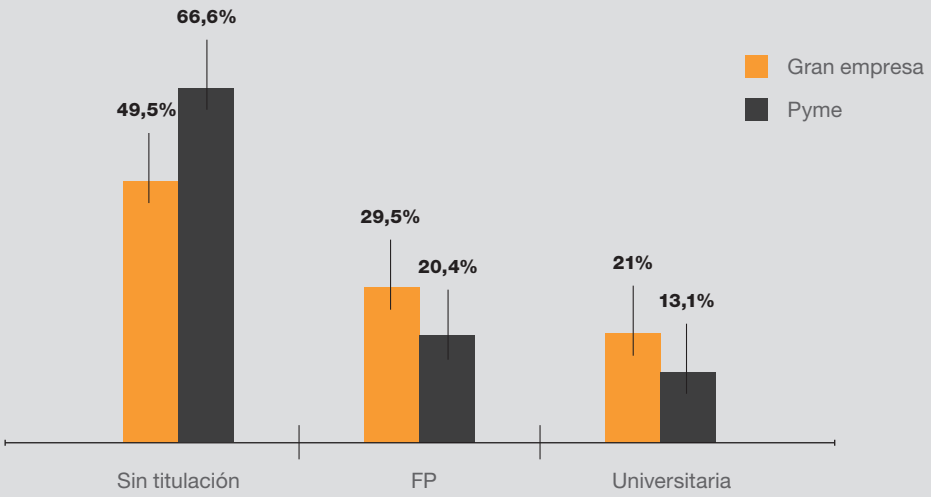
Fuente: *Informe Infoempleo*. Adecco, 2019.

[61] Ibid.
[62] Ibid.

De acuerdo con el estudio *La Formación Profesional en la empresa industrial española* elaborado por Fundación Bankia por la Formación Dual y la Fundación SEPI con los últimos datos de la *Encuesta sobre Estrategias Empresariales* (ESEE)[63], todavía un porcentaje muy importante de empleados industriales no cuentan con titulación académica (66,3%), mientras que un 21,9% son titulados en Formación Profesional y un 14,5% tienen formación universitaria. Asimismo, también se observa que a medida que aumenta la dimensión empresarial también lo hace el nivel formativo de sus empleados.

Figura 63.

Evolución del número de ciberincidentes gestionados por el INCIBE



Fuente: Fundación Bankia para la Formación Dual y Formación SEPI, 2019. Elaborado a partir de la ESEE con datos de 2016.

Otra de las conclusiones más relevantes de este estudio es que la distribución de los perfiles formativos es desigual entre empresas y sectores productivos. Por ejemplo, las empresas que contratan trabajadores con formación profesional se encuentran mayoritariamente en la industria de la automoción, química, farmacéutica, metalurgia y de bienes de equipo, concentrando más del 90% de empleados con FP de la industria.

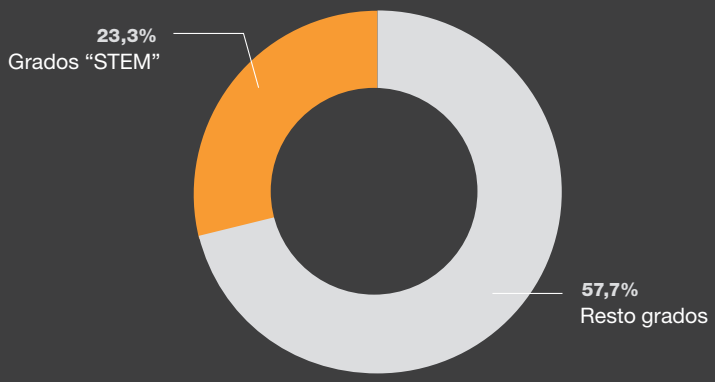
[63] La *Encuesta sobre Estrategias Empresariales* (ESEE) de la Fundación SEPI está orientada a caracterizar el comportamiento estratégico de las empresas industriales manufactureras españolas. La población de referencia son las empresas con diez o más trabajadores de la industria manufacturera (divisiones 10 a 32 de la CNAE-2009), excluyendo las actividades industriales relacionadas con el refino de petróleo y el tratamiento de combustibles. Su última edición es de 2016.

A pesar de la creciente demanda de profesionales con perfiles STEM, en nuestro país todavía nos encontramos con un bajo porcentaje de estudiantes en este tipo de disciplinas, lo que dificulta que las empresas puedan encontrar candidatos con formación en estas materias. De acuerdo con DigitalES, se estima que hay aproximadamente 10.000 vacantes en el sector tecnológico en España por falta de cualificación en estas disciplinas.

El número de matriculados en grados en carreras STEM en el curso 2019-2019 fue de algo más de 300.000 estudiantes, una cifra que representa menos del 25% del total de alumnos de grado matriculados durante ese curso. Disciplinas concretas como ingeniería o arquitectura supusieron un 12,8% del total de alumnos matriculados, en las que, además, la tasa de ocupación - el porcentaje de plazas ofertadas cubiertas-, se situó en el 82,2% durante ese curso, lo que indica que no se llegaron a cubrir todas las plazas vacantes.

Figura 64.

Alumnos matriculados en grados STEM en el curso 2018-2019



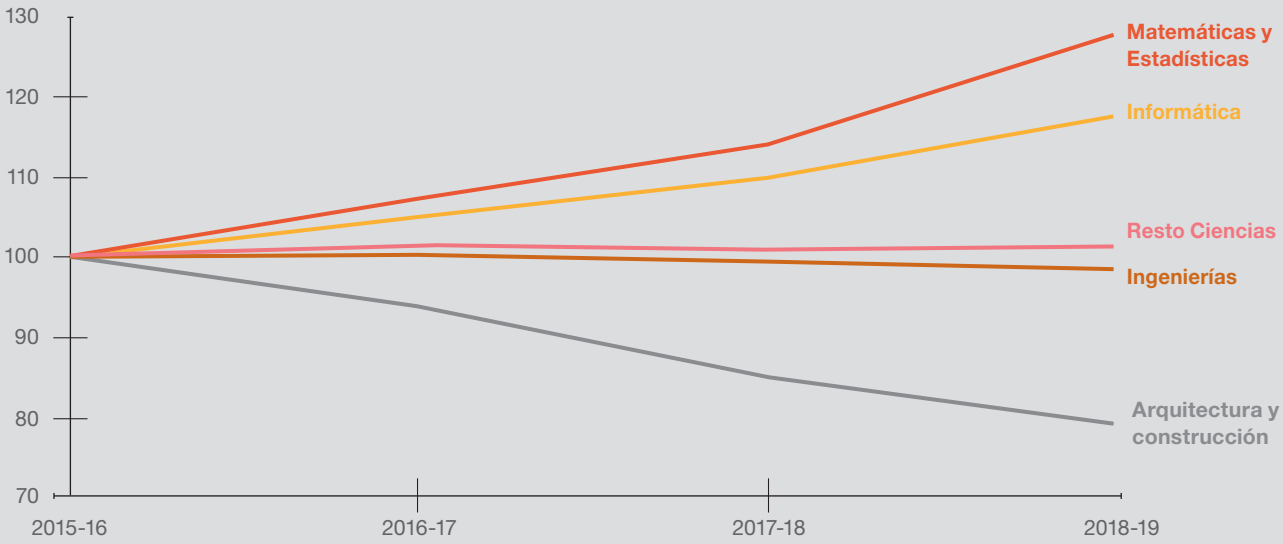
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Universidades.



Junto al bajo interés mostrado por los estudiantes en estas carreras, hay que añadir que cada vez son menos los interesados en cursar este tipo de carreras. Así, por ejemplo, los matriculados en ingenierías descendieron casi un 2% en los últimos cuatro años, y en arquitectura y construcción un 21%. Por el contrario, los matriculados en informática crecieron un 17,5%, y en matemáticas y estadística casi un 30%.

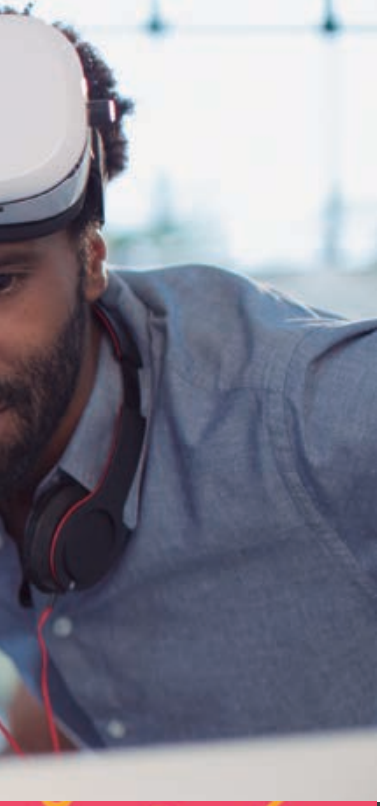
Figura 65.

Evolución de los matriculados de grado en carreras STEM en las universidades españolas



Nota: Año base: Curso 2015-2016=100.

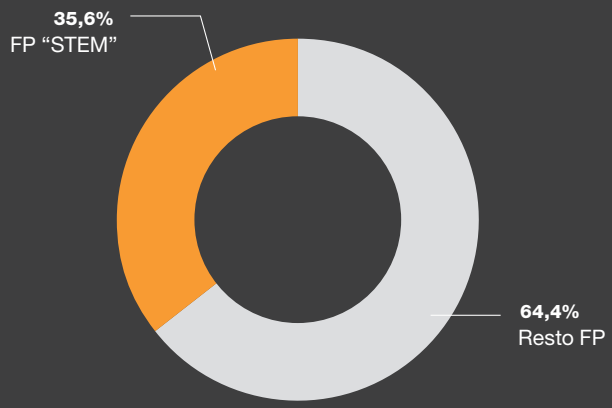
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Universidades.



Por lo que respecta a la formación profesional, la situación es similar, ya que el número de matriculados en ciclos formativos considerados de naturaleza STEM en el curso 2018-2019 fue de 298.353 alumnos, lo que supone el 36% del total de alumnos matriculados en ciclos de formación profesional. Aunque en general la evolución de los matriculados en estas familias se ha incrementado a lo largo de los últimos años, este incremento ha sido inferior al del total de la FP, lo que se ha traducido en una progresiva pérdida de peso de las familias STEM en la formación profesional.

Figura 66.

Alumnos matriculados en ramas de FP STEM en el curso 2018-2019



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Por otra parte, la ausencia de perfiles STEM es incluso más grave en el caso de las mujeres, por lo que se habla ya de la existencia de brecha de género en las disciplinas y profesiones STEM debido a la infrarrepresentación de las mujeres en estos ámbitos.

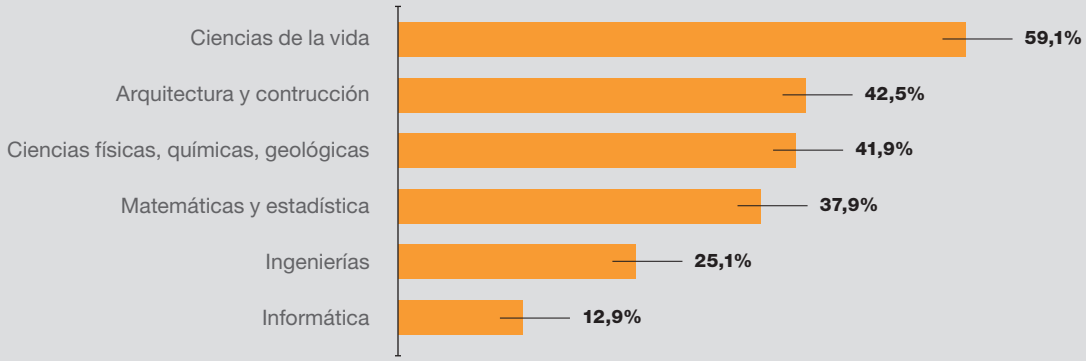
Esta infrarrepresentación, además, es doble. Por un lado, respecto a los hombres que cursan y se matriculan en familias STEM y, por otro, respecto al resto de mujeres que cursan grados universitarios y ciclos de formación profesional.



En el ámbito universitario, durante el curso 2018-2019 aproximadamente tres de cada diez estudiantes matriculados en grados STEM fueron mujeres, una cifra especialmente baja si se compara con otras ramas de enseñanza como ciencias de la salud y servicios sociales, donde siete de cada diez fueron mujeres[64]. Por disciplinas concretas, el porcentaje es especialmente bajo en las ingenierías o en informática.

Figura 67.

Porcentaje de mujeres matriculadas en grados STEM (curso académico 2018-2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Universidades.

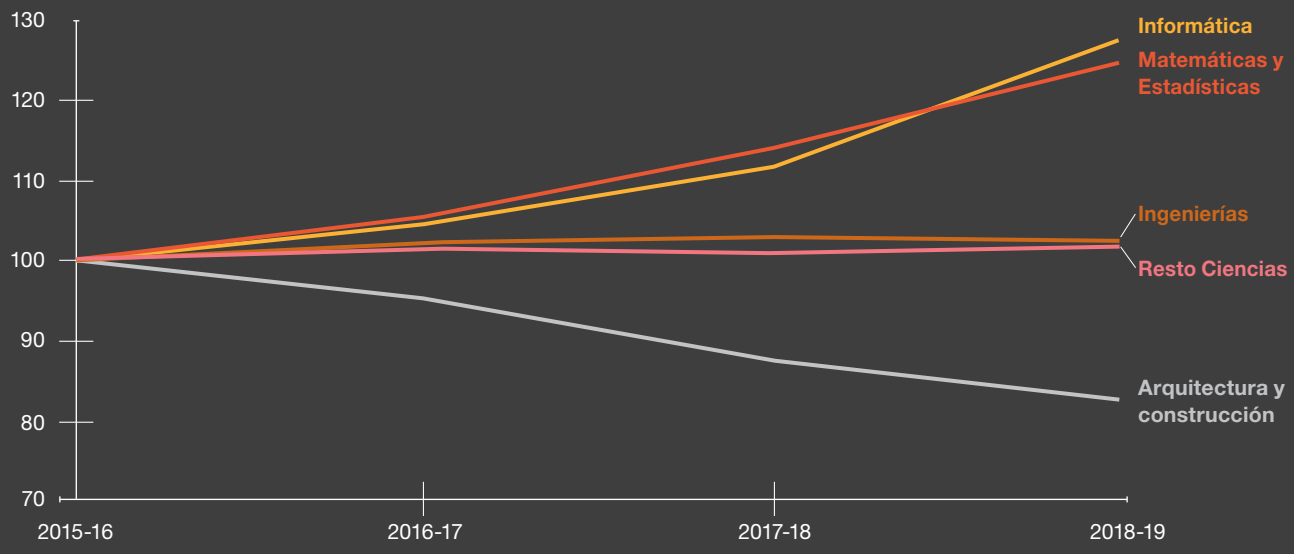
[64] Ministerio de Universidades.



No obstante, hay que destacar que la evolución del número de alumnas que se matriculan en estas carreras se ha incrementado en todas las disciplinas, a excepción de arquitectura y construcción, tal y como refleja la figura 68. Así, el número de alumnas matriculadas en informática creció un 28%, y en matemáticas y estadística un 24% en los últimos cuatro años. Por lo tanto, si bien estos porcentajes de mujeres matriculadas en estas disciplinas son bajos, la tendencia es positiva y sugiere una participación creciente de las mujeres en muchas de ellas.

Figura 68.

Evolución de mujeres matriculadas de grado en carreras STEM en las universidades españolas



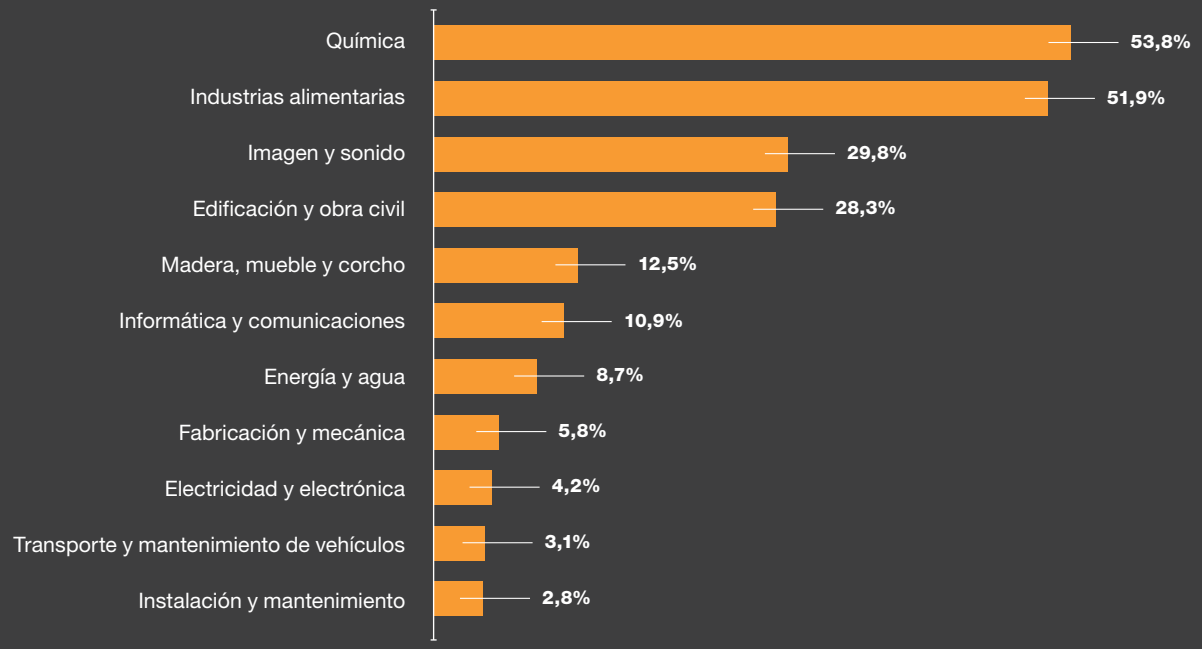
Nota: Año base: Curso 2015-2016=100.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Universidades.

La infrarrepresentación de las mujeres en las disciplinas STEM se agrava en el caso de la formación profesional, con una proporción de mujeres matriculadas en los ciclos formativos de estas disciplinas que apenas supera el 11%. Por ramas profesionales concretas, la brecha es especialmente significativa en el caso de instalación y mantenimiento, transporte, electricidad y electrónica o fabricación mecánica, donde representan menos del 6% del alumnado matriculado.

Figura 69.

Porcentaje de mujeres matriculadas en ciclos STEM (curso académico 2018-2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Esta infrarrepresentación de las mujeres en estas disciplinas se traduce, a su vez, en una baja participación femenina en términos de ocupación en el sector industrial. Así, en 2019 solamente el 26,8% de los puestos de trabajo en la industria estuvieron ocupados por mujeres, un porcentaje que es incluso inferior al 20% en determinadas ramas industriales como la metalurgia o la industria de maquinaria y bienes de equipo. Por otro lado, y relacionado con las diferencias en la orientación profesional entre hombres y mujeres, las categorías profesionales que cuentan con una mayor presencia femenina en el sector son las relacionadas con administración y contabilidad (más de un 60% de los puestos de trabajo los ocupan las mujeres) o con ventas y servicios personales (casi el 50%).



Según diversos estudios, la falta de vocación de los estudiantes en estos ámbitos puede tener su origen en la falta de una base formativa sólida en materias relacionadas con estas disciplinas en etapas de educativas previas o la percepción de una mayor dificultad académica. En el caso de las mujeres, donde esto es especialmente dramático, hay que añadir, además, la falta de referentes femeninos en estas disciplinas o la existencia de estereotipos y expectativas sociales que condicionan sus decisiones y hacen que estas disciplinas se perciban como menos atractivas en relación con otras.

La brecha también se puede observar en el porcentaje de mujeres en consejos de administración en empresas del Ibex 35, publicado anualmente por la CNMV: únicamente el 27,5% eran consejeras en 2019. Aunque el dato ha mejorado respecto a 2018 (23,9%), todavía no alcanza el objetivo del 30% establecido en el Código de buen gobierno. La brecha de género, en todas sus dimensiones, supone un lastre para el crecimiento de la economía mundial: la OCDE estima que el coste que supone la discriminación se sitúa en torno al 16% del PIB mundial, por lo que aumentos de la paridad lograrían importantes ganancias de productividad.

La modalidad de formación profesional es especialmente relevante en la actividad industrial y de las infraestructuras, ya que no solo actúa como un importante proveedor de capital humano de formación técnica, sino también como un proveedor potencial de innovación aplicada al ámbito empresarial y de colaboración entre agentes, gracias a su capilaridad y proximidad con el tejido industrial.

En general, la oferta de formación profesional en nuestro país es amplia y está implantada en todas las comunidades autónomas. No obstante, hay especialidades relacionadas con algunas industrias, como es el caso de las vinculadas a la industria de fabricación de maquinaria, cuya oferta es más reducida y están más concentradas en algunos territorios, especialmente en zonas donde estas industrias tienen un mayor peso, lo que permite a su vez crear economías de escala y una mayor conexión con el entorno empresarial. Esta mayor especialización la encontramos en territorios más industriales (Cataluña, Navarra, País Vasco, etc.) con una importante presencia de sectores como la automoción, la aeronáutica o la fabricación de bienes de equipo[65].

Por otro lado, también cobra una importancia especialmente significativa la llamada Formación Dual, un modelo formativo inspirado en el modelo alemán y que consiste en la alternancia entre la formación en un centro formativo -que puede ser una universidad o un centro de formación profesional- y en un lugar de trabajo. De esta forma, permite combinar los conocimientos adquiridos de forma reglada con formación práctica en la empresa, dotando al trabajador de conocimientos y habilidades directamente vinculadas a las necesidades reales de su puesto de trabajo.

En España, aunque este modelo formativo está implantado desde 2012 en el ámbito de la formación profesional, todavía no está implantada en todos los territorios y, en general, todavía presenta unos niveles de utilización bajos, por lo que hay un importante recorrido de mejora. Según los últimos datos publicados por el Ministerio de Educación y Formación Profesional, la proporción de alumnos en la modalidad dual respecto al total de alumnos matriculados en ciclos de

[65] SEPE (2016). *Estudio prospectivo del Sector de Bienes de Equipo en España*; Fundación Bankia para la Formación Dual y Formación SEPI (2019).



Formación Dual en el País Vasco

El sistema de FP Dual del País Vasco es conocido como un caso de éxito a nivel europeo, y un ejemplo de colaboración entre instituciones públicas, centros de formación y empresas. Así, en esta modalidad participan anualmente alrededor de 2.000 alumnos -casi un 20% del total de estudiantes de FP- y más de 1.000 empresas de la región, con una empleabilidad del alumnado tras la formación de casi el 100%.

En este sentido, hay que destacar que, de acuerdo con la patronal vasca (Confebask), el tejido industrial en el País Vasco demanda unos 30.000 empleos anuales, de los que el 50% son de FP y, de ellos, el 70% están vinculados a la industria, en especialidades como Fabricación Mecánica, Electricidad, Electrónica, Instalación y Mantenimientos e Informática.

Más aún, en el País Vasco se ha extendido este modelo a las tres universidades, la pública UPV (Universidad del País Vasco), Mondragon Unibertsitatea, y Deusto, que han actualizado su oferta para extender en las licenciaturas y títulos de máster el concepto de formación dual en alternancia.



formación profesional en el curso 2017-2018 solo llegaba al 3,1%. Esto nos sitúa lejos de los niveles de formación profesional dual practicada en Alemania, Austria, Dinamarca o Suiza, países en los que según la Organización Internacional del Trabajo este método formativo ha ayudado a rebajar los niveles de desempleo y a dotar a la población joven de aptitudes y habilidades necesarias para el mercado laboral.

Como consecuencia de la evolución tecnológica del sector y la incorporación de nuevas tecnologías a los procesos de producción, se empiezan a detectar disparidades entre las habilidades actuales de las personas que, o se están formando o están desempeñando un trabajo, y las necesarias para abordar las tareas que imponen las innovaciones vinculadas a la Industria 5.0. Esta situación se refleja en el *Skill Index* elaborado por la Unión Europea, según el cual hay un desajuste de un 33% de las capacidades y competencias profesionales en el contexto español[66].

Esto exige no solo una actualización constante de los contenidos de los planes formativos para adaptarse a las necesidades y a la realidad de las empresas, con esquemas muy focalizados al aprendizaje en el lugar de trabajo, sino también una capacitación en nuevas competencias profesionales –*upskilling*– o una recapacitación o actualización de las existentes –*reskilling*–.

La necesidad y los beneficios que supondría la recapacitación profesional también queda reflejada en el informe *Upskilling for Shared Prosperity del World Economic Forum*, según el cual España sería uno de los países más beneficiados de Europa occidental del *upskilling* de sus trabajadores, con unas ganancias potenciales en 2030 que equivaldrían al 6,7% del PIB y gracias a lo que se podrían generar 220.000 puestos de trabajo adicionales, el 1,2% del empleo total.

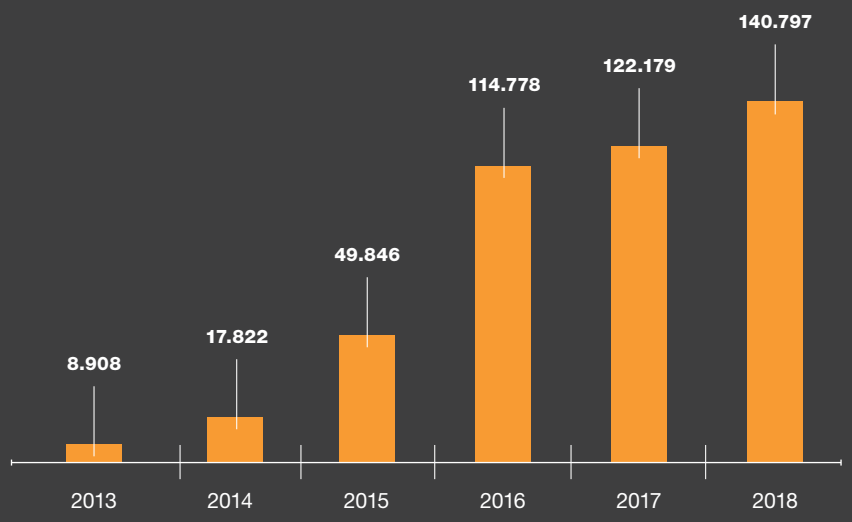
[66] Fundación Bankia por la Formación Dual y Formación SEPI (2019). *La Formación Profesional en la empresa industrial española.*

3.5. Ciberseguridad

De acuerdo con la información disponible del Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE), entre 2013 y 2018 el número de ciberincidentes en España creció de forma drástica, multiplicándose por quince en solo seis años, como se puede ver en la figura 70, por lo que la ciberseguridad se ha convertido en un riesgo real para las compañías, y no solo un evento de probabilidad remota para el que no compensa invertir para evitarlo o mitigar sus efectos.

Figura 70.

Evolución del número de ciberincidentes gestionados por el INCIBE



Fuente: Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE).

Entre las grandes empresas, existe una elevada conciencia del riesgo que entraña el mundo digital –sobre todo tras incidentes como el de *WannaCry* de 2018–, lo que se ha traducido en un refuerzo de sus departamentos técnicos, contratación de especialistas, formación de sus empleados y definición de estrategias y planes de acción en materia de ciberseguridad. A pesar de ello, todavía existe una visión de la ciberseguridad muy centrado en las tecnologías de la información, y por tanto circunscrito al área de IT, y no como un aspecto transversal común a toda la compañía, que afecta también a los departamentos de operación y, por tanto, su gestión, que es estratégica, debería estar más arriba, cercana a la dirección de la compañía.

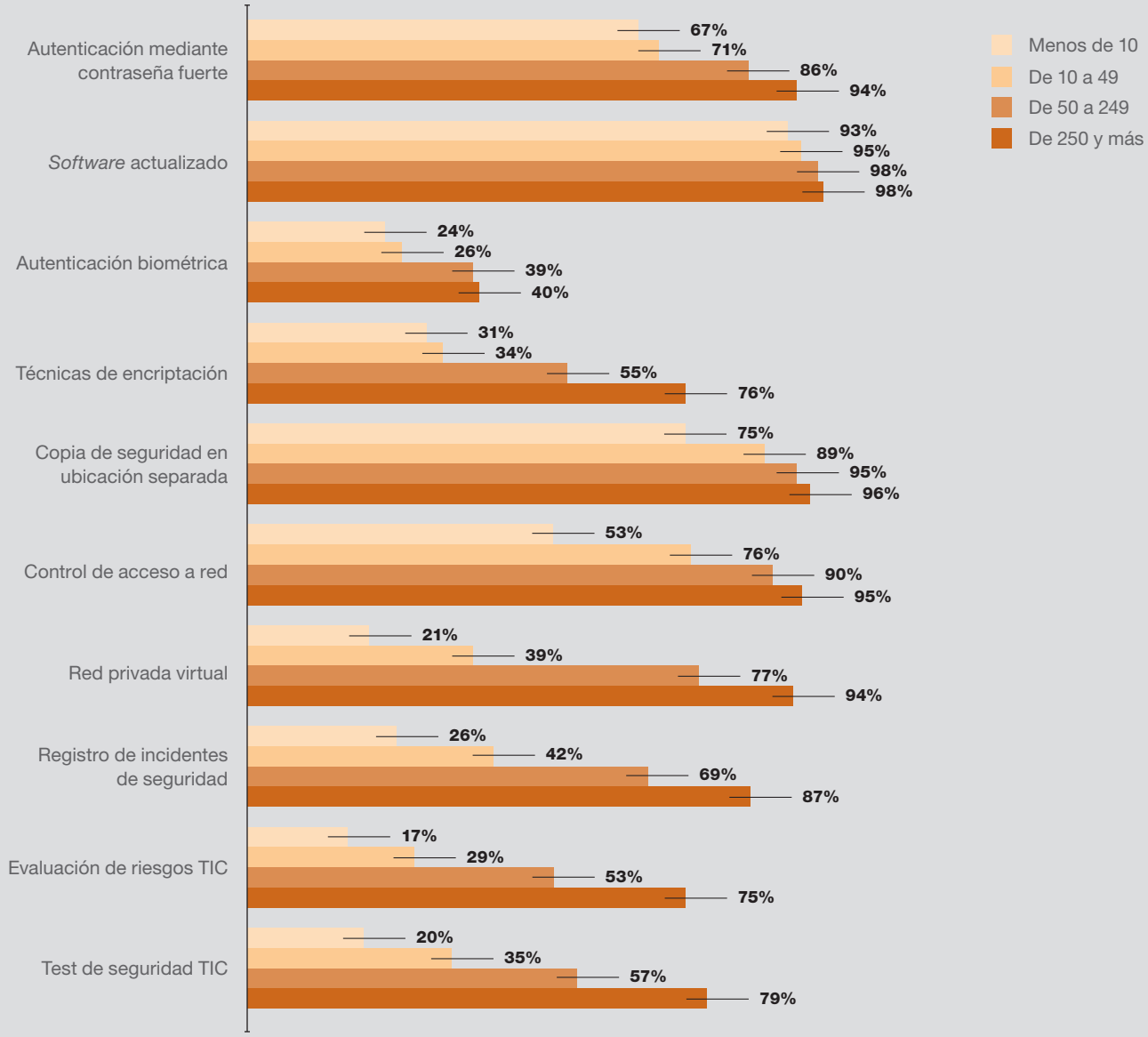
En el otro lado están las pymes que, por su tamaño, no se perciben a sí mismas como un objetivo atractivo para un ciberataque. Esta creencia es, sin duda, errónea: de los casi 141.000 ciberataques registrados por el INCIBE en 2018, más del 70% fueron dirigidos a pymes y usuarios particulares.

Este hecho, y junto a que disponen de menos medios y recursos que las grandes empresas, se traduce en una falta de protocolos de seguridad necesarios para protegerse de ciberataques y en una gestión poco preventiva de los mismos, lo que las convierte en el eslabón más vulnerable de la cadena y del tejido empresarial.

La figura 71 muestra el porcentaje de empresas españolas que tienen implantadas diferentes medidas y buenas prácticas de ciberseguridad, en función de su número empleados. Como puede observarse, a medida que aumenta el tamaño de la empresa, es mayor el grado de implementación de medidas de ciberseguridad. La diferencia entre pequeñas y grandes empresas es más grande cuanto más complejo es el sistema de seguridad: la encriptación, las redes privadas virtuales (VPN), los registros de incidencias y las evaluaciones y test de ciberseguridad son usadas por más del 70% de las empresas de 250 o más empleados, frente a las microempresas (menos de diez trabajadores), con menos de un 30% de implantación.

Figura 71.

Porcentaje de empresas con medidas de ciberseguridad, por número de trabajadores (1T 2020)



Fuente: INE.

Además de ser más vulnerables, las pymes también sufren peores consecuencias derivadas de los ataques. En torno a un 60% de las pymes que son víctimas de ciberataques desaparece a los seis meses del incidente, debido al alto coste en términos económicos que les supone el ataque[67].

En lo que a prevención de ciberataques se refiere, la mayor parte de los esfuerzos se han centrado tradicionalmente en las barreras tecnológicas a estos ataques. No obstante, con la digitalización, el teletrabajo y el aumento de los dispositivos conectados de los empleados, se ha aumentado exponencialmente el área de entrada de los ciberataques hasta hacerla inabarcable para la monitorización y el control centralizado desde los departamentos de IT.

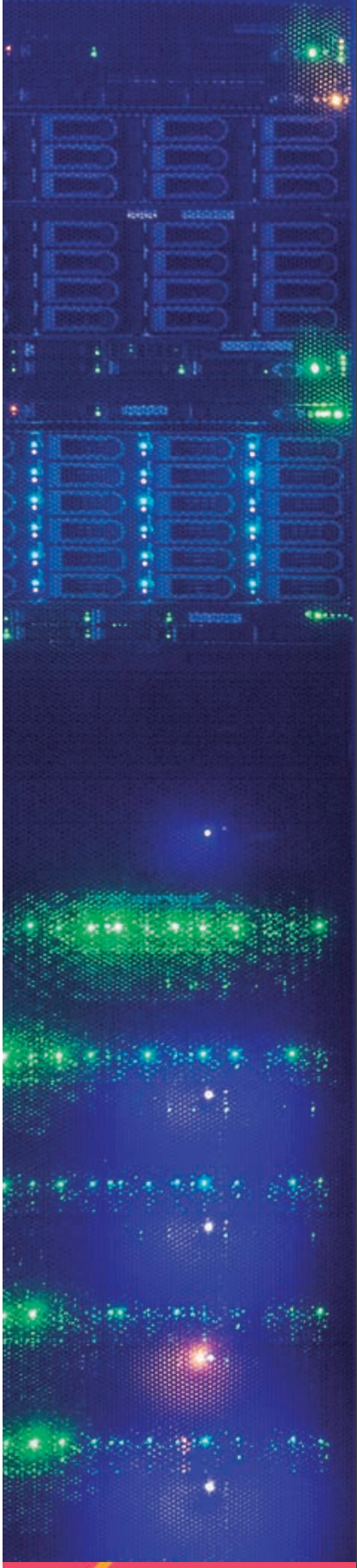
En este nuevo contexto de hiperconectividad, es necesario desarrollar una cultura de la ciberseguridad transversal a toda la empresa, en el que los individuos, a través de la formación, la concienciación y el uso consciente de la tecnología sean agentes activos de esta seguridad.

En este sentido, en España existe todavía poca madurez en la cultura de ciberseguridad de las compañías. Un 86% de las empresas considera que no existe o que debería mejorarse[68]. Todavía se percibe la ciberseguridad como un coste sin retorno económico, en lugar de una inversión estratégica de la compañía que puede evitar pérdidas y daños irreversibles.

Junto a la falta de cultura de la ciberseguridad, existe también una visión individualista y no colaborativa de la ciberseguridad, y desligada del resto de agentes que forman parte de la cadena de valor y del tejido empresarial. Sin embargo, en un entorno cada vez más conectado e interdependiente, las tecnologías y los protocolos aislados no van a poder proteger debidamente a las organizaciones.

Uno de los principales escollos para esta cooperación entre las empresas es la reticencia para compartir información sobre ataques recibidos o vulnerabilidades detectadas, ya que se trata en algunos casos de información estratégica y altamente sensible, especialmente cuando se trata de compartirla con competidores de la misma industria. Precisamente en esta línea apuntan las conclusiones del *Global Information Security Survey*[69], que advierte que las principales razones para no colaborar son el no querer atraer la atención sobre potenciales debilidades y la posibilidad de que algún competidor pueda usar la información contra la empresa que lo comunica. En este sentido, los organismos públicos como el INCIBE pueden jugar un importante rol de árbitro y agente agregador de la información con la debida confidencialidad.

Otro de los factores para garantizar la seguridad digital es la necesidad de especialistas en la materia. Además, son necesarios perfiles de todo tipo, no solo los más técnicos, sino también otros como expertos en comunicación o abogados con conocimientos en esta materia[70].



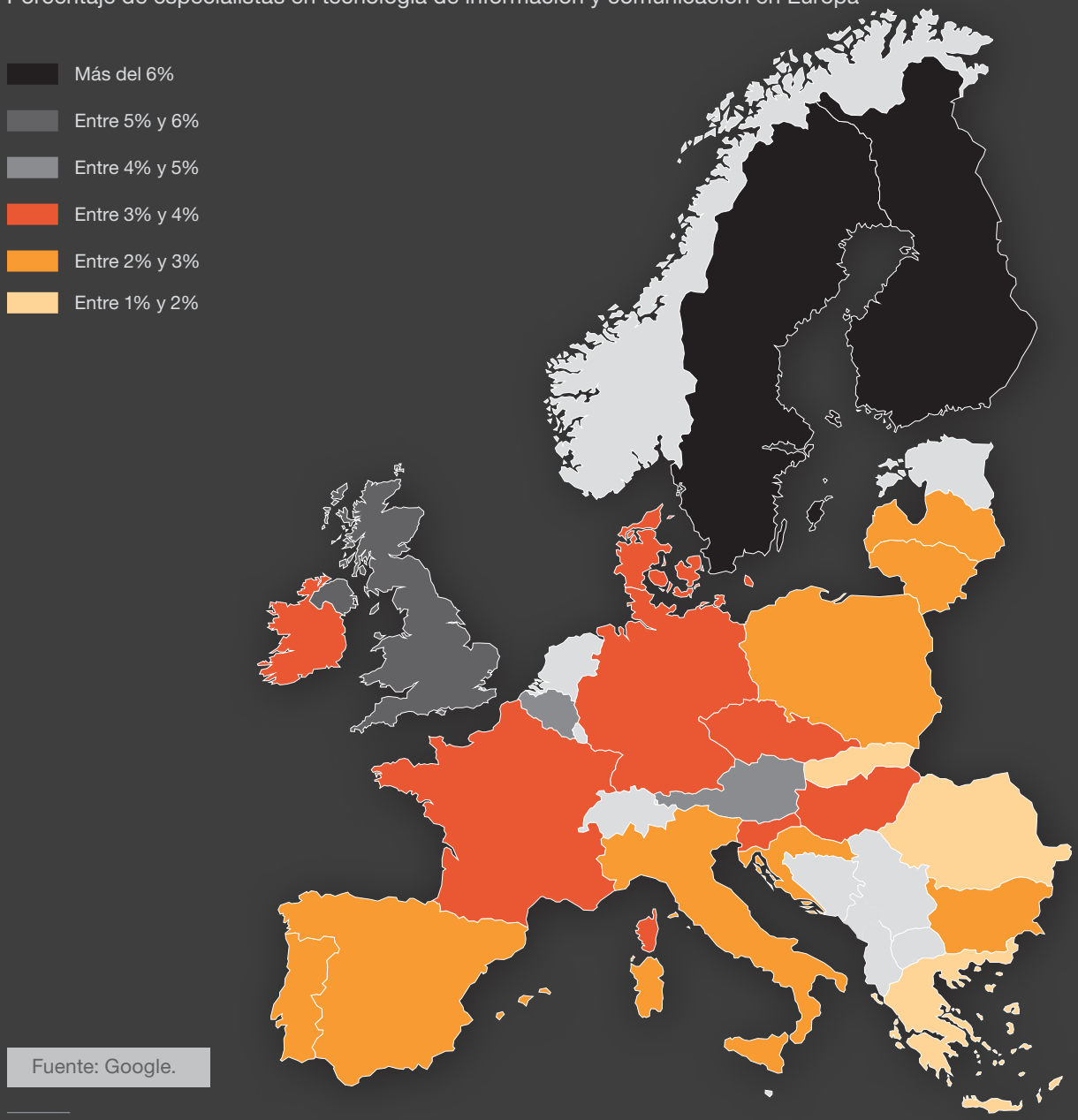


[67] *Informe del estado de cultura de ciberseguridad en el entorno empresarial,* elaborado por PwC.
[68] Google (2019). *Panorama actual de la Ciberseguridad en España.*
[69] PwC.
[70] Google. *Panorama actual de la Ciberseguridad en España.*

Aunque en España existe una amplia oferta de másteres y cursos en materia de ciberseguridad, el 40% de las empresas españolas tiene dificultades para encontrar a especialistas tecnológicos en este ámbito y 2/3 carecen de suficientes empleados para combatir las ciberamenazas. Aunque esta falta de especialistas afecta al resto de países europeos -se prevé que se necesitarán 350.000 profesionales del sector de la ciberseguridad en los próximos tres años-, España se encuentra entre los países con menor proporción de especialistas TIC, por detrás de Francia, Europa Central o los países nórdicos, por ejemplo[71]. Esto requerirá de un gran esfuerzo por parte de los centros formativos y las universidades, de forma que pueda satisfacerse la demanda de este tipo de profesionales.

Figura 72.

Porcentaje de especialistas en tecnología de información y comunicación en Europa



Fuente: Google.

[71] Ibid.



Otra de las herramientas necesarias para el desarrollo de la ciberseguridad es la regulación, el establecimiento de estándares y buenas prácticas industriales y empresariales. En la actualidad hay una clara falta de homogeneidad entre ellos, coexistiendo estándares con un reconocimiento internacional (como es el caso de las certificaciones ISO) con otros de carácter local que dificulta el diseño de la ciberseguridad embebida en los bienes y productos. Así, por ejemplo, en Estados Unidos se han producido más de 280 *bills* distintas en materia de ciberseguridad solo en 2020[72].

En el caso español, como parte de la Estrategia de Ciberseguridad de la UE se aprobó la directiva EU 2016/1148 con medidas y objetivos para reforzar la seguridad de las redes y sistemas de información de toda la Unión, dejando a las autoridades competentes nacionales la elección de la forma y medios que considere adecuados para su implementación.

Finalmente, la ciberseguridad es una oportunidad de negocio para España. Se trata de una industria reciente que mueve actualmente alrededor de 120.000 M$ en todo el mundo[73], con potencial de crecimiento y en el que todavía nuestro país puede posicionarse como un referente. Con la pandemia, el mercado de la ciberseguridad no solo se ha fortalecido, sino que experimentará un auge aún mayor en la nueva normalidad ya que garantizar la gestión de las identidades en un entorno cien por cien digital ha pasado a ser la principal prioridad.

Para posicionarse en esta industria de la ciberseguridad, España cuenta con algunas ventajas. El INCIBE, situado en León y dependiente del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, ha permitido la creación de un *hub* especializado a su alrededor con más de 70 empresas y *startups* dedicadas a la seguridad digital. Además, compañías como Telefónica o Siemens también han instalado su centro de ciberseguridad y su laboratorio de ciberseguridad, respectivamente, en León, contribuyendo de esta forma a fortalecer la posición de León en esta materia.

Todo ello ha permitido que España ocupe la quinta posición europea del *Global Cybersecurity Index* y la séptima del mundo, y que se ha postulado entre las siete candidatas para ser la sede del Centro Europeo de Competencia Industrial, Tecnológica y de Investigación en Ciberseguridad. Aunque finalmente el centro se instalará en Bucarest, la UE repartirá los 2.000 millones de euros del presupuesto también entre otros 27 centros “espejo” situados en todos los estados miembro, y, en cualquier caso, el proceso ha ayudado a consolidar un polo tecnológico en España dedicado al sector de la ciberseguridad.

[72] *National Conference of States Legislatures*.

[73] Dato estimado por Gartner https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2020-06-17-gartner-forecasts-worldwide-security-and-risk-managem

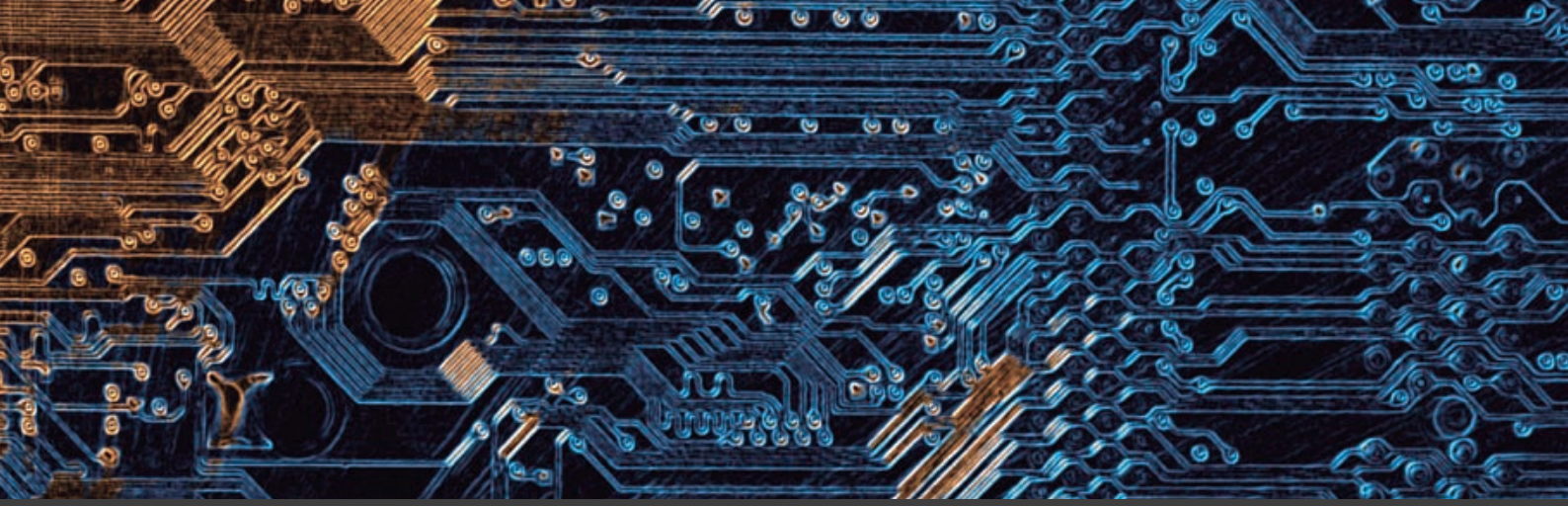
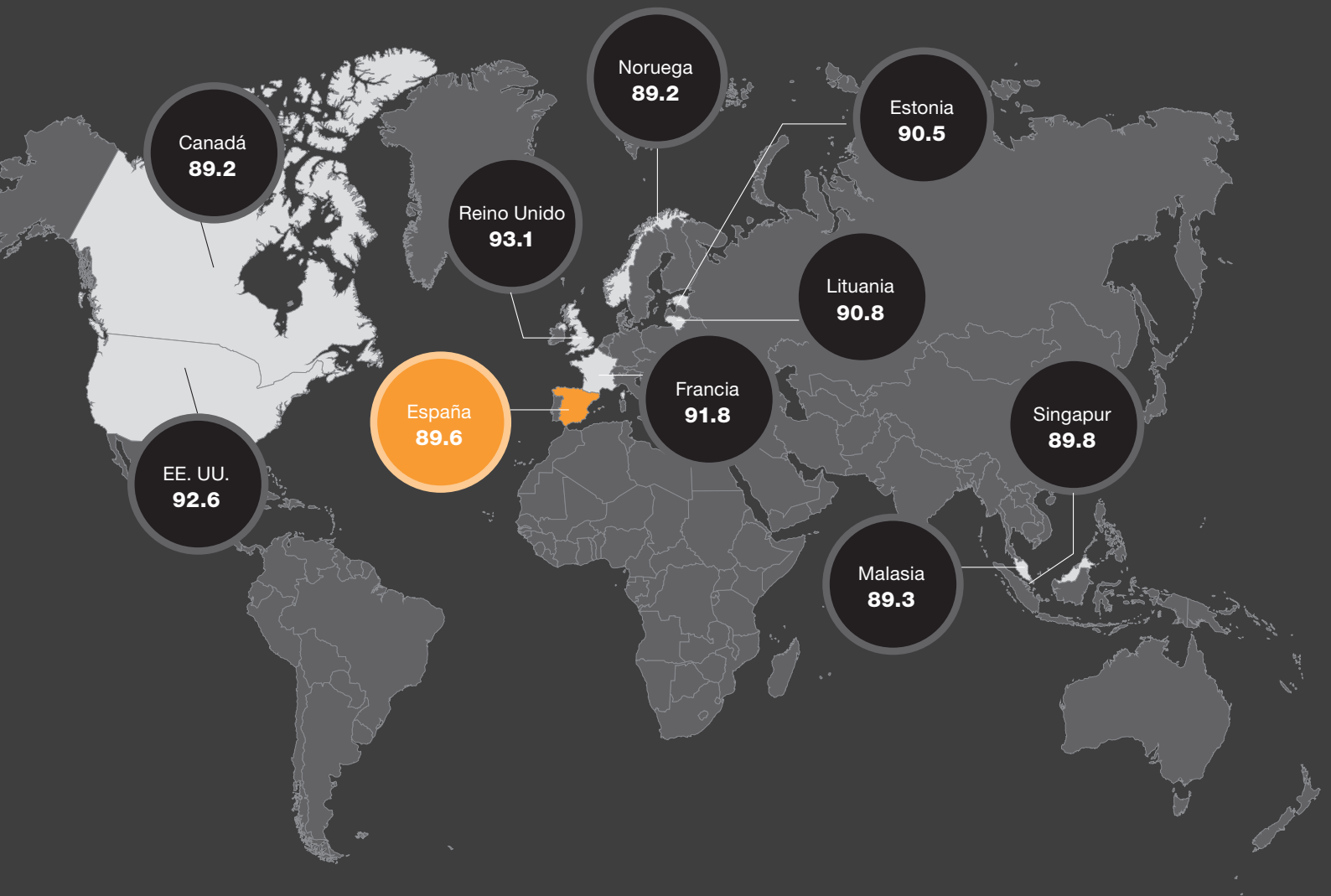


Figura 73.

Top 10 del ranking del *Global Cybersecurity Index 2018*



Fuente: ITU.



3.6. Análisis DAFO

Amenazas

Las principales amenazas a las que se enfrenta España para conseguir ser una potencia económica digital se enmarcan en las megatendencias globales. Europa va perdiendo peso económico de forma paulatina en favor de la región de Asia-Pacífico –especialmente China e India– y otros países emergentes, que compiten fuertemente en precios. Al mismo tiempo, el envejecimiento de la población reducirá el número de personas en edad de trabajar. Ambos fenómenos obligarán a aumentar la productividad para mantener la competitividad y compensar el descenso de la población activa.

Por otro lado, las constantes disrupciones tecnológicas requieren de un tejido productivo flexible que pueda adaptarse de forma ágil a los cambios, lo que exigirá trabajar, consumir y producir de otra manera. Todo esto habrá de hacerse además en un contexto de extrema debilidad económica debido a la pandemia de la COVID-19 y las restricciones a la movilidad impuestas para su contención, que han dañado la economía española.

La transformación digital requerirá de importantes inversiones para renovar el *hardware* y las infraestructuras, cuyo retorno financiero se ve en el largo plazo. La fabricación de estos elementos tecnológicos necesitará además de materias primas esenciales cuyo suministro global está muy concentrado geográficamente, como el litio o el cobalto, lo que dificultará que su producción se pueda asentar en España. Unido a esto, la disrupción del vehículo eléctrico revolucionará la industria de la automoción (mayor valor añadido de la batería en detrimento del motor, dificultad de su transporte, materiales más ligeros para aligerar los vehículos), que deberá adaptarse para mantener su liderazgo.

Por último, la inevitable transformación digital de la economía aumentará el perímetro de entrada de los cibercriminales en las empresas, que deberán protegerse mediante las barreras tecnológicas adecuadas y la consolidación de una cultura de la ciberseguridad.



Oportunidades

Los rápidos avances tecnológicos son una amenaza y una oportunidad a la vez, si España es capaz de transformarse con agilidad. A la sombra de la digitalización y las nuevas tecnologías surgen nuevas actividades e industrias en las que España puede posicionarse como líder, ya que se encuentran todavía en un estado incipiente de desarrollo. Así, por ejemplo, la ciberseguridad o la producción de hidrógeno son sectores con un elevado potencial en el largo plazo. En el caso del primero, además, supone un valor añadido en los productos.

Respecto a la adaptación tecnológica de las empresas, especialmente las pymes, el desarrollo de los nuevos esquemas *As-a-Service* permitirá tecnificar a las pequeñas empresas a un bajo coste para ellas, compartiendo los riesgos de la tecnología con los grandes proveedores de innovación.

La pandemia de la COVID-19, que ha mostrado las debilidades de la economía española, ha permitido, por otro lado, una digitalización acelerada de la población y unos cambios de hábitos orientados al uso de los canales digitales y el trabajo en remoto, que se une al natural cambio generacional hacia una nueva cultura en materia digitalización, movilidad y conciencia medioambiental.

Finalmente, como consecuencia de la pandemia, ha surgido probablemente una de las mayores oportunidades para poder conseguir la España 5.0 durante la próxima década, tanto por sus objetivos, como por su enorme dotación económica: el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia europeo permitirá dirigir una ingente cantidad de recursos a inversiones relacionadas con la transformación digital, la transición ecológica y la reindustrialización del país.



Debilidades

Sin duda, la principal debilidad de la economía española es el peso relativamente pequeño de la industria sobre su PIB, debido a la terciarización sufrida en las últimas décadas. Además, esta industria está muy concentrada geográficamente, de tal forma que unas regiones están más preparadas que otras para afrontar esta España 5.0.

Además, el tejido productivo español está bastante atomizado, con una elevada participación de las pymes en la economía, lo que dificulta la escalabilidad en la adopción de la innovación y mejoras tecnológicas, y por tanto reduce el retorno de estas inversiones. La industria española, además, tiene un bajo consumo en maquinaria y bienes de equipo, lo que hace pensar en un *hardware*, en general, antiguo, y en muchos casos difícil de digitalizar sin una renovación previa.

Otros hándicaps de la industria son el elevado coste energético, la baja inversión en I+D+i, y las dificultades para encontrar determinados perfiles profesionales muy especializados en las nuevas tecnologías (más todavía, si se trata de mujeres, cuya participación en las carreras STEM es muy baja), debido probablemente a una falta de alineamiento entre el sector educativo y las empresas.

Por el lado del transporte, existe en España una elevada cultura del uso del coche privado que puede retrasar la incorporación de nuevas formas de movilidad, especialmente fuera de las grandes ciudades, lo que a su vez resulta en carencias en la infraestructura de recarga. Además, la verticalidad de las ciudades y la antigüedad del parque de viviendas dificulta la instalación de puntos de recarga, además de ser energéticamente ineficientes. Fuera de las viviendas, el despliegue de una red de carga pública se topa con problemas administrativos, con trámites de autorización lentos y en los que intervienen varios niveles de la administración (local/autonómico/nacional).

Desde un punto de vista formativo, a pesar de la creciente demanda de profesionales con perfiles STEM en España nos encontramos con un bajo porcentaje de estudiantes dentro de este ámbito. Esto se agrava en el caso de las mujeres, que además están infrarrepresentadas en puestos directivos y de responsabilidad, lo que se traduce en una falta de diversidad y en una pérdida de talento potencial y productividad.

Finalmente, fuera de las grandes empresas existe una baja percepción del riesgo cibernético, con unas pymes en las que apenas existe una cultura de la ciberseguridad.



Fortalezas

Aunque España se sitúe por detrás de otros países europeos en materia de industria y digitalización, cuenta sin duda con notables fortalezas para llevar a cabo este reto de la España 5.0.

Por un lado, España está muy bien posicionada internacionalmente en algunos sectores concretos: la automoción, la industria alimentaria, la fabricación de maquinaria y bienes de equipo o las industria aeroespacial, naval y farmacéutica, entre otros. Tan solo tiene que aprovechar las innovaciones tecnológicas para mantenerse y mejorar esa posición.

España cuenta también con otros sectores de servicios con un efecto arrastre importante sobre la industria y con potencial también de digitalizarse, como es el sector hotelero, que puede avanzar hacia los *smart buildings* para mejorar su competitividad a través de la conectividad, la explotación de la información y la eficiencia energética para mejorar su competitividad. Cuenta también con unas empresas TIC que son líderes globales, y grandes empresas con un grado de digitalización avanzado.

En cuanto al sector energético, nuestro país tiene un *mix* de generación de electricidad diversificado y con una alta penetración de renovables, mostrando un liderazgo mundial en la industria eólica y termosolar. Además, las distribuidoras han conseguido un despliegue de prácticamente el 100% de contadores inteligentes en la red de distribución de electricidad, y una plantilla bien preparada para el nuevo paradigma del *Grid Edge.* Contamos además con buen posicionamiento internacional en *smart grids*.

España cuenta asimismo con una fuerte red de infraestructuras -con una notable penetración de las redes fijas de alta capacidad-, que tan solo necesitan ser renovadas para convertirlas en “inteligentes”.

Finalmente, España es también un importante *hub* de empresas de ingeniería y EPC, que se sitúan entre las más reconocidas del mundo, con una gran capacidad de desarrollo innovador y de proyectos internacionales.

Figura 74.

Resumen DAFO

Debilidades

- Peso relativamente pequeño de la industria en la economía española.
- Concentración geográfica de la actividad industrial.
- Baja inversión en maquinaria y bienes de equipo.
- Tejido productivo atomizado y falta de escalabilidad en la digitalización.
- Coste energético de la industria.
- Cultura de la movilidad basada en el coche privado.
- Verticalidad de las ciudades y antigüedad de los edificios de viviendas.
- Obsolescencia o baja digitalización de algunas infraestructuras públicas.
- Escaso despliegue de la red de carga pública. Trámites de autorización lentos.
- Formación Profesional no dual.
- Falta de alineamiento entre la universidad y la empresa.
- Baja participación de la mujer en carreras STEM y en puestos directivos y de responsabilidad en las empresas del sector.
- Baja inversión relativa en I+D+i.
- Baja cultura de la ciberseguridad, especialmente entre las pymes.

Fortalezas

- Posicionamiento internacional en las industrias de la automoción, alimentación, maquinaria y bienes de equipo.
- Buen posicionamiento en las industrias aeroespacial, naval y farmacéutica.
- Elevada digitalización de las grandes empresas industriales.
- Sectores no industriales con efecto tractor sobre la industria (el sector hotelero, por ejemplo).
- *Mix* de generación de electricidad diversificado y con alta penetración de renovables.
- Liderazgo mundial en la industria eólica y termosolar.
- Despliegue del prácticamente el 100% de contadores inteligentes en la red de distribución de electricidad, y una plantilla preparada la digitalización.
- Posicionamiento internacional en *smart grids*.
- Amplio despliegue y penetración de las redes fijas de alta capacidad (fibra/cable) y de redes móviles.
- Empresas TIC líderes globales y empresas de ingeniería entre las más reconocidas del mundo, con capacidad de desarrollo innovador.

Amenazas

- Megatendencias:
  - envejecimiento de la población,
  - cambios tecnológicos constantes,
  - pérdida de peso económico de Europa.
- Daño al tejido económico por la crisis de la COVID-19.
- Entrada de nuevos competidores globales, fundamentalmente de Asia-Pacífico.
- Concentración geográfica en el suministro global de algunas materias primas esenciales para la fabricación de *hardware* (litio, cobalto, tierras raras, etc.).
- Elevado coste de la tecnología y retornos bajos en el corto plazo.
- Disrupción del VE en la industria de automoción e importancia de la batería.
- Cibercrimen y espionaje industrial.

Oportunidades

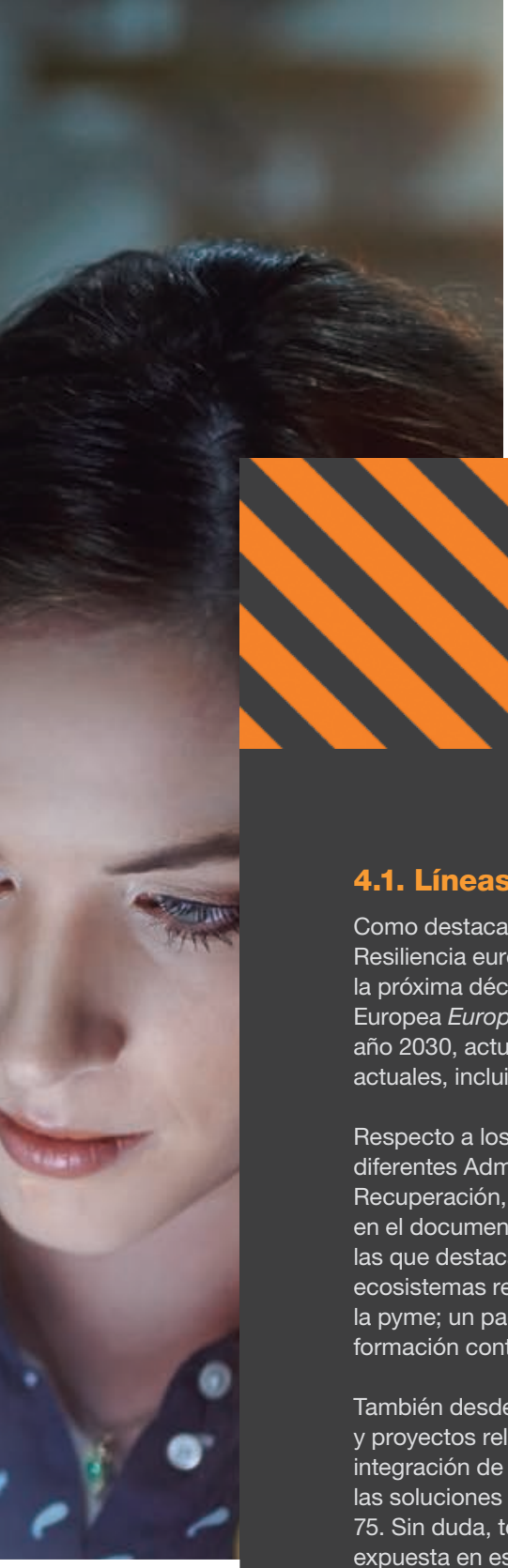
- Digitalización acelerada de la población y cambio de hábitos por la COVID-19 (uso de canales digitales, teletrabajo).
- Relocalización de la industria / nuevo modelo “glocal”.
- Cambio generacional con una nueva cultura en materia digitalización, movilidad y conciencia medioambiental.
- Potencial del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia Next Generation EU y el Plan de Recuperación y Resiliencia del Gobierno.
- Nuevas industrias surgidas por la digitalización, en un estado embrionario o incipiente.
- El desarrollo de una industria del hidrógeno y nuevas tecnologías de almacenamiento (bombeo o alternativas a las sales en termosolares).
- Modernización del parque hidroeléctrico ya instalado.
- La ciberseguridad como valor añadido de los productos y el desarrollo de la ciberseguridad como una industria en España.
- Esquemas *As-a-Service* en la provisión de tecnología a la industria.

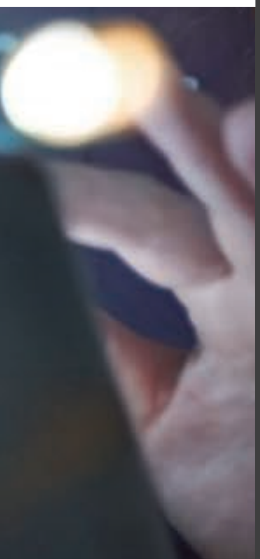
Fuente: Elaboración propia.

4

Hacia una España 5.0: palancas para su impulso







4.1. Líneas de actuación y propuestas

Como destacamos en el análisis DAFO anterior, el Mecanismo de Recuperación y Resiliencia europeo es una oportunidad para avanzar hacia la España 5.0 durante la próxima década. Este plazo coincide además con la iniciativa de la Comisión Europea *Europe's Digital Decade* para establecer un plan digital común para el año 2030, actualmente en desarrollo, y que pretende complementar los programas actuales, incluidos los planes de recuperación.

Respecto a los fondos europeos, tanto desde el Gobierno como desde las diferentes Administraciones autonómicas se han elaborado ya Planes de Recuperación, Transformación y Resiliencia para la solicitud de los mismos. Así, en el documento *España Puede,* el Gobierno establece diez políticas palanca entre las que destacamos cuatro, alineadas con la España 5.0: unas infraestructuras y ecosistemas resilientes; la modernización y digitalización del tejido industrial y de la pyme; un pacto por la ciencia y la innovación, y la educación y conocimiento, formación continua y desarrollo de capacidades.

También desde las comunidades autónomas se han presentado numerosos planes y proyectos relacionados con la industria, incluyendo la fabricación de baterías, la integración de más energía renovable en el sistema, la producción de hidrógeno, las soluciones de movilidad urbana o la digitalización, tal y como muestra la figura 75. Sin duda, todos estos proyectos van en la línea de la visión de la España 5.0 expuesta en este informe.

Figura 75.

Algunos proyectos autonómicos para la solicitud de fondos europeos



Galicia

La Xunta ha presentado 108 proyectos que superan los 9.700 millones de euros de inversión con participación tanto pública como privada. Apuesta especialmente por cuatro proyectos tractores, que considera estratégicos para Galicia: la instalación de una planta de producción de hidrógeno verde; la implantación de un centro para el impulso de la economía circular; el desarrollo del polo aeroespacial; la creación de un centro de fabricación de fibras textiles sostenibles a partir de la madera; y la instalación de nueva potencia renovable, con 1.000 MW.

C. Valenciana

La Generalitat ha presentado 14 proyectos tractores enmarcados dentro de la denominada *Estrategia Valenciana para la Recuperación*. Estas iniciativas no sólo las llevará a cabo la propia Generalitat, sino que se espera que sean también desarrolladas desde el ámbito privado. 18 empresas y asociaciones empresariales han firmado un protocolo de colaboración para el despegue de la *Estrategia Valenciana del Hidrógeno Verde*. Otros proyectos pretenden desarrollar la tecnología de *hyperloop* y la creación de una factoría de baterías.

Andalucía

La Junta ha validado 151 proyectos que suponen en conjunto una inversión de 35.480 millones de euros. Los proyectos más relevantes están relacionados con el desarrollo de tecnologías limpias y energías renovables, la digitalización y las comunicaciones. Andalucía ha elaborado un banco de proyectos, con las propuestas de las diputaciones provinciales y los municipios, que incluye 2.168 proyectos por un importe de 52.079 millones de euros, entre los que destacan el proyecto Innovaliay CIAFP.

Cataluña

La Generalitat ha identificado 542 proyectos que pueden optar a las ayudas europeas del plan de recuperación. Uno de los más llamativos es *Barcelona Super Computing Center* (BSC), cuyo mayor activo es el supercomputador *Mare Nostrum* y que pretende liderar el proyecto del chip europeo. El Clúster de la Automoción plantea el desarrollo de una fábrica de baterías, que considera primordial para el proyecto de Seat de fabricar vehículos eléctricos en su planta de Martorell a partir de 2025. *Barcelona TechCity* propone impulsar un campus urbano para la formación en nuevas tecnologías que albergue aceleradoras de empresas *startup*.

País Vasco

El plan *Euskadi Next 21-26*, aprobado en diciembre, plantea 188 proyectos de inversión público-privada por un total de 13.135 millones de euros, para los que se solicita 5.700 millones de financiación europea. El programa incluye un anexo en el que se recogen proyectos de inversión privada de empresas vascas que aspiran a fondos europeos, entre los que se encuentra el *Hub industrial y Tecnológico de Eólica Flotante* o el *Basquevolt Gigafactory*. Estos proyectos, dirigidos por grandes compañías (Petronor, Iberdrola, Sener, Corporación Mondragón…), suponen una inversión global de 3.582 millones.

Con el objetivo de contribuir también desde PwC a este reto colectivo, a continuación, presentamos un conjunto de propuestas encaminadas a conseguir una España 5.0 en 2030, agrupadas en cinco líneas de actuación. Para facilitar su encaje en el contexto del *Plan de Recuperación y Resiliencia*, hemos incluido en cada una de las propuestas los tres objetivos de los fondos europeos a los que contribuye:





4.1.1. Digitalización de la industria y reindustrialización

D1. Definir una estrategia industrial coordinada entre todos los agentes que apueste decididamente por la digitalización

El primer paso para poder conseguir una España 5.0 es definir claramente cuáles son los objetivos y cómo se van a conseguir. Aprovechando el contexto de los fondos europeos, las Administraciones Públicas, en sus diferentes niveles, y los agentes económicos (patronales, asociaciones sectoriales, sindicatos), deben cooperar para establecer estrategias coordinadas y coherentes entre sí, buscando la complementariedad y la colaboración entre todos, y no la competencia entre sectores o regiones.

Estas estrategias deben comunicarse adecuadamente al conjunto de la sociedad para que todos los agentes conozcan qué pasos hay que dar y que recursos hay disponibles.

D2. Apoyar la transformación digital de los sectores industriales líderes en España para que mantengan ese liderazgo

España debe aprovechar la oportunidad de los fondos europeos para mantener su posición de liderazgo en sectores como la automoción, la alimentación y bebidas, la maquinaria y bienes de equipo o la metalurgia para, a través de la digitalización de sus productos y procesos, mantener su competitividad internacional. Otros sectores, como el aeroespacial o el naval, son también estratégicos por la transmisión de la innovación al resto de sectores, así como su efecto arrastre al resto de las industrias. Se podría aprovechar, por ejemplo, la relevancia de los astilleros españoles para la creación de un consorcio europeo de fabricación de barcos liderado por España.

Cobra especial importancia, por la disrupción del vehículo eléctrico, la necesaria transformación del sector de la automoción para atraer a España toda su cadena de valor, desde la extracción de materias primas hasta el ensamblaje, pasando por la fabricación de baterías.

A nivel regional, se deben potenciar los tejidos industriales más fuertes y consolidados en regiones como el País Vasco, Cataluña, Madrid, Comunidad Valenciana, Andalucía o Galicia, con capacidad para ser tractores del resto del territorio.





D3. Incentivar la renovación de la maquinaria y bienes de equipo de la industria española

Para poder digitalizar la industria se debe contar primero con una maquinaria y bienes de equipo preparados para esa digitalización, y para ello se debe incentivar su renovación mediante ayudas, subvenciones, acceso a la financiación, deducciones fiscales y esquemas de amortización acelerada.

D4. Mantener la estabilidad normativa en los diferentes sectores y eliminar trabas administrativas para las empresas

Como en toda actividad empresarial, las inversiones necesarias para la transformación digital requieren de un marco regulatorio estable, así como la eliminación de trabas administrativas. Los cambios legislativos deben realizarse con vocación de permanencia en el tiempo y en coordinación con los agentes del sector, y los procesos administrativos deben simplificarse y agilizarse. Para esto último, se debe contar también con una Administración moderna y digitalizada.

D5. Desarrollar, mediante una regulación adecuada, la aplicación y uso del 5G industrial

Para aprovechar el potencial del 5G en el ámbito industrial, debe ser debidamente regulado para garantizar un acceso homogéneo de la industria mediante recursos de espectro dedicado.

Una forma de conseguirlo puede ser mediante licencias locales privadas, tal y como ya ocurre en Reino Unido y Alemania. En caso de no ser posible, debería al menos garantizarse en la regulación las condiciones del arrendamiento del espectro a las empresas de telecomunicaciones propietarias del mismo.

D6. Reducir el coste energético de la industria electrointensiva con una reforma de las tarifas y el fomento de la eficiencia energética

Reducir el coste energético de la industria requiere, por un lado, una reforma de las tarifas eléctricas que permita reducir su coste, al mismo tiempo que permita la gestión eficiente de la demanda, y, por otro, aumentar la financiación, pública y privada, a proyectos relacionados con la mejora de la eficiencia energética de las fábricas.

D7. Impulsar nuevos sectores económicos surgidos con la digitalización para que se consoliden en España

Además de en los sectores tradicionalmente más fuertes, España tiene una oportunidad con nuevos sectores surgidos a la sombra de la digitalización y que todavía no se han consolidado en ningún país concreto. Entre ellos está sin duda la ciberseguridad, que cuenta ya con un pequeño *hub* en la ciudad de León alrededor del INCIBE, y la industria de las *smart grids*, que a través del clúster vasco de la energía puede liderar esta transformación de las redes de electricidad a nivel global.

Estos nuevos sectores, que dependen fundamentalmente de la capacitación y especialización del capital humano, y las nuevas formas de trabajo remoto, podrán llevar los beneficios de la digitalización a aquellas regiones sin una industria consolidada si son capaces de atraer, fomentar y retener el talento.

D8. Potenciar la digitalización de la Administración y de las actividades del sector servicios con más capacidad tractora sobre la industria

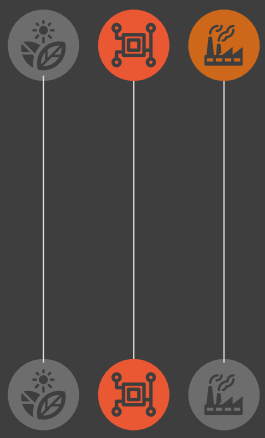
La transformación digital debe producirse no solamente en la industria, sino también en el sector servicios y en la Administración pública. Esto permitirá, por un lado, promover el crecimiento de sectores económicos con capacidad tractora sobre la industria (el sector hotelero, por ejemplo, que se provee de la industria alimentaria y la textil, entre otras), y por otro, obligar a las empresas digitalizarse para poder interactuar con la Administración, lo que la dota de una importante palanca para forzar el desarrollo digital del tejido productivo español.

D9. Mantener el liderazgo en generación renovable y crear de una industria nacional de producción de hidrógeno verde

España es líder en la generación de electricidad de origen renovable, como la eólica o la termosolar, y debe intentar mantener ese liderazgo. Para ello, es necesario mantener y aumentar la inversión en I+D+i en tecnologías de generación renovable y almacenamiento (baterías, sales fundidas, embalses), potenciar la energía hidroeléctrica de bombeo en combinación con otras energías renovables y modernizar el parque hidroeléctrico existente para incrementar su capacidad la producción.

Por otro lado, en el largo plazo el H_2 jugará un papel fundamental tanto en la movilidad (vehículo de pila de hidrógeno) como en el almacenamiento de energía. Para ello, se debe empezar a desarrollar una industria del hidrógeno hoy, para poder competir en el mañana, cuando esta tecnología madure.





D10. Adaptar, estandarizar y simplificar la tecnología a través de *partners* que hagan de nexo entre los proveedores tecnológicos y la industria

Para hacer accesible las innovaciones tecnológicas a las empresas más pequeñas es necesario integrar las diferentes tecnologías para crear soluciones a la medida de las industrias y adaptadas a sus necesidades concretas. Para ello, las empresas proveedoras de tecnología deben buscar *partners* que se conviertan en facilitadores o agregadores tecnológicos que hagan de puente entre los tecnólogos y la industria.

D11. Participar en la creación de una plataforma de servicios *cloud* a nivel europeo

España debe participar, a través de sus empresas, en el proyecto europeo Gaia-X, dónde ya forman parte los gobiernos de Francia y Alemania y compañías del continente como Amadeus, Siemens, Bosch, Orange o Deutsche Telekom. Este proyecto busca crear un ecosistema de computación en la nube que ayude a Europa a reducir su dependencia externa de este tipo de servicios. Esta plataforma permitirá a las empresas, entre otras cosas, buscar proveedores de servicios *cloud* que cumplan con la regulación europea.

Consorcio *Battchain*

Battchain es una iniciativa para el desarrollo del negocio de baterías para vehículos eléctricos que engloba cinco proyectos industriales con el objetivo de lograr que España se posicione como un referente a nivel europeo en baterías de coches eléctricos, con una inversión estimada de 1.200 millones de euros y que espera crear 1.700 empleos directos.

La iniciativa cuenta con empresas referentes en las diferentes áreas de la cadena de valor, desde la extracción hasta el reciclaje de los componentes, y estarán implicadas empresas de cuatro comunidades autónomas distintas: Extremadura, País Vasco, Navarra y Andalucía.



4.1.2. Desarrollo de infraestructuras inteligentes

I1. Mejorar la financiación para la rehabilitación de edificios orientada a la eficiencia energética y la instalación de puntos de recarga del VE

Para impulsar la sostenibilidad medioambiental del parque de edificios e inmuebles es necesario incrementar la financiación pública de programas destinados a la rehabilitación para mejorar su calificación energética (cambios en la envolvente térmica, sustitución de instalaciones de origen fósil por otras de origen renovable o implantación de sistemas de control de la iluminación, climatización y frío).

La misma financiación se debe aplicar también a las reformas necesarias para la instalación de puntos de recarga en edificios y garajes.

I2. Establecer mayores requisitos de eficiencia energética y de puntos de recarga del VE para edificios de nueva construcción

Además de mejorar la eficiencia energética del parque de edificios actual, se debe garantizar que los nuevos edificios lo sean desde su construcción. Para ello, es necesario establecer mayores requisitos de eficiencia energética de los edificios e inmuebles de nueva construcción, así como incluir un mínimo de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos en los edificios, tanto de carácter público como privado.

I3. Simplificar los trámites de autorización para la instalación de puntos de recarga públicos del VE

Es necesaria una simplificación de los trámites de autorización de los puntos públicos de recarga mediante la creación de una ventanilla única que integre los procedimientos de las diferentes administraciones en un único proceso.

I4. Ampliar la red de puntos de recarga públicos del VE aprovechando las infraestructuras urbanas y del sector terciario

Desde las Administraciones Públicas se debe incrementar la red de recarga de acceso público aprovechando las infraestructuras y espacios públicos (estaciones, aparcamientos, polideportivos, incluso el sistema de alumbrado público), pero también en instalaciones privadas como centros comerciales u hoteles.



I5. Establecer señales de precio efectivas para desplazar el consumo y aplanar las diferencias entre las puntas y los valles

Para dotar de flexibilidad al sistema, los precios de la electricidad deben incentivar el desplazamiento del consumo hacia las horas valle, incluida la carga del vehículo eléctrico. Estas señales de precios son el paso previo a esquemas retributivos más complejos dentro del marco del *Energy-as-a-Service*, según vaya aumentando el autoconsumo, la generación distribuida y la agregación de capacidad de consumidores domésticos, y según se vaya automatizando muchos de estos procesos en el tránsito hacia el nuevo modelo del *Grid Edge*.

I6. Impulsar un cambio cultural en la movilidad y el consumo de electricidad

Para que se alcancen los objetivos de electrificación del transporte y de sostenibilidad medioambiental es necesario promover una nueva cultura de la movilidad mediante campañas de comunicación efectivas. Estas campañas deben contribuir a que las personas sean cada vez más conscientes de los beneficios y ventajas del vehículo eléctrico y en la que la posesión de un vehículo privado propio sea cada vez más innecesaria, entendiendo la movilidad como un servicio compartido.

I7. Aprovechar la renovación de las infraestructuras públicas y privadas con mayor grado de obsolescencia para que sean más inteligentes

En la actualidad existe un amplio consenso en torno a que, fruto de niveles de inversión insuficientes, una gran parte de las infraestructuras públicas están cada vez más obsoletas su digitalización e integración en los entornos de las *smart cities*.

Además de abordar este déficit de inversión, el proceso de renovación y modernización de las infraestructuras públicas debe acometerse no sólo con el propósito de mejorar el carácter operativo de las mismas, sino también de hacerlas más inteligentes y eficientes.



I8. Incentivar el cambio de los vehículos de combustión por el coche eléctrico

Junto al desarrollo de esta nueva cultura de la movilidad, es necesario promover el cambio paulatino de vehículos de combustión, especialmente los más antiguos, por vehículos eléctricos. Para ello es necesaria la combinación de esta nueva cultura de la movilidad con incentivos económicos (planes RENOVE, ayudas o subvenciones públicas al cambio de vehículos).

I9. Impulsar esquemas de movilidad compartida y la intermodalidad en el transporte

España cuenta con un avanzado grado de desarrollo de infraestructuras de transporte y con altos índices de calidad y utilización del transporte público, y ciudades como Madrid o Barcelona están a la vanguardia europea en lo que a movilidad compartida y eléctrica se refiere. No obstante, es necesario avanzar tanto en la movilidad compartida como la intermodalidad en el resto de las ciudades y en los trayectos interurbanos.

I10. Desarrollar normativamente la futura gestión de las *smart grids*

En el más largo plazo se deberá desarrollar normativamente el papel que los diferentes agentes jugarán en el nuevo contexto del *Grid Edge*: distribuidores de electricidad, grandes consumidores, agregadores de demanda, generadores y usuarios domésticos, así como su retribución por sus contribuciones al sistema.

I11. Crear y regular un mercado de "segunda vida" de las baterías

Se estima que la vida útil de las baterías se sitúa actualmente, con un buen uso, en el torno de los 8-10 años. Tras esta primera vida, todavía pueden utilizarse para el almacenamiento de energía y la reutilización de sus componentes. Se debe, por tanto, regular todo el ciclo de vida de estas baterías y crear un mercado dinámico de baterías de segunda mano.



4.1.3. Cambio en el modelo de negocio

M1. Ayudar a las pymes a crecer a través de la innovación y la digitalización

Parte de los fondos europeos disponibles deberían orientarse a crear suficiente "masa crítica" dentro de las empresas, de tal forma que se aprovechen las economías de escala que aporta la tecnología y genere un retorno positivo. Para ello, se debe ayudar a las pymes a crecer en tamaño y a digitalizarse, como paso previo a cualquier cambio de cultura corporativa.

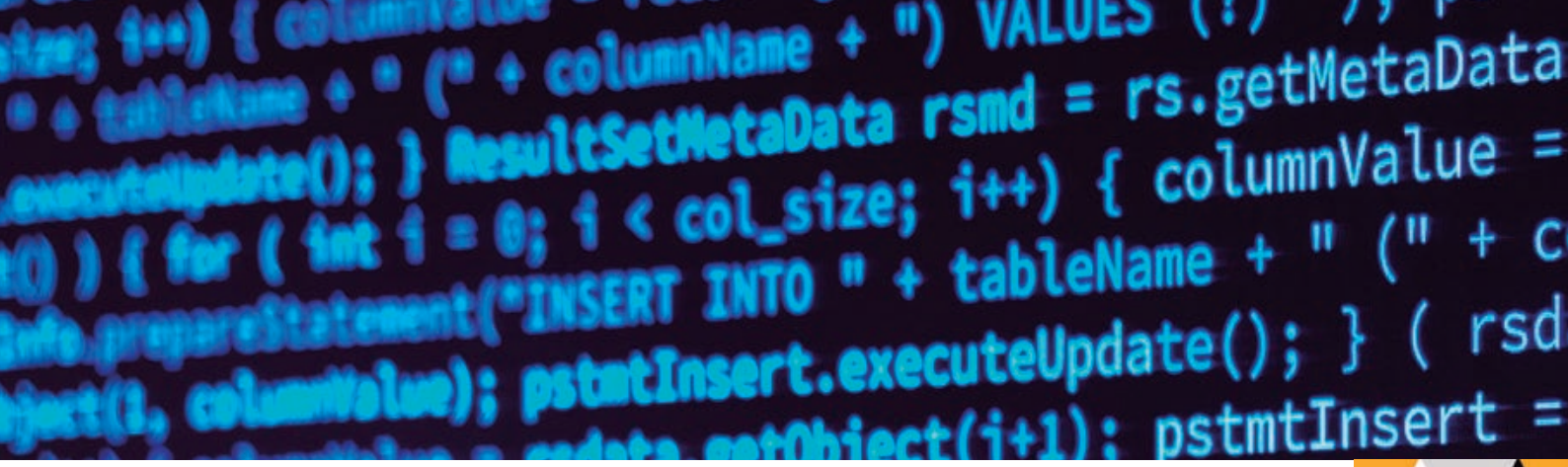
Esta acción podría materializarse a través de programas de ayudas, financiación o asesoramiento especializado a las pymes en materia de digitalización y expansión internacional.

M2. Impulsar la Compra Pública Innovadora (CPI)

La figura de la Compra Pública Innovadora presenta dos ventajas claras: por un lado, fomenta, desde el lado de la demanda, el desarrollo de soluciones innovadoras en los servicios y Administraciones públicas al tiempo que, por otro lado, impulsa instrumentos de financiación de la oferta tecnológica, generando un entorno favorable que estimula e incentiva la innovación.

M3. Desarrollar la Estrategia "España Nación Emprendedora"

La "Estrategia España Nación Emprendedora" nace de la mano del Alto Comisionado para España Nación Emprendedora, con el propósito de sentar las bases para liberar y estimular el talento y modernizar el sistema productivo a través de tres palancas: la educación, la I+D+i y el emprendimiento innovador. Por lo tanto, para favorecer la creación de un ecosistema empresarial fuerte e innovador es necesario desarrollar e implementar las 50 medidas e iniciativas en las que se articula esta Estrategia.



M4. Fomentar los esquemas de *As-a-Service* en el ámbito de la tecnología

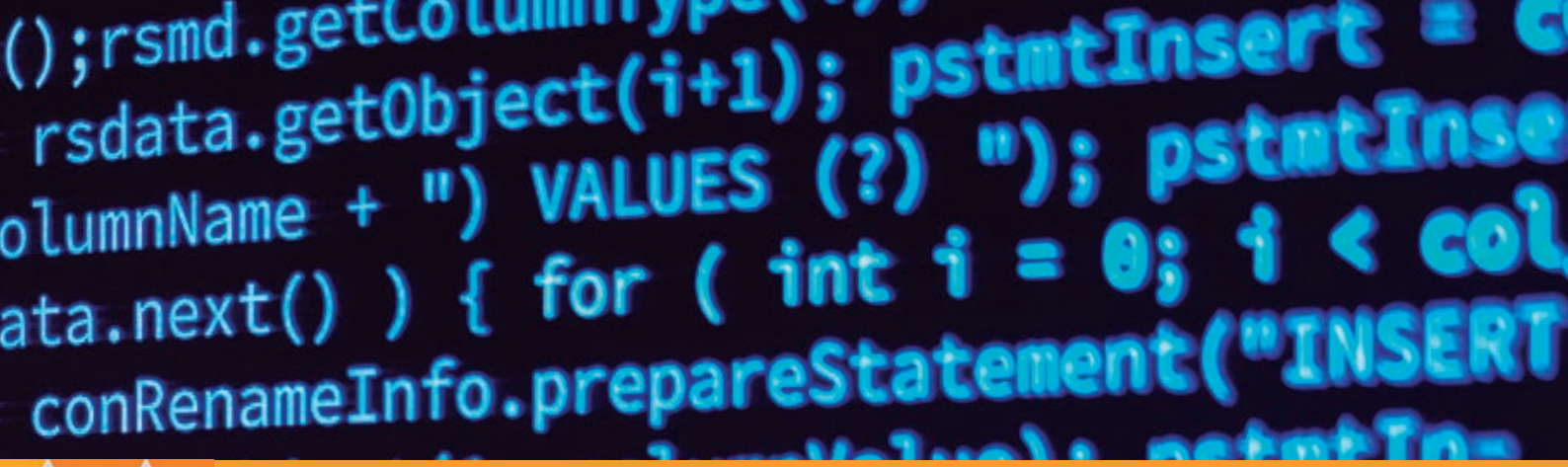
La digitalización, la irrupción de nuevas tecnologías y las posibilidades de tratamiento de volúmenes cada vez mayores de información en tiempo real han favorecido el desarrollo de los llamados esquemas *As-a-Service*, en los que, a través de una suscripción, el usuario paga únicamente por la disponibilidad o utilización de un determinado bien, producto o solución. A su vez, estos esquemas favorecen la adopción y la utilización masiva de muchas tecnologías, dado que los usuarios ya no necesitan adquirir, desarrollar o desplegar este tipo de soluciones, que además bajo estos esquemas se optimizan y adaptan a sus necesidades en cualquier momento.

M5. Aumentar la colaboración público-privada en materia de I+D+i

Las fórmulas de colaboración público-privada –comprendidas no solo como las iniciativas clásicas de concesión entre la Administración pública y empresas privadas, sino también como otras relaciones más novedosas como, por ejemplo, el uso de fondos mixtos de inversión para el desarrollo de *startups*– permiten una mayor movilización de recursos y aumentar la capacidad de inversión de los proyectos gracias a su efecto multiplicador. Por lo tanto, se deben potenciar este tipo de fórmulas como mecanismo tractor para el desarrollo de la I+D+i en las distintas industrias y sectores empresariales.

M6. Ayudar a crear entornos y plataformas colaborativas que favorezcan la innovación

La colaboración entre la industria, los centros tecnológicos y de investigación y centros formativos, bien sean universidades o centros de formación profesional es clave para generar sinergias y favorecer la innovación. Fomentar la colaboración multidisciplinar, más frecuente y estrecha entre todos estos agentes y entidades a través de entornos, ecosistemas y plataformas podría facilitar no solo el desarrollo tecnológico, sino también un mayor grado de adaptación de este a las necesidades y la realidad a la que se enfrenta cada uno de los sectores industriales. En la España 5.0 estos entornos colaborativos deben crearse, además, con una sólida base digital, involucrando a agentes públicos y privados y con un marcado internacional y de cooperación entre distintos países.



4.1.4. Creación de la fuerza laboral del futuro

F1. Actualizar (*upskilling*) y recapacitar (*reskilling*) a los trabajadores para el nuevo entorno digital

El aprendizaje y la formación continua de los trabajadores cobra una importancia aún mayor bajo el nuevo paradigma de la digitalización, potenciando la versatilidad de muchos profesionales y su especialización en competencias tecnológicas. Estas acciones deben estar presentes tanto en los contenidos de los planes formativos de las empresas como en las políticas activas de empleo, con el objetivo de aumentar la empleabilidad a través de la formación y capacitación en las habilidades más demandadas.

El *upskilling* y el *reskilling* son importantes herramientas para favorecer el reciclaje profesional y mejorar la empleabilidad de las personas de más de 45 años y parados de larga duración.

F2. Alinear la educación superior con las necesidades de la nueva economía digital

Las universidades deben adaptar sus currículos académicos a las necesidades de las empresas, intentando cerrar la diferencia entre la teoría y la práctica y reorganizando las plazas ofertadas a la realidad del mercado laboral.

A través de la colaboración con las empresas se pueden crear cátedras especializadas y cursos de postgrado para formar expertos en materias como la ciberseguridad o las nuevas tecnologías, aplicadas a todos los ámbitos (las ingenierías, obviamente, pero también el derecho, la economía, la empresa o los recursos humanos, por ejemplo).

F3. Incentivar una mayor diversidad en puestos directivos y de responsabilidad en las empresas

Es necesario seguir reduciendo la brecha de género en puestos directivos en las empresas industriales a través de programas integrales para mujeres profesionales con alto potencial que promocionen el talento femenino. Esta mayor visibilidad ayudará además a crear referentes en el sector que atraiga a más mujeres a las disciplinas STEM.

F4. Aumentar la colaboración con empresas en el marco de la formación dual

Apostar por la Formación Profesional dual es una forma de disponer de profesionales altamente formados e integrados dentro de la empresa, lo que la convierte, a su vez, en una potente fórmula para favorecer la incorporación de los jóvenes al mercado laboral. Es necesario reforzar y dotar de un mayor impulso a la Formación Profesional Dual garantizando una serie de premisas como, entre otras, la armonización y consolidación del sistema, el ajuste de la oferta formativa a la demanda de competencias, ampliar el personal formado en nuevas tecnologías, y potenciar la formación técnica y tecnológica.

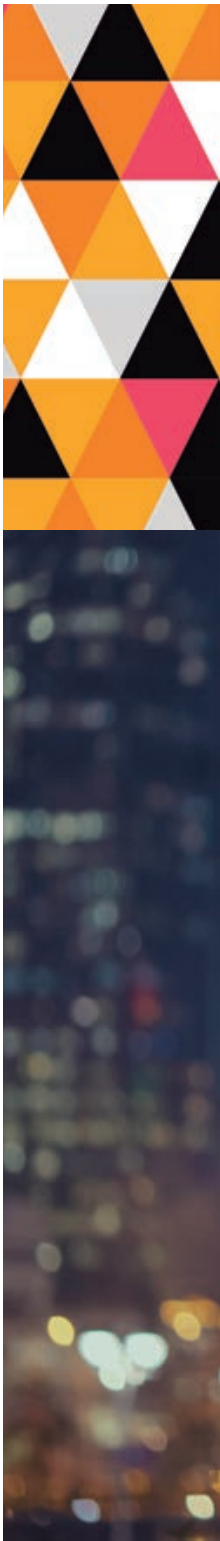
Además, se debe "dualizar" también la formación universitaria, fomentando un mayor contacto entre universidad y empresa y preparando más a los estudiantes a las demandas reales de las empresas a lo largo de su formación y haciendo obligatorias las prácticas en empresas.

F5. Fomentar el estudio de las disciplinas STEM

Para poder cubrir los puestos profesionales que requiere la transformación digital, se debe potenciar el estudio reglado de las disciplinas STEM.

Entre otras medidas fundamentales, se debe fomentar la incorporación de la mujer a las carreras más técnicas (ingenierías, ciencias), dónde existe una importante brecha de género, y establecer planes específicos que lo permitan.

La colaboración entre la industria, los centros tecnológicos y de investigación y centros formativos, bien sean universidades o centros de formación profesional es clave para generar sinergias y favorecer la innovación. Fomentar la colaboración multidisciplinar, más frecuente y estrecha entre todos estos agentes y entidades a través de entornos, ecosistemas y plataformas podría facilitar no solo el desarrollo tecnológico, sino también un mayor grado de adaptación de este a las necesidades y la realidad a la que se enfrenta cada uno de los sectores industriales. En la España 5.0 estos entornos colaborativos deben crearse, además, con una sólida base digital, involucrando a agentes públicos y privados y con un marcado internacional y de cooperación entre distintos países.



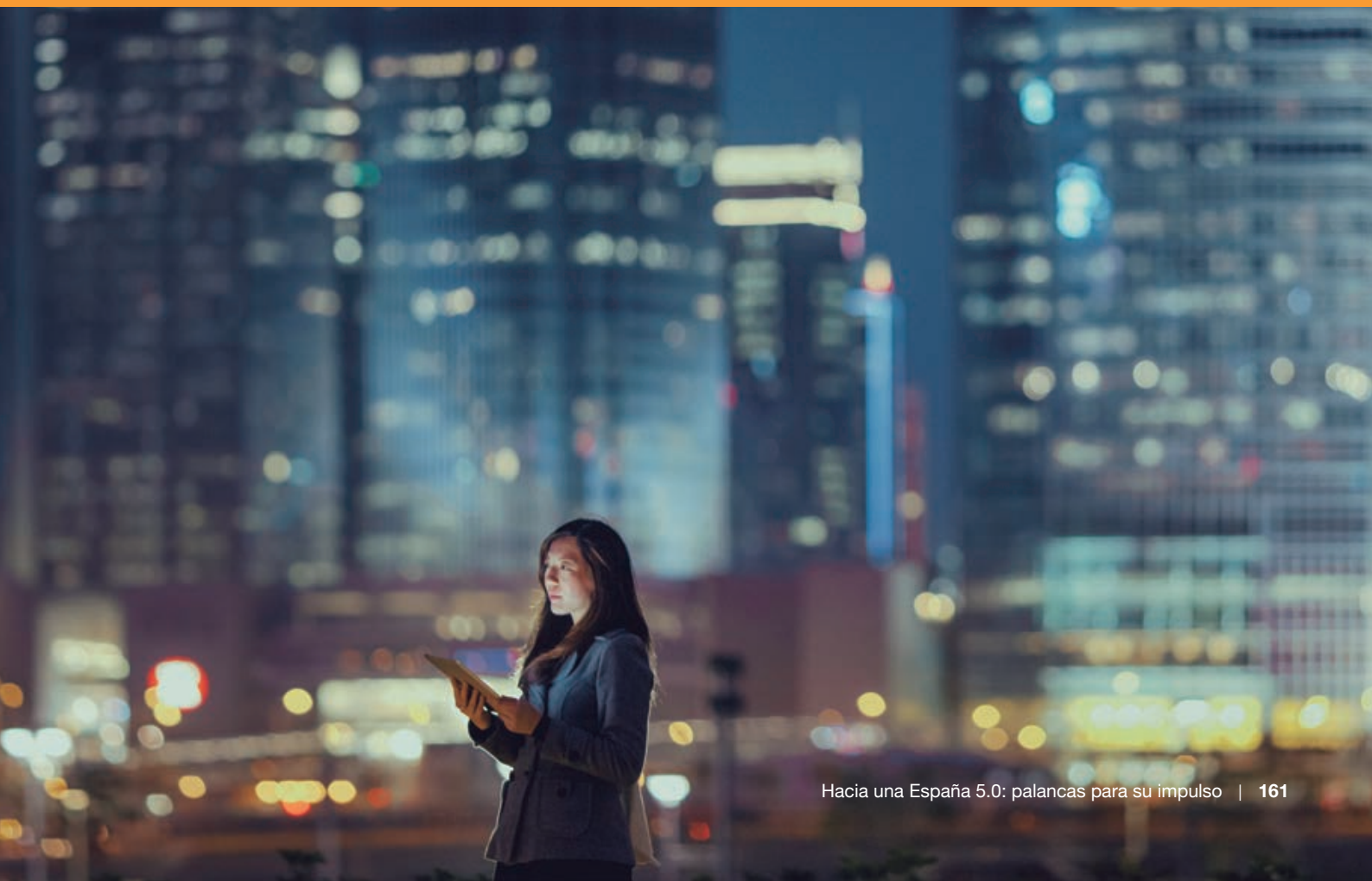
F6. Integrar las *soft skills* en los planes de estudio y en la formación interna de las empresas

La integración de habilidades relacionadas con la creatividad, liderazgo, comunicación, visión estratégica, relaciones interpersonales, trabajo en equipo o resolución de conflictos –las llamadas *soft skills*– tiene que ser doble: por una parte, en los planes de estudios no solo de las universidades o de los centros de formación profesional, sino también desde etapas educativas más tempranas, ya que son herramientas esenciales para el adecuado desempeño de estudiantes en el mundo empresarial. Por otra parte, en los planes y currículos formativos de las empresas, con carácter transversal a todos los empleados.

F7. Promover la apertura internacional de las universidades y centros de formación profesional

Se debe continuar promoviendo un mayor grado de internacionalización de las universidades y los centros de formación profesional, facilitando que el alumnado tenga experiencias educativas y laborales en el extranjero durante y después de su formación, tanto en las universidades como en la formación profesional y la formación profesional dual.

Además, en el mundo empresarial cada vez es más habitual el trabajo en equipos y proyectos internacionales, donde el inglés es la lengua universal. Por ello, se debe reforzar el aprendizaje de inglés y otros idiomas en el contenido de los planes educativos desde las etapas educativas más tempranas.





4.1.5. Ciberseguridad

C1. Aplicar las mejores prácticas en materia de ciberseguridad, especialmente entre pymes

Es necesario elaborar códigos de buenas prácticas en materia de ciberseguridad y compartirlos con la sociedad, especialmente entre pequeñas y medianas compañías, mediante campañas de comunicación efectivas, cursos de formación, catálogos de recomendaciones y portales públicos de información.

C2. Incluir requisitos de ciberseguridad en las licitaciones públicas, con partida presupuestaria asignada

La ciberseguridad debe ser un requisito incluido por defecto en el diseño de cualquier infraestructura o servicio público. En esta línea, las licitaciones públicas deben incluir en los pliegos requisitos de ciberseguridad, asignando parte del presupuesto a estos requerimientos.

C3. Fomentar la colaboración entre las grandes empresas en materia de ciberseguridad, y entre éstas y el INCIBE

Se debe impulsar la colaboración entre empresas, y entre estas y el INCIBE, en materia de ciberataques y vulnerabilidades detectadas, a través de plataformas que aseguren la confidencialidad, garanticen que la información sensible no pueda ser usada por competidores, y que no revelen a posibles atacantes posibles vulnerabilidades de sus sistemas.



C4. Rediseñar la estrategia nacional de ciberseguridad y armonizar el catálogo de infraestructuras consideradas estratégicas o críticas

Se debe avanzar en una mayor armonización del concepto de infraestructuras consideradas críticas, y establecer para ellas protocolos obligatorios y simulacros periódicos. En este sentido, la Estrategia Nacional de ciberseguridad 2019 ya señalaba la necesidad de armonizar y definir de forma precisa el concepto de infraestructura crítica.

C5. Promocionar una cultura de la ciberseguridad en las empresas españolas

Las empresas españolas deben promocionar una cultura de la ciberseguridad ser transversal a toda la organización, que implique a todos los individuos dentro de ella y que genera una correcta percepción de los riesgos cibernéticos en toda la cadena de valor. En definitiva, se trata de entender y percibir la ciberseguridad como como algo cotidiano presente en todas las actividades dentro de la empresa.

C6. Formar especialistas en ciberseguridad con una capacitación práctica y realista

España debe formar, a través de sus universidades y centros de FP, a especialistas en materia de ciberseguridad con un perfil eminentemente práctico.

C7. Posicionar a España en la industria europea de la ciberseguridad

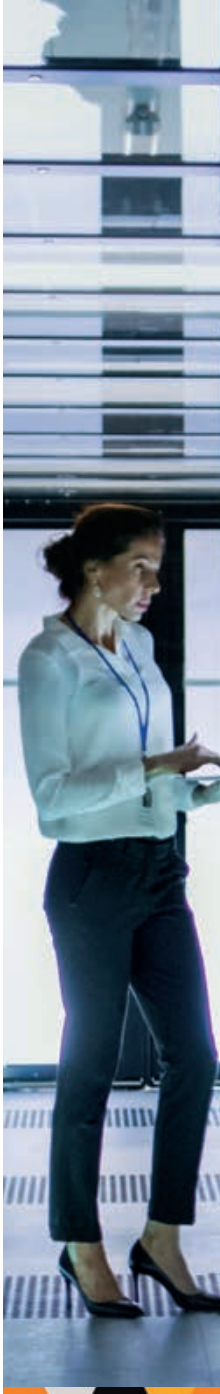
Es necesario aunar esfuerzos desde las Administraciones Públicas y las empresas TIC para mejorar el posicionamiento de España como un referente en materia de ciberseguridad, aprovechando el buen posicionamiento del país en esta materia y el hub creado en León en torno al INCIBE.

C8. Acercar la ciberseguridad a las empresas más pequeñas, simplificándola y reduciendo su coste

Al igual que con otras soluciones tecnológicas, los modelos *As-a-Service* pueden ser una alternativa para acercar la ciberseguridad a las pymes a través de esquemas de *Security-as-a-Service*, que abarataría su inversión en seguridad, pagando solo por el uso, adaptado a su tamaño. La incorporación de la ciberseguridad embebida en los propios productos y servicios (*Security by default*) es también una forma de garantizar la seguridad de los procesos productivos sin necesidad de incorporar grandes equipos de IT dentro de las empresas, algo inviable para las empresas más pequeñas.

C9. Homogeneizar estándares y normativa en materia de ciberseguridad a nivel europeo e internacional

En el largo plazo hay que resolver la falta de homogeneidad en los estándares de ciberseguridad. En el caso europeo, sería recomendable que se empleen mecanismos regulatorios que faciliten el diseño e implementación de una estrategia común de ciberseguridad entre los Estados Miembros.





Charter of Trust

Charter of Trust es una iniciativa para la creación de estándares de ciberseguridad en la que colaboran empresas de reconocido prestigio a nivel internacional junto con instituciones públicas del ámbito de la seguridad de la información. Organizaciones como la OCDE han reconocido y destacado la importancia de la iniciativa *Charter of Trust*, cuyas principales líneas de actuación son:

- Elaboración de enfoques para asegurar el mundo digital: estableciendo, probando y adoptando conceptos y requisitos básicos a nivel global.
- Fomento de un enfoque global de la reglamentación en el marco de la ciberseguridad a través de actuaciones políticas.
- Integración de la ciberseguridad en la transición digital de la industria con especial foco en los modelos comerciales digitales.

https://www.charteroftrust.com/



4.2. Priorización de las acciones

Tras el listado completo de las actuaciones propuestas, agrupadas por líneas de actuación, en esta sección se priorizarán en base a tres variables cualitativas:

Impacto económico

Mediante esta variable, se pretende identificar aquellas medidas que tendrán un impacto económico mayor, en términos de PIB o empleo, en el corto plazo. El impacto se puede manifestar a través de gasto e inversiones directas realizadas en un periodo de tiempo, mediante aumentos de la productividad (bien por aumentos de la producción o por reducción de los costes operativos) o gracias a la creación de un mercado no desarrollado actualmente en España.

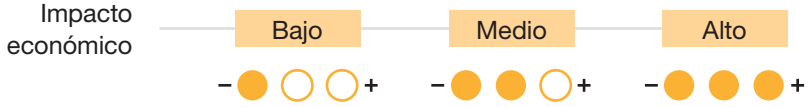
Facilidad de implementación

Mediante esta métrica evaluamos la facilidad de implementación cada medida a través posibles dificultades o barreras legales, administrativas, tecnológicas, económicas o sociales que puedan existir para su ejecución.

Urgencia

Por último, para priorizar las acciones no solo es relevante la facilidad de llevarlas a cabo o su impacto económico en el corto plazo, sino también en qué medida pueden ser condiciones necesarias o facilitadoras para la materialización del resto de las acciones. De esta forma, se dará prioridad a aquellas medidas que, aun no teniendo un impacto económico elevado en el corto plazo, son indispensables para poder desarrollar otras que sí lo son, y que por tanto deben ejecutarse con anterioridad.

Las tres variables se presentan en una escala con tres intensidades distintas en la que el número de casillas coloreadas (amarilla para impacto, naranja para facilidad y rojo para urgencia) indica un nivel superior de la variable: mayor impacto económico, mayor facilidad de implementación o mayor urgencia. A continuación, se ofrece un ejemplo ilustrativo aplicado al impacto económico.



Finalmente, los tres indicadores se combinarán para formar un único indicador de priorización:

Horizonte temporal

La combinación del impacto económico, la facilidad de implementación y la urgencia determinan el horizonte temporal en el que considera que se debe desarrollar la recomendación: corto plazo (entre 2021 y 2023), medio plazo (entre 2024 y 2026) y largo plazo (entre 2027 y 2030).

Digitalización de la industria y reindustrialización

D1.	Definir una estrategia industrial coordinada entre todos los agentes que apueste decididamente por la digitalización.	CORTO
D2.	Apoyar la transformación digital de los sectores industriales líderes en España para que mantengan ese liderazgo.	CORTO
D3.	Incentivar la renovación de la maquinaria y bienes de equipo de la industria española.	CORTO
D4.	Mantener la estabilidad normativa sectorial y eliminar trabas administrativas.	CORTO
D5.	Regular adecuadamente y desarrollar el 5G industrial.	MEDIO
D6.	Fomentar la eficiencia de la industria y reducir su coste energético.	MEDIO
D7.	Impulsar nuevos sectores económicos surgidos con la digitalización y todavía en desarrollo.	MEDIO



D8. Potenciar la digitalización de las actividades del sector servicios con más capacidad tractora de la industria.



MEDIO

D9. Mantener el liderazgo en generación renovable y crear de una industria nacional de producción de hidrógeno verde.



LARGO

D10. Estandarizar y simplificar la tecnología para facilitar su adopción por las empresas.



LARGO

D11. Participar en la creación de una plataforma de servicios *cloud* a nivel europeo.



LARGO

Desarrollo de infraestructuras inteligentes

I1. Mejorar la financiación para la rehabilitación de edificios para mejorar su eficiencia energética.



CORTO

I2. Establecer mayores requisitos de eficiencia energética / puntos de recarga del VE para edificios de nueva construcción.



CORTO

I3. Simplificar los trámites de autorización para la instalación de puntos de recarga.



CORTO

I4. Ampliar la red de puntos de recarga públicos aprovechando las infraestructuras urbanas y del sector terciario.



MEDIO

I5. Establecer señales de precio efectivas para desplazar el consumo y aplanar las diferencias entre las puntas y los valles.



MEDIO

I6. Impulsar un cambio cultural en la movilidad y el consumo de electricidad.



MEDIO



I7. Aprovechar la renovación de las infraestructuras públicas con mayor grado de obsolescencia para hacerlas más inteligentes.		**MEDIO**
I8. Incentivar el cambio de los vehículos de combustión por el coche eléctrico.		**MEDIO**
I9. Impulsar esquemas de movilidad compartida y la intermodalidad en el transporte.		**MEDIO**
I10. Desarrollar normativamente la futura gestión de las *smart grids*.		**LARGO**
I11. Crear y regular un mercado de “segunda vida” de las baterías.		**LARGO**

Cambio en el modelo de negocio

M1. Ayudar a las pymes a crecer a través de mecanismos de asesoramiento y financiación orientadas a la innovación y la digitalización.		**CORTO**
M2. Impulsar la Compra Pública Innovadora (CPI).		**CORTO**
M3. Desarrollar la Estrategia ‘España Nación Emprendedora’.		**MEDIO**
M4. Fomentar los esquemas de *As-a-Service* en el ámbito de la tecnología.		**MEDIO**
M5. Aumentar la colaboración público-privada en materia de I+D+i.		**MEDIO**
M6. Ayudar a crear entornos y plataformas colaborativas para favorecer la innovación.		**LARGO**



Creación de la fuerza laboral del futuro

F1.	Actualizar (*upskilling*) y recapacitar (*reskilling*) a los trabajadores para el nuevo entorno digital.	**CORTO**
F2.	Alinear la educación superior con las necesidades de la economía digital.	**CORTO**
F3.	Incentivar una mayor diversidad en puestos consejeros, directivos y de responsabilidad en las empresas.	**MEDIO**
F4.	Aumentar la colaboración con empresas en el marco de la 'Formación Profesional Dual'.	**MEDIO**
F5.	Fomentar el estudio de las disciplinas STEM.	**MEDIO**
F6.	Integrar las *soft skills* en los planes de estudios y en la formación en las empresas.	**LARGO**
F7.	Promover la apertura internacional de las universidades y centros de FP.	**LARGO**

Ciberseguridad

C1.	Fomentar la aplicación de las mejores prácticas en materia de ciberseguridad, especialmente entre pymes.	**CORTO**
C2.	Incluir requisitos de ciberseguridad en las licitaciones públicas, con partida presupuestaria asignada.	**CORTO**
C3.	Fomentar la colaboración entre las grandes empresas en materia de ciberseguridad, y entre éstas y el INCIBE.	**CORTO**

Impacto económico | Facilidad de implementación | Urgencia | Horizonte temporal



C4.	Rediseñar la estrategia nacional de ciberseguridad y armonizar el catálogo de infraestructuras consideradas estratégicas o críticas.	**MEDIO**
C5.	Promocionar desde la Administración, las industrias y las empresas una cultura de la ciberseguridad.	**MEDIO**
C6.	Formación de especialistas en ciberseguridad con una capacitación práctica y realista.	**MEDIO**
C7.	Posicionar a España en la industria europea de ciberseguridad.	**LARGO**
C8.	Acercar la ciberseguridad a las empresas más pequeñas, simplificándola y reduciendo su coste.	**LARGO**
C9.	Homogeneizar estándares y normativa en materia de ciberseguridad a nivel europeo e internacional.	**LARGO**

Impacto económico | Facilidad de implementación | Urgencia | Horizonte temporal

4.3. Hoja de ruta

La priorización de la sección anterior nos permite establecer un calendario de medidas encaminadas a la realización de la España 5.0, materializando primero no solo aquellas de mayor impacto y facilidad de implementación, sino también las iniciativas que son una palanca para el desarrollo del resto y, por tanto, claves para continuar con la agenda de transformación digital de la economía española.

A continuación, realizamos un breve resumen para cada una de las **cinco líneas de actuación**, diferenciando entre corto, medio y largo plazo.

Reindustrialización y digitalización de la industria

Corto plazo	El primer paso para poder avanzar hacia una industria más digital es establecer una estrategia clara y coordinada entre todos los agentes, incluyendo Administraciones públicas y empresas, para que todos puedan conocer desde el inicio los objetivos y los recursos disponibles para conseguirlo. En esta estrategia se debe dar prioridad a las industrias en las que España ya está bien posicionada para que puedan hacer esta transformación y mantener el liderazgo mediante un marco normativo estable, el fomento de la eficiencia energética de la industria electrointensiva e incentivos para la renovación de *hardware* y maquinaria, este último, un paso indispensable para poder digitalizar los procesos.
Medio plazo	En el medio plazo, se debe regular adecuadamente el uso y aplicación de algunas de las tecnologías más novedosas para la automatización y remotización de las fábricas, como es el caso del 5G industrial, al mismo tiempo que se deben aprovechar los nuevos nichos creados por la transformación digital para situar a España en la vanguardia (ciberseguridad y *smart grids*, por ejemplo), y llevar la digitalización también al sector servicios, en la medida en que acabará traccionando de forma indirecta a la propia industria.
Largo plazo	Con las medidas anteriores, España estaría preparada para tener una tecnología flexible, estandarizada y adaptada a las necesidades de la industria que facilitase su aplicación por parte de las empresas más pequeñas, y posicionarse en tecnologías como la producción de hidrógeno o la provisión de servicios *Cloud* en el marco del proyecto *Gaia-X*, sin depender de proveedores externos a la UE.



Desarrollo de infraestructuras inteligentes

Corto plazo	En el horizonte temporal más corto, España debe favorecer la rehabilitación del parque actual de viviendas y oficinas, así como el establecimiento de mayores requisitos para las nuevas construcciones en materia de eficiencia energética y puntos de recarga del vehículo eléctrico. En cuanto a los puntos de recarga públicos, se debe acelerar el proceso de autorización administrativa para su instalación, actualmente muy lento.
Medio plazo	En el medio plazo, se deben aprovechar los espacios públicos (marquesinas de autobuses o red de alumbrado, por ejemplo) y las instalaciones del sector terciario (parkings, centros comerciales) para aumentar esta red de recarga. Este despliegue de la red debe ir acompañado, no obstante, del fomento de una nueva cultura de la movilidad (movilidad compartida, carga nocturna) acompañada de las señales de precios adecuadas para evitar la sobrecarga en las puntas de demanda de electricidad.
Largo plazo	Las medidas anteriores sentarían las bases para avanzar hacia el *Grid Edge*, que requerirá de un desarrollo normativo que establezca las funciones de cada uno de los agentes (productores, distribuidores, consumidores) dentro de un nuevo paradigma de *Energy-as-a-Service*. Finalmente, la movilidad eléctrica exigirá también la creación, en el largo plazo, de un mercado de segunda vida de las baterías, para poder hacerla sostenible.

Desarrollo de infraestructuras inteligentes

Corto plazo	Para poder cambiar el actual modelo de negocio y adaptarlo a las nuevas necesidades de la España 5.0, primero se debe crear suficiente "masa crítica" dentro de las empresas, de tal forma que se aprovechen las economías de escala que aporta la tecnología y genere un retorno positivo. Para ello, se debe ayudar a las pymes a crecer en tamaño y a digitalizarse, como paso previo a cualquier cambio de cultura corporativa. Por otro lado, desde la Administración pública también se puede colaborar con este cambio, desde el lado de la demanda, a través de la Compra Pública Innovadora.
Medio plazo	Igualmente, la Administración puede fomentar la innovación, desde el lado de la oferta, con un aumento paulatino de la colaboración público-privada en materia de I+D+i y el desarrollo de la estrategia "España Nación Emprendedora". También por el lado de la oferta, el fomento y apoyo a los esquemas *As-a-Service* ayudarán a la transformación digital de las pymes, reduciendo su coste de inversión y compartiendo de riesgos con los proveedores tecnológicos.
Largo plazo	Esta compartición de riesgos debe ser el germen para el desarrollo a largo plazo de verdaderos ecosistemas de innovación a través de plataformas colaborativas dónde participen grandes y pequeñas empresas, centros tecnológicos, universidades y clústeres industriales, compartiendo no solo riesgos y tecnología, sino también la información y el conocimiento.



Creación de la fuerza laboral del futuro

Corto plazo	La tarea más urgente en materia de educación es recapacitar y actualizar el conocimiento de los trabajadores para adaptarlo a la nueva economía digital, tanto desde las propias empresas, como desde las Administraciones Públicas a través de las políticas activas de empleo. En este sentido, debe producirse una convergencia entre el mundo académico y el empresarial para adaptar la oferta formativa a los requerimientos de la nueva realidad económica.
Medio plazo	La convergencia anterior entre el sector educativo y las empresas deberá llevar a una formación más dual que combine adecuadamente teoría y práctica, tanto en la FP como en las universidades, al mismo tiempo que la reducción de la brecha de género en la alta dirección de las empresas ayudará a retener y promocionar el talento femenino, aumentando la productividad y acelerando la transformación digital de las empresas.
Largo plazo	En el largo plazo, se deberá incorporar cada vez más las *soft skills* en los currículos académicos y abrir las universidades y los centros de FP a la colaboración internacional.

Ciberseguridad

Corto plazo	En el corto plazo, se debe promocionar, por un lado, las mejores prácticas en materia de ciberseguridad entre las pymes y, por otro, la colaboración entre las grandes empresas para compartir información. Desde la Administración pública, se debe empezar a incluir requisitos de ciberseguridad en las licitaciones, especialmente para la gestión de infraestructuras.
Medio plazo	En el medio plazo debe consolidarse una cultura de la ciberseguridad transversal que implique a la dirección de las empresas, los usuarios y los trabajadores, al mismo tiempo que se cree y formen en España suficientes especialistas en materia de ciberseguridad.
Largo plazo	Con estos especialistas, España estaría preparada para consolidar una industria de la ciberseguridad nacional y acercar esta seguridad a las todas las empresas a través de soluciones sencillas e integrales a través de esquemas de *Security-as-a-Service*.

Inicio 2020/21

CORTO PLAZO

Digitalización de la industria y reindustrialización

- **D1.** Estrategia industrial coordinada
- **D2.** Apoyo sectores líderes
- **D3.** Incentivo para renovación maquinaria
- **D4.** Estabilidad normativa sectorial
- **D5.** Regulación 5G
- **D6.** Fomentar eficiencia energética

Desarrollo de infraestructuras inteligentes

- **I1.** Financiación para rehabilitación de edificios
- **I2.** Puntos de recarga en edificios
- **I3.** Trámites puntos de recarga
- **I4.** Ampliación puntos de recarga público
- **I5.** Señales de precio efectivas
- **I6.** Cambio cultural en movilidad

Cambio en el modelo de negocio

- **M1.** Ayuda a pymes para digitalización
- **M2.** Compra Pública Innovadora
- **M3.** España Nación Emprendedora
- **M4.** *Technology-as-a-Service*
- **M5.** Colaboración público-privada

Creación de la fuerza laboral del futuro

- **F1.** Actualización y recapacitación de trabajadores
- **F2.** Alineación de la educación superior
- **F3.** Diversidad en puestos directivos
- **F4.** Formación Profesional Dual

Aumento de la ciberseguridad

- **C1.** Mejores prácticas en pymes
- **C2.** Requisitos de ciberseguridad en licitaciones
- **C3.** Colaboración entre empresas
- **C4.** Estrategia nacional de ciberseguridad
- **C5.** Cultura de ciberseguridad


2025
LARGO PLAZO
D7.
Impulso de nuevos sectores
D8.
Digitalización de sectores tractores
D9.
Liderazgo hidrógeno verde
D10.
Estandarización de la tecnología
D11.
Plataforma *cloud* europea
I7.
Renovación de infraestructuras públicas
I8.
Cambio de vehículos de combustión
I9.
Esquemas de movilidad compartida
I10.
Normativa *Smart grids*
I11.
Mercado de segunda vida de baterías
M6.
Plataformas colaborativas
F5.
Disciplinas STEM
F6.
Integración de *soft skills*
F7.
Apertura internacional
C6.
Formación especialista en ciberseguridad
C7.
Posicionamiento en la industria europea
C8.
Acercamiento de la ciberseguridad a pymes
C9.
Homogeneización de estándares
MEDIO PLAZO
Horizonte 2030

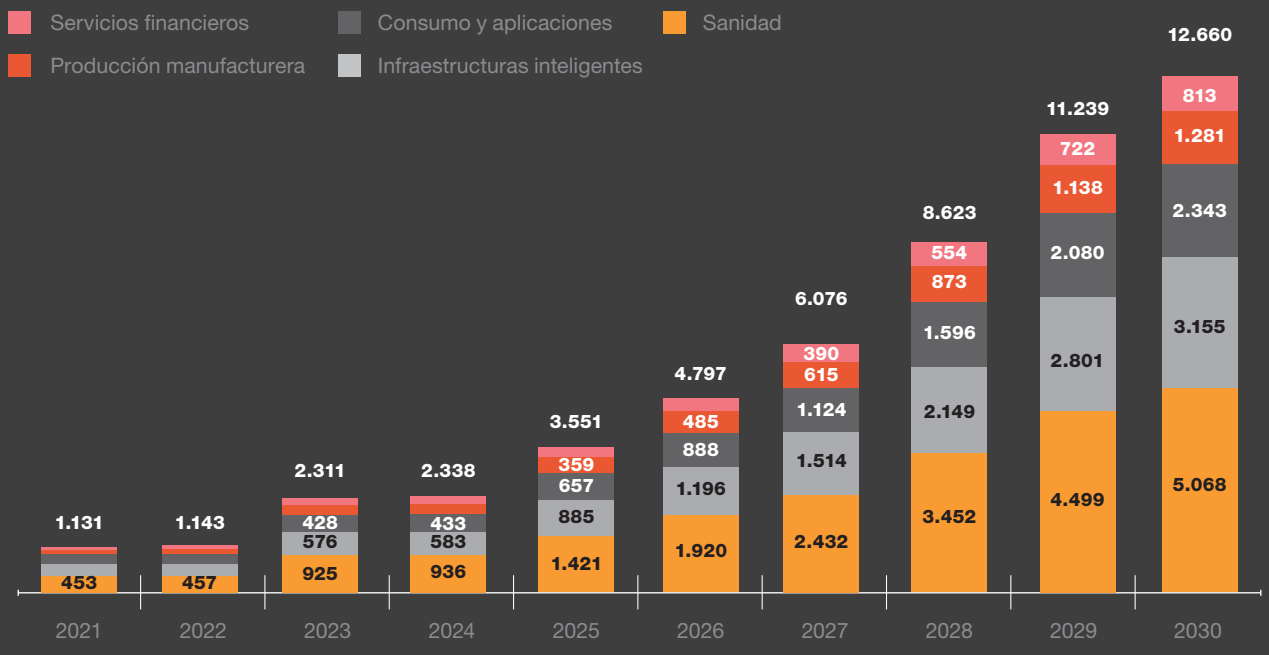
La ejecución de esta hoja de ruta acelerará la transformación tecnológica y digital de la sociedad española y, con ella, permitirá un crecimiento económico sostenible basado en la productividad del trabajo, la eficiencia y el conocimiento. La industria manufacturera mejorará su competitividad internacional gracias al despliegue del IoT junto con el uso de la robótica, la IA el *big data* o el 5G, convirtiéndose en una industria inteligente, puntera, innovadora, sostenible y con una menor huella ambiental..

Con el 100% del espectro para 5G ya desplegado en 2030, esta tecnología será una de las piezas clave de la transformación digital y económica no solo de la industria española, sino de la economía y sociedad en su conjunto, gracias al desarrollo de nuevos servicios que beneficiarán numerosos sectores. Así, la fabricación inteligente en entornos de fabricación distribuidos, el control remoto de dispositivos en tiempo real o la gestión inteligente del transporte y de los recursos energéticos serán una realidad en 2030.

El impacto de la tecnología 5G será, transversal y afectará a múltiples sectores productivos. Según nuestras estimaciones, los impactos estimados de introducir el 5G en cinco sectores (industria, infraestructuras, consumo, finanzas y sanidad aumentarían progresivamente, pudiendo llegar a alcanzar el 0,3% del PIB español en 2025 y el 1% en 2030, alrededor de 3.551 y 12.660 millones de euros. De estos sectores, la industria manufacturera e infraestructuras inteligentes representan el 35% del impacto total, lo que pone de manifiesto su enorme potencial de desarrollo.

Figura 76.

Impacto estimado sobre el PIB del desarrollo del 5G en España (M€)



Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE y la OCDE.

En definitiva, esta industria más fuerte, competitiva y digital, apoyada en los sectores líderes también tendrá una mayor relevancia en términos de aportación económica, alcanzando en 2030 una aportación al PIB muy superior a la actual, representando entre el 18% y el 20% sobre el total.

La puesta en marcha de esta "España 5.0" supondrá, además, una verdadera revolución energética. En España, una buena parte de la electricidad producida, alrededor de un 74%, procederá de fuentes renovables, lo que supone que en 2030 la potencia instalada de estas tecnologías se habrá multiplicado por 3.

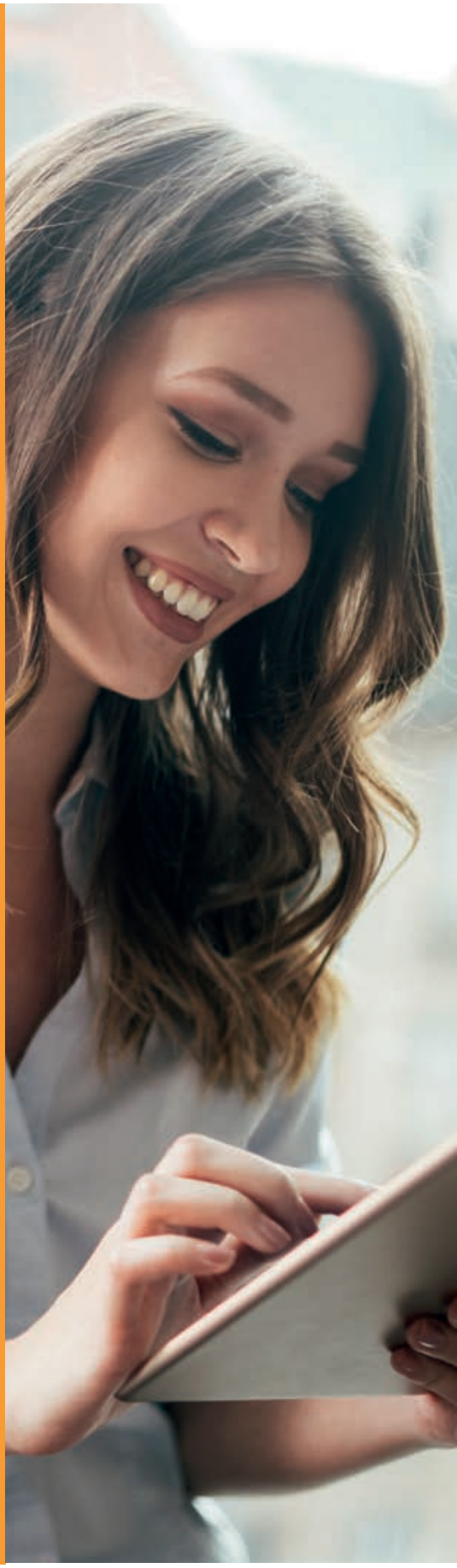
Las infraestructuras inteligentes, por su parte, optimizarán el consumo recursos y mejorarán la gestión de las redes a través de las smart grids. El consumidor será mucho más activo y tendrá potestad para generar electricidad, usarla, venderla, almacenarla o compartirla con otros usuarios.

En relación con las tecnologías de almacenamiento, la puesta en marcha de esta hoja de ruta conducirá a que en 2030 la producción de hidrógeno alcance un grado de madurez tecnológica que permita su producción a gran escala, pudiendo llegar a generar un volumen de negocio adicional de 1.300 millones de euros anuales. Además, conllevará la creación de más de 200.000 puestos de trabajo y supondrá un ahorro de emisiones de más de 15 millones de toneladas de CO_2[74].

En cuanto a los vehículos eléctricos -otra de las piezas clave en este esquema-, en 2030 circularán en España en torno a 5 millones de vehículos eléctricos, y representarán en torno al 20% del parque de vehículos nacional. A esto hay que añadir la transformación de la movilidad, que en 2030 será más flexible, intermodal y compartida.

Y de la movilidad a las ciudades, porque estas van a evolucionar hacia un modelo de smart cities con infraestructuras y edificios más seguros, inteligentes y sostenibles, que serán más eficientes en el uso y consumo de recursos, o podrán generar electricidad mediante fuentes renovables. Esto permitirá alcanzar el objetivo fijado de reducción del 9% del consumo de energía final del sector de la edificación en 2030 respecto al nivel actual.

Por todo ello, las medidas encaminadas a la consecución de la "España 5.0" contribuirán a que, en 2030, la economía española sea una economía baja en carbono, alcanzando el objetivo de reducción de emisión de gases de efecto invernadero fijado en un 49% respecto a 2005, y en un 34% respecto a 2015.



[74] Asociación Española del Hidrógeno

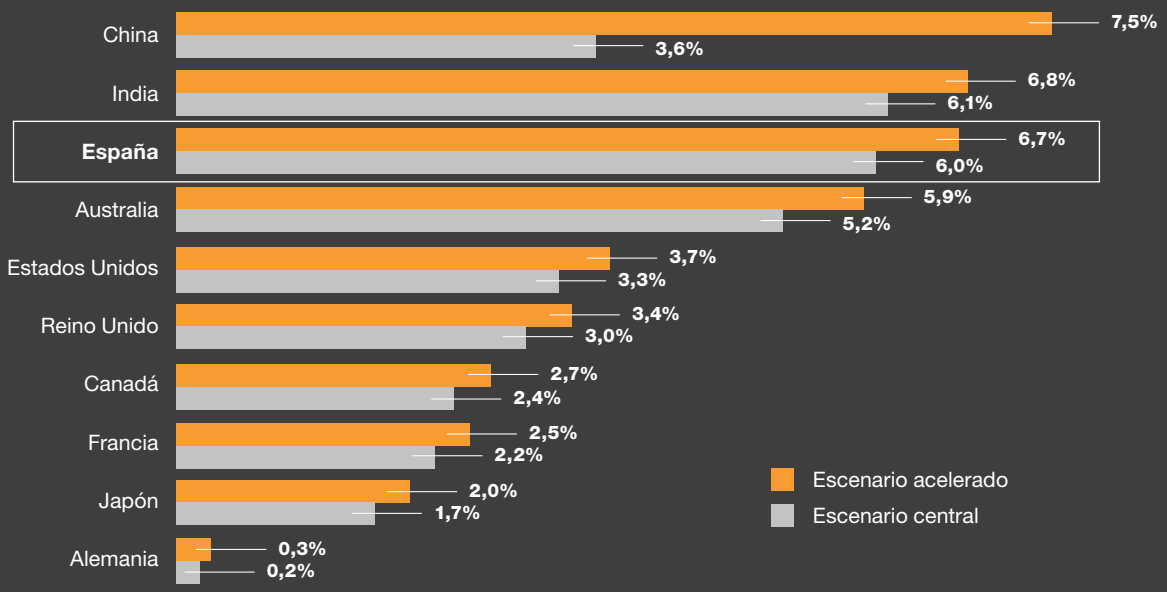
El desarrollo de ecosistemas innovadores y el avance en la digitalización de la Administración pública, empresas y pymes, así como la capacitación de la población en el ámbito digital, facilitará el camino hacia una economía digital y ayudando a mitigar la brecha digital. De este modo, en 2030 más del 25% de las empresas utilizarán de forma habitual el IA o el big data, más del 80% de las personas tendrán competencias digitales básicas y el comercio electrónico supondrá más del 25% en el caso de las pymes[75].

Asimismo, la innovación tecnológica será una prioridad en todas las empresas, sectores y ámbitos económicos, y los esfuerzos y la mejora en digitalización pueden ayudar a lograr la meta de elevar el gasto en I+D+i hasta situarlo en el 3% del PIB en 2030.

Por otro lado, la ejecución de esta hoja de ruta también supondrá una reinvención en la forma de trabajar, con entornos de trabajo más colaborativos, multifuncionales y en equipo, con trabajadores mucho más especializados y digitales, gracias a una formación práctica, enfocada a las necesidades de las empresas y al upskilling y reskilling de las habilidades digitales. Precisamente esta recapacitación profesional permitirá conseguir ganancias potenciales muy significativas en 2030 y que equivaldrían al 6,7% del PIB. En términos de empleo, fruto de esta recapacitación se generarán en torno a 220.000 puestos de trabajo adicionales en 2030, un 1,2% del empleo total.

Figura 77.

Potencial de PIB adicional derivado del *upskilling* (porcentaje del PIB nacional, 2030)



Fuente: World Economic Forum y PwC (2021). *Upskilling for Shared Prosperity.*

[75] Agenda Digital 2025

En esta fuerza laboral del futuro, las mujeres serán claras protagonistas, aprovechando al máximo su talento, sus habilidades y su enorme potencial. Fomentando la orientación y la participación de las mujeres en carreras tecnológicas y científicas, y si se lograse la paridad entre hombres y mujeres matriculados en estas carreras, en 2030 habrá alrededor de 230.000 mujeres matriculadas en carreras STEM al año, dando un fuerte impulso a nueva generación de profesionales técnicos capaces de satisfacer las necesidades de las empresas de la España 5.0 y, en última instancia, aumentando la productividad.

Precisamente relacionado con esto, si alcanzáramos la paridad entre hombres y mujeres en la tasa de actividad y de empleo, en las horas trabajadas y en la distribución del empleo por sectores, el PIB español podría incrementarse en 230.847 millones de euros, lo que se traduciría en un aumento del 18,5%. Además, este potencial incremento vendría acompañado por la creación de hasta 3,2 millones de empleos femeninos equivalentes a tiempo completo, y por unas mejoras de productividad de 1.301 euros por mujer, gracias a su traspaso a sectores económicos más productivos, como el científico-técnico[76].

Finalmente, la consolidación en el medio plazo de una verdadera cultura de ciberseguridad transversal a todas las organizaciones -incluidas las pymes- y la apuesta por el desarrollo estratégico del sector en España permitirá que, para 2030, ésta sea una industria fuerte y consolidada en España, contando con más de 20.000 nuevos especialistas en ciberseguridad, IA y datos y siendo uno de los líderes europeos – y mundiales- en un ámbito tan relevante como este.



[74] *Indice ClosinGap*. Primer indicador ClosinGap sobre el coste de oportunidad de la desigualdad de género en la economía española. Marzo de 2021.


49923

Anexo



Figura 78.

Cifra de negocio y ocupados en Andalucía por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.

Figura 79.

Cifra de negocio y ocupados en Cataluña por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.

Figura 80.

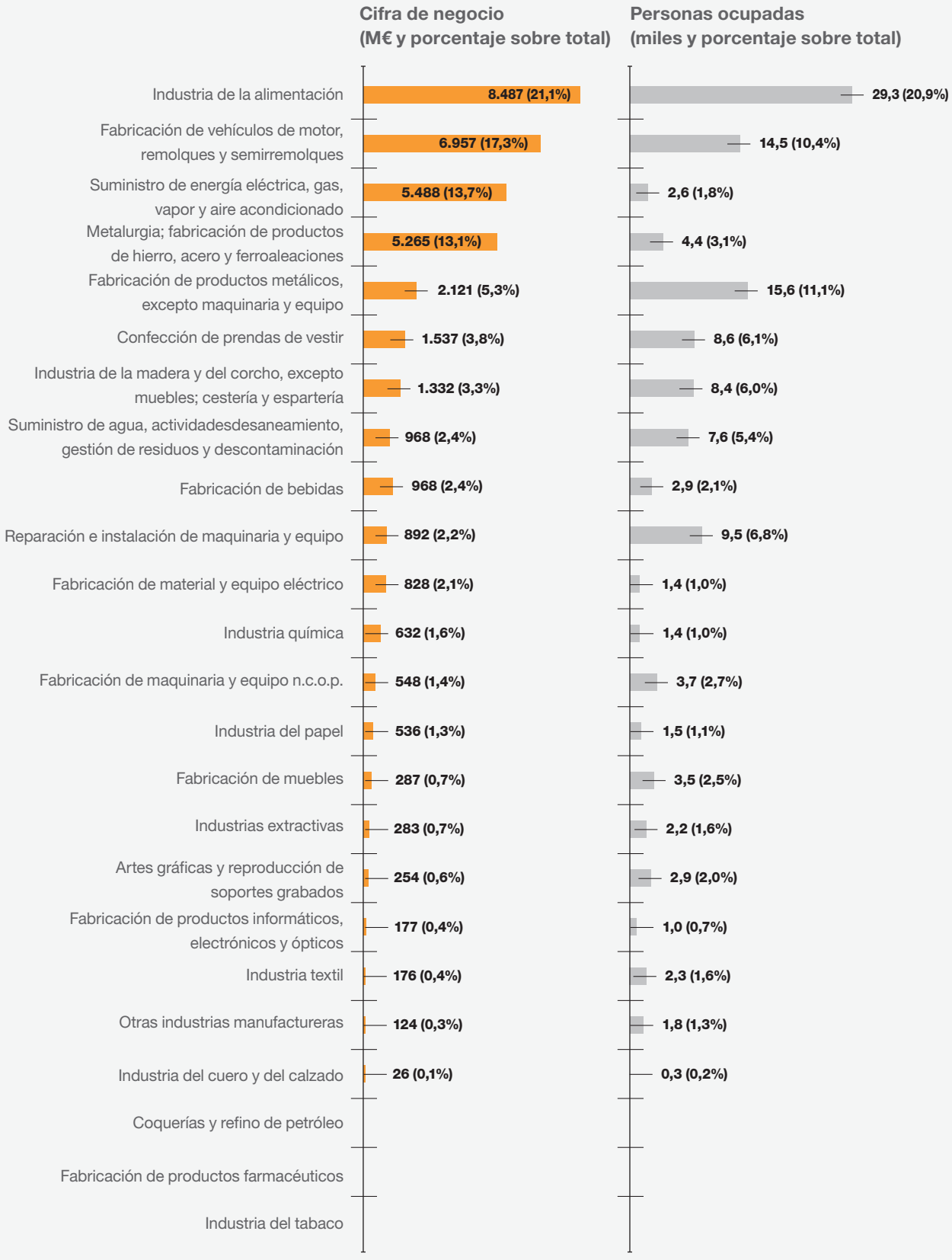
Cifra de negocio y ocupados en la Comunidad Valenciana por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.

Figura 81.

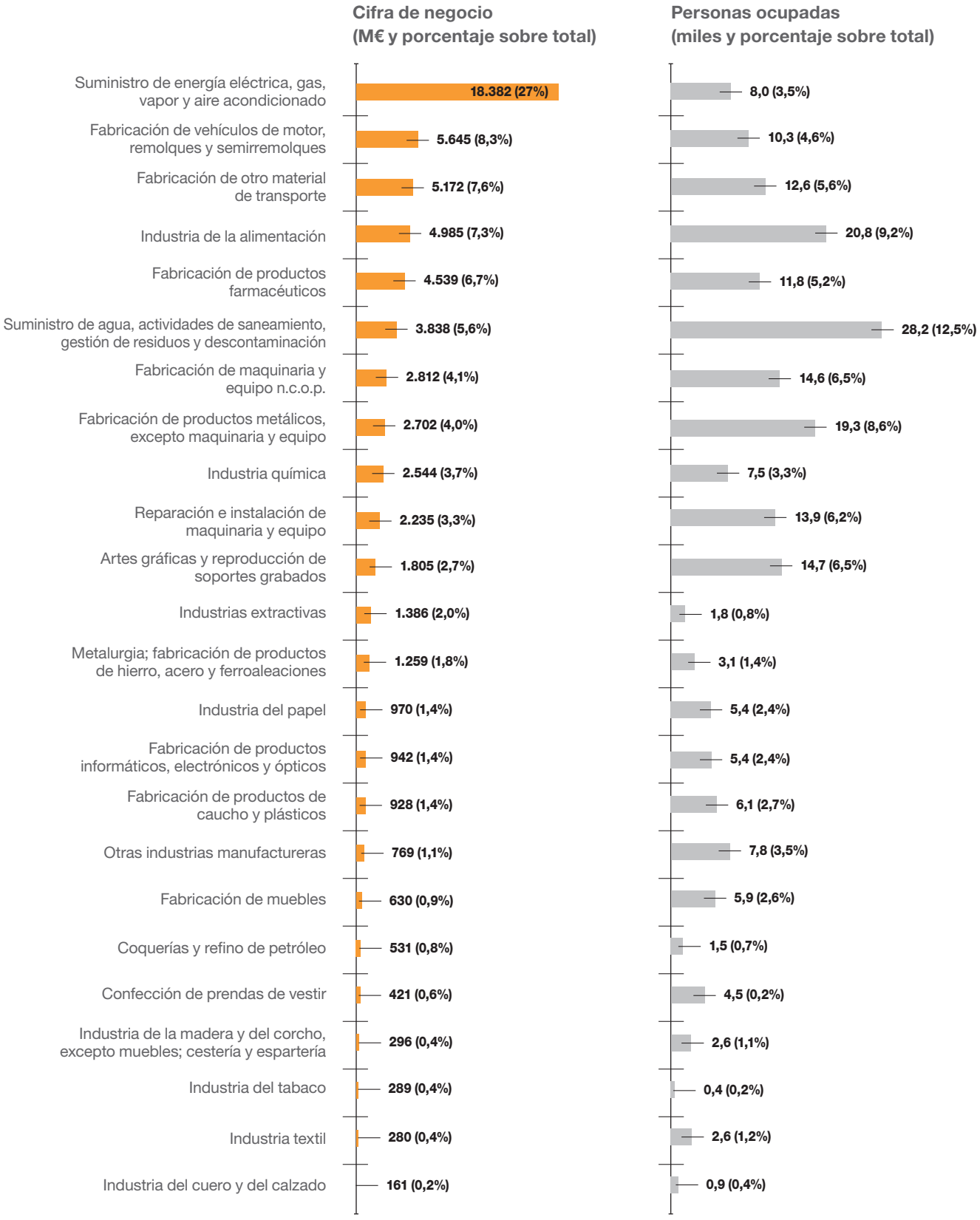
Cifra de negocio y ocupados en Galicia por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.

Figura 82.

Cifra de negocio y ocupados en la Comunidad de Madrid por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.

Figura 83.

Cifra de negocio y ocupados en País Vasco por sector (M€, ocupados y porcentaje sobre el total)



Fuente: INE.



Referencias

Adecco. (2019). *Informe Infoempleo. Adecco 2019*.

Advanced Manufacturing Technologies (AFM). (2020). *Informe Económico. Máquinas-herramienta y Tecnologías Avanzadas de fabricación*.

Agencia Internacional de la Energía. (2019). *Global EV Outlook 2019: Scaling up the transition to electric mobility*.

AMETIC. (2020). *La digitalización como base de crecimiento y prosperidad de nuestro país*.

ANFAC. (2019). *Automoción 2020-40: Liderando la movilidad sostenible*.

Banco de España. (2020). *Informe trimestral de la economía española. IV trimestre*.

Banco de España. (2020). *Proyecciones macroeconómicas de la economía española (2020-2023)*.

Barcelona Activa. (2020). *Startup Ecosystem Overview, 2019*.

CEOE. (2018). *La industria, motor de crecimiento: análisis y recomendaciones*.

ClosingGap. (2021). *Índice ClosingGap. Primer indicador ClosinGap sobre el coste de oportunidad de la desigualdad de género en la economía española.*



Club Español de la Energía. (2018). *Transporte y movilidad sostenible: una oportunidad para España*.

Colegio Oficial y la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA) e Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA). (2018). *Transición hacia una movilidad sostenible. Retos y oportunidades*.

Comisión Europea. (2017). *State of University Business Cooperation*.

Comisión Europea. (2017). *State of University Business Cooperation Spain*.

Comisión Europea. (2020). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-28*.

Comisión Europea. (2021). *Europe's digital decade – 2030 digital targets*.

Comisión Europea. (2021). *Industry 5.0. Towards a sustainable, human-centric and resilient and European industry*.

DigitalES. (2020). *Índice de la Economía y la Sociedad Digitales, (DESI), 2020*.

European Commission. (2020). *Benchmarking smart metering deployment in the EU-28*.

European Investment Bank. (2020). *Who is prepared for the new digital age?*

Fundación Bankia para la Formación Dual y Formación SEPI. (2019). *La Formación Profesional en la empresa industrial española*.

Fundación BBVA e IVIE. (2019). *Evolución de la edad media de las inversiones y envejecimiento del capital*.

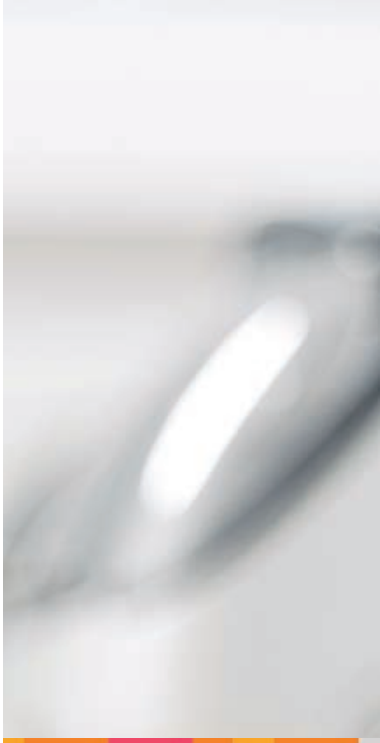
Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations. (2019). *2019 Global status report for buildings and construction: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*.

Gobierno de España. (2020). *España Puede. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*.

Google. (2019). *Panorama actual de la Ciberseguridad en España*.

IDC. (2018). *Worldwide Datacenter. 2018 Predictions*.

IDESCAT. (2017). *Encuesta de Clima Empresarial (CLEM). Primer trimestre de 2017*.



International Telecommunication Union. (2018). *Global Security Index*.

Ministerio de Economía y Transformación Digital. (2020). *España Digital 2015*.

Ministerio deTransporte, Movilidad y Agenda Urbana. (2019). *Los transportes y infraestructuras. Informe Anual 2018*.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*.

Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico. (2020). *Hoja de Ruta del Hidrógeno. Una apuesta por el hidrógeno renovable*.

Observatorio de la Movilidad Metropolitana. (2020). *Informe OMM, 2018*.

Observatorio de las Ocupaciones del SEPE. (2016). *Estudio prospectivo del sector de bienes de equipo en España*.

ODYSSEE-MURE. (2020). *Rehabilitación energética de los edificios en España y la UE. Experiencia adquirida y principales recomendaciones*.

PwC. (2013). *Global Information Security Survey*.

PwC. (2017). *The Long View: How will the global economic order change by 2050?*

PwC. (2020). I*nforme del estado de cultura de ciberseguridad en el entorno empresarial*.

PwC. (2020). *The global forces shaping the future of infrastructure. Global infrastructure trends*.

PwC. (2020). *XXIII Encuesta Mundial de CEO*.

PwC. (2021). *Net Zero Economy Index 2020: The Pivotal Decade*.

PwC Strategy&. (2018). *Industria 4.0: Global Digital Operations Study*.

PwC Strategy&. (2020). *Digital Auto Report 2020*.

PwC y SIEMENS. (2013). *Claves de la competitividad de la industria española*.



Red Eléctrica de España. (2019). *Monográfico sobre vehículo eléctrico*.

Sistema Español de Inventario de Emisiones. Ministerio para la Transformación Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*.

Spain Startup. (2020). *Mapa del Emprendimiento 2020*.

Strategy&. (2018). *Industria 4.0: Global Digital Operations Study*.

Torrent-Sellens, J. (2019). *Industria 4.0 y resultados empresariales en España. Un primer escaneado*.

World Economic Forum. (2019). *Towards a Reskilling Revolution*.

World Economic Forum. (2021). *The Global Risks Report 2021*.

World Economic Forum y PwC. (2021). *Upskilling for Shared Prosperity. Insight Report*.

World Green Building Council. (2019). *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector*.

Patrocinado por

SIEMENS

El propósito de PwC es generar confianza en la sociedad y resolver problemas importantes. Somos una red de firmas presente en 155 países con más de 284.000 profesionales comprometidos en ofrecer servicios de calidad en auditoría, asesoramiento fiscal y legal, consultoría y transacciones. Cuéntanos qué te preocupa y descubre cómo podemos ayudarte en www.pwc.es

Este documento está basado en datos públicos y se distribuye únicamente con propósito informativo. No pretende ser exhaustivo en cuanto al análisis realizado y no conlleva recomendaciones. La información se presume confiable, pero no se garantiza que sea completa o cierta. PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L., sus socios, empleados o colaboradores no aceptan ni asumen obligación, responsabilidad o deber de diligencia alguna respecto de las consecuencias de la actuación u omisión por su parte o de terceros, en base a la información contenida en este documento o respecto de cualquier decisión fundada en la misma.

© 2021 PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L. Todos los derechos reservados. “PwC” se refiere a PricewaterhouseCoopers Asesores de Negocios, S.L., firma miembro de PricewaterhouseCoopers International Limited; cada una de las cuales es una entidad legal separada e independiente

Algunas de las fotografías del interior han sido cedidas por Siemens, única y exclusivamente, para la elaboración de este documento.