



Industrializar la digitalización

Andrés Ortega - Febrero 2022

Industrializar la digitalización

Andrés Ortega – Febrero 2022



Real Instituto Elcano - Madrid - España
www.realinstitutoelcano.org

© 2022 Real Instituto Elcano
C/ Príncipe de Vergara, 51
28006 Madrid
www.realinstitutoelcano.org

ISSN: 2255-5293
Depósito Legal: M-8692-2013

Industrializar la digitalización

Contenido

Sumario ejecutivo

Introducción: el concepto

1. El marco de la política industrial española y europea
2. Ámbitos y prioridades
3. El tamaño: pymes y grandes
4. Recursos: financiación y talento
5. Patentes e innovación "*in-house*"

Conclusiones y propuestas

Agradecimientos

Sumario ejecutivo

La digitalización de la economía, incluida la de la industria, acelerada con la pandemia, abre nuevas oportunidades para España de fabricar *software* y dispositivos para responder a esta nueva demanda. Es la industrialización de la digitalización, la de la fabricación de las cosas que se necesitan para la digitalización, lo que debe ser parte de la política industrial, e incluir los servicios digitales. El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, en respuesta a los fondos europeos, atiende en una parte importante a este reto. No obstante, sobre todo en materia de dispositivos avanzados y de tecnología profunda, los tiempos son mayores, de dos a 20 años. Son necesarias alianzas nacionales e internacionales, especialmente europeas para lograrlo. En este *Policy paper* se establecen, sin ánimo de exhaustividad, algunos ámbitos prioritarios, tanto en materia de productos intangibles (industria del *software*, inteligencia artificial, computación y comunicación cuántica, ciberseguridad y la industria de la lengua española), como otros tangibles (sensores, microprocesadores y microelectrónica, cables submarinos, infraestructuras de comunicación transfronteriza, *cloud*, 5G y satélites de comunicación) que requieren tiempos más largos, pero que hay que planificar ya en los próximos meses. Asimismo, se analiza el problema que supone el excesivo peso de las pymes en la economía española y en este sector en particular, la gestión de los recursos y del talento, así como de la innovación y las patentes, para terminar con una serie de propuestas y recomendaciones, entre ellas el estudio de la creación de una *Advanced Research Projects Agency* (ARPA) española y europea, y la elaboración de una estrategia española de tecnología profunda. Son oportunidades casi únicas que no se deben perder. El modelo de ecosistema valenciano se estudia como un buen ejemplo a seguir.

Introducción: el concepto

Con un punto de partida sólido¹ en materia de digitalización, que se ha acelerado y reforzado con los efectos de pandemia del COVID-19, España, dentro de la Unión Europea (UE), está lanzada en un plan de digitalización de la economía, incluida la industria y muy especialmente las pymes que van más atrasadas a este respecto. Es uno de los objetivos centrales del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR),² presentado por el Gobierno español y aprobado por la Comisión Europea para acceder a las partidas correspondientes del fondo *NextGenerationEU*. Pero si la adecuada y eficiente digitalización de la industria (y de la economía en general) es una prioridad ante el cambio de equilibrios en la economía española, se habla menos en el debate público de la necesidad de “industrializar la digitalización”, de la idea de una política industrial de digitalización, es decir de fabricar en España –por empresas radicadas en el país y participantes en consorcios internacionales, europeos en primer lugar– productos tangibles e intangibles necesarios para esa digitalización, de forma a aprovechar también en esta dimensión nuestros mejores activos para esa nueva oportunidad, que de otro modo sería un lucro cesante, frente a la posibilidad de crear valor en escalas importantes. Se trata de lograr valor añadido y empleo de calidad en cantidad a través de la transición digital fabricando tangibles y desarrollando intangibles para su uso nacional y para la exportación. Una parte del futuro se juega en esto. No aprovechar la oportunidad tendría un coste para el conjunto del país. En este sentido, este *Policy paper* tiene vocación transitiva, es decir incluye el propósito de servir para cambiar, poco o mucho, las cosas a las que se refiere.

No solo se trata de impulsar el producto y el desarrollo de servicios, sino de construir el ecosistema adecuado y una gestión sistemática para una producción y prestación de servicios digitales por parte de empresas y centros que escalen y que cubran tanto la ciencia básica, la aplicada, la I+D+i, la tecnología y productos *hard*/tangibles como infraestructuras, plataformas y aplicaciones, servicios (*software*, intangibles...) así como su adopción sistemática por distintos sectores. Es decir, la industrialización de lo digital se refiere al proceso de producción de bienes digitales y su transformación a gran escala. La AMETIC, una asociación española del sector, reclamaba antes de la pandemia a los partidos políticos y al gobierno medidas para asentar las bases de un país digital.³ Algunas están en marcha. Otras, se deben plantear.

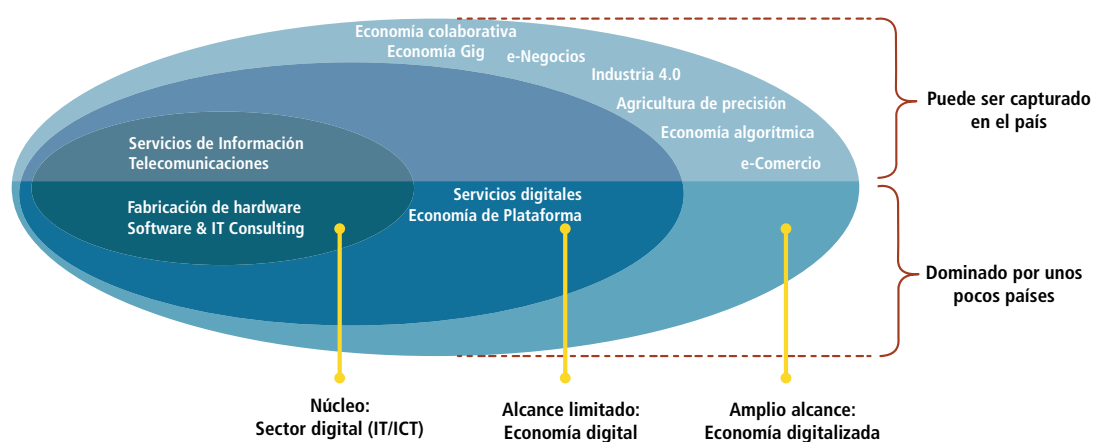
1 Ver el *Índice de Economía y Sociedad Digital en la UE* (DESI) 2020. Ficha España: https://administracionelectronica.gob.es/pae/Home/pae_OBSAE/Posicionamiento-Internacional/Comision_Europea_OBSAE/Indice-de-Economia-y-Sociedad-Digital-DESI-.html. En el DESI, España figura como líder en conectividad, pero no en su uso. Pero el DESI esconde dónde está la posición competitiva de la industria digital. Ver también el *Índice de digitalización del IBEX 35* (2021), Adigital realizado por Opinno: https://www.adigital.org/doc/202106_indice-de-digitalizacion-del-ibex35-20-21.pdf que refleja que la digitalización es una prioridad para las empresas del IBEX 35, aunque ninguna de ellas ha completado aún su transformación.

2 <https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Paginas/2020/espana-puede.aspx>

3 <https://ametic.es/es/prensa/ametic-reclama-los-partidos-politicos-medidas-necesarias-para-asentar-las-bases-de-un>

Dicho esto, la agenda española en digitalización, industria y tecnología no tiene por qué ser la misma que la de Francia o Alemania ni la del Reino Unido, aunque mantenga con ellas bases compartidas. Hay que priorizar sectores estratégicos para España y fomentar sus fortalezas internas, por un lado, y, por otro, hacia Europa, sin excluir la colaboración con empresas de terceros países.

Figura 1. Definición de la “economía digital”⁴



Fuente: Rumana Bukht y Richard Herks. 2010

Aunque el mundo digital debería ser de “innovación abierta”, no hay sensibilidad suficiente en las empresas sobre el valor añadido que se pierde, dada la cultura imperante, con marcadas excepciones, de “comprar fuera”, en vez de invertir en I+D y en innovación propias, una cultura dominante que fomenta la dependencia extranjera y global. Siendo esto cierto, también es verdad que a veces es más eficiente para acelerar la transformación de las pymes “comprar fuera”, eso sí, respetando los estándares europeos de privacidad y seguridad. Hay que definir con cierta precisión aquellos ámbitos en los que es rentable en el corto y en el medio plazo una inversión en I+D e innovación propias.

Industrializar la digitalización es algo que va más lejos de la recuperación de la crisis de la pandemia y de sus tiempos. En estos años de transformación se han de sentar las bases para ello. Es una oportunidad para España. Para ello se requiere atraer talento e inversiones al país y sus empresas. No se trata de un enfoque autárquico, para una economía cerrada, sino todo lo contrario, especial, aunque no únicamente, en cooperación con otros socios europeos. Pero para ello, y para innovar, es fundamental estar en la frontera, en el *edge* de la última tecnología e innovación.

4 Arthur D. Little (2020), “Think differently. Think archetype. Your digital economy model”, <https://www.adlittle.com/en/insights/report/think-differently-think-archetype-your-digital-economy-model>

La digital es una industria de servicios y de productos. En la UE un 92% se lo llevan las *grandes*, es decir, empresas de EEUU (y en menor medida de China), aunque no cabe olvidar la influencia de la dimensión social, de privacidad y regulatoria, con alcance global, de la UE. Ha habido en los últimos años una deslocalización avanzada de la industria digital, cuando en algunos sectores, como los semiconductores o la fabricación de teléfonos móviles, Europa era hace tres décadas toda una potencia a este respecto. Por ejemplo, en móviles. Ericson y Nokia, que dominan la tecnología 5G, han perdido el papel que tenían en su fabricación, en beneficio de empresas de EEUU, Corea del Sur, Taiwán y China.

No solo es que dominen las grandes. Hay otro problema añadido. En la UE hay algunas empresas propiamente europeas que dominan buena parte de la cadena de valor de tecnologías avanzadas como la de los semiconductores, uno de los sectores a la vez más globales y más especializados. Pero es un problema que en Europa a menudo esto reduzca a una única empresa o a unas pocas –por mucho que sean europeas–, de tamaño limitado, y que además tienen en ocasiones más contratos con países no-UE que con los propios Estados miembros. Ejemplo es ASML, una firma holandesa, de las pocas empresas en el mundo que trabajan en todas las fases de semiconductores (no solo fabricación, sino diseño y testeo también). Pero es la única prácticamente europea, y no tiene el apoyo que debería por parte de la UE.⁵

Hay también una oportunidad geopolítica de interés. Ante los cambios en la política hacia las empresas, especialmente, las tecnológicas, del régimen chino, varias empresas asiáticas se están planteando trasladar su producción de China, además de a otros asiáticos como India, a algunos países europeos, entre ellos España.

5 Ver a este respecto John Thornhill (2021), "How the global semiconductor tussle is shaping ASML's future", *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/793bcae2-509b-4287-a4da-97e0c86ee87d>; y Don Clark (2021), "The Tech Cold War's 'Most Complicated Machine' That's Out of China's Reach", *The New York Times*, <https://www.nytimes.com/2021/07/04/technology/tech-cold-war-chips.html>

1 El marco de la política industrial española y europea

Hay una carrera tecnológica mundial entre EEUU y China, pero también Europa y otras potencias. Se traduce en la participación estratégica activa de los gobiernos, en el apoyo del sector corporativo, y con políticas industriales en sectores clave intensivos en tecnología. Ello ha generado una ventaja competitiva difícil de superar para Europa y España. EEUU y China han entendido que el dominio tecnológico es indispensable para el dominio geopolítico e incluso ideológico, y desde el sector privado y el público, está invirtiendo mucho en este futuro. En este sentido, el ritmo de innovación está creciendo y el momento es crítico para evitar el distanciamiento de Europa, y en particular de España, en el crecimiento futuro.

Europa no domina en plataformas. Las grandes son estadounidenses o chinas y se salvan muy pocas europeas, como Spotify o el banco digital sueco Klarna. En tecnología, Europa ha perdido puestos, aunque no cometió el error de EEUU de quedarse sin productos de conectividad sin hilos y mantiene a Ericsson y Nokia que tienen muy buena cuota de mercado a nivel mundial en infraestructuras, si bien ambas empresas se sienten poco apoyadas por la UE (menos aún si se comparan con el apoyo estatal chino a Huawei, modelo distinto).⁶

La industrialización de la digitalización tiene que ser parte de la política industrial,⁷ de la soberanía industrial y de una autonomía estratégica abierta, nacional y europea, modelo que propugnan conjuntamente España y los Países Bajos.⁸ Pero el tejido industrial español es pequeño y en consecuencia es necesario que se creen las condiciones para potenciar la cooperación entre empresas de distinto tamaño para abordar los costes de la inversión en I+D, innovación y posterior fabricación y desarrollo de servicios digitales. Es lo que pretenden los Proyectos Estratégicos para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE). También las grandes empresas tienen un papel que cumplir a este respecto. En España, por ejemplo, una gran empresa como Telefónica se está convirtiendo de hecho en socio tecnológico de las pymes para acelerar su digitalización y para desarrollar servicios y productos digitales. El PRTR sí contempla “el fortalecimiento de una industria digital propia”. “El poco peso relativo de la industria en la economía española, junto con la atomización de las empresas, la escasa oferta de profesionales STEM” (de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, aunque los ingenieros españoles están muy bien valorados) y “una baja cultura de la movilidad compartida, se constituyen como las principales debilidades de España para afrontar este reto”, señala un informe de Siemens.⁹

6 <https://www.ft.com/content/1ac1db39-7817-4fe2-ace8-8b67714aafd6>

7 Ver Eva Arrilucea, Félix Arteaga, Jesús Marcos y Andrés Ortega (2020), “Una política industrial transformadora para la España post COVID-19”, *Elcano Policy paper* 5/2020 - 8/X/2020, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/policy-paper-politica-industrial-transformadora-espana-pos-covid-19

8 <https://www.permanentrepresentations.nl/documents/publications/2021/03/24/non-paper-on-strategic-autonomy>

9 Siemens (2021), *Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0*, <https://new.siemens.com/es/es/empresa/estudios-de-siemens/claves-e-inversiones-estrategicas-para-una-espana-50.html>

El Internet industrial es central. En este campo, España tiene fortalezas, como la impresión 3D o la fabricación avanzada/inteligente, la economía circular y la moda, en la que España es líder con Inditex.¹⁰ Hay que apostar por estos campos, incluido a este respecto la relación entre el Internet de las Cosas (IoT) y el turismo de calidad.¹¹

En este *Policy paper* nos centramos en la generación de productos tangibles e intangibles, en sus procesos y en sus ecosistemas. No entramos, porque merecería todo otro desarrollo, en la industria militar/defensa, en reestructuración,¹² a las que el Gobierno y algunas empresas están prestando una atención especial.

Es necesario, en el terreno que abordamos, poner un horizonte de cinco a 20 años, más allá del actual plan de recuperación que, sin embargo, ha de sentar las bases para hacer posible este largo plazo. Es decir, que, tras la primera llegada de los fondos de recuperación en 2021, se dispone de un año o dos para planificar y sentar las bases del largo plazo. La posibilidad de fabricar elementos físicos y desarrollar servicios mucho más avanzados requiere tiempos que superan el PRTR. Un problema es qué proporción de inversión y esfuerzo humano se dedica a tecnologías duras de largo plazo y qué proporción a la economía que produce riqueza a corto plazo. Hay que priorizar las tecnologías y su adopción que no es igual en tiempos. Si los plazos cortos, como estamos viendo, requieren de apoyo financiero, la visión de largo plazo aún más.

Un elemento central del PRTR, por ejemplo, en su Componente 15,¹³ es el objetivo de planificar actuaciones e inversiones “con visión estratégica”. Esta visión se sitúa dentro de la idea de autonomía o soberanía estratégica europea: “proteger y reforzar la soberanía digital de la UE y su liderazgo en las cadenas de valor digitales internacionales de carácter estratégico como elementos clave para garantizar la autonomía estratégica y la competitividad de Europa a nivel mundial, así como el desarrollo sostenible”. Ya de por sí, pero aún más ante la importancia puesta de relieve por la pandemia del COVID-19, incluye la conectividad gigabit en la UE con, en particular, “proyectos multi-país de *cloud*, satélite y comunicaciones cuánticas, y microprocesadores, además de consolidar y extender tecnologías existentes”, que permitirán “anticiparse a los desafíos futuros y las potenciales dependencias en tecnologías estratégicas clave durante los próximos 20 a 30 años”. En esta visión tienen un papel fundamental algunos grandes proyectos tractores, en los que la inversión pública actúe como impulsora, transformadora y multiplicadora de la privada. Hay también que centrar la I+D no solo en propuestas de investigación sino en resultados.

10 Informe DESI ya citado y Banco de España, *Informe Anual 2020*, https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/PublicacionesAnuales/InformesAnuales/20/Fich/InfAnual_2020.pdf

11 Ver a este respecto: Alicia Macías (2021), “Andalucía Lab: Beneficios del Internet of Things aplicado al Turismo”, <https://www.andalucialab.org/blog/beneficios-del-internet-of-things-aplicado-al-turismo/>

12 Ver a este respecto: Félix Arteaga (2021), “Tecnología y autonomía estratégica en la Defensa española”, *Elcano Policy paper*, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/policy-paper-arteaga-tecnologia-y-autonomia-estrategica-en-la-defensa-espanola

13 <https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/16062021-Componente15.pdf>

Evidentemente, ningún Estado miembro de la UE o empresa puede hacer esto por sí solo. Dicho esto, los que tienen estrategias nacionales de actuación van a conseguir que la UE trabaje para ellos. Las prioridades nacionales los convierten en referencia. De ahí la importancia de las estrategias desde España. Se van a necesitar importantes inversiones públicas y privadas y cooperación entre países, alianzas variables, pero viables además de sostenibles, por regiones o por áreas. No se trata de aumentar el grado de independencia ni de dependencia, menos aún de llegar a un “efecto maquila” en lo digital, sino de interdependencia bi-unívoca y relacional.

A este respecto, los ya citados PERTE son una nueva figura de colaboración público-privada nacional, inspirada en los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo (IPCEI), regulados en el Real Decreto-ley 36/2020. Tienen como objetivo potenciar un sector industrial competitivo, sostenible e innovador en lo digital, en el vehículo eléctrico y conectado, en salud, o en el sector agroalimentario, entre otros. Los PERTE agrupan empresas (cinco mínimo y un 40% pymes) para intentar superar la excesiva proporción de pymes en la economía española e impulsar que aumenten en tamaño.

Los IPCEI

Los IPCEI involucran a más de un Estado miembro de la UE y están pensados con carácter disruptivo y una amplia ambición de I+D+i. Impulsan proyectos de impacto para la UE y para países, en este caso, España. Son un instrumento estratégico clave para la aplicación de la Estrategia Industrial de la Unión Europea y, sí, son una herramienta para saltarse las limitaciones sobre ayudas de Estado en la UE, por lo que son útiles si hay dinero público para invertir en ellos. Un IPCEI reúne conocimientos, experiencia, recursos financieros y agentes económicos en toda la UE, con el fin de superar importantes fallos del mercado o del sistema, incluidos retos sociales, que no podrían abordarse de otro modo. Los IPCEI son consorcios europeos a gran escala en cadenas de valor estratégicas clave que cuentan con proyectos empresariales estrechamente conectados. Los IPCEI cuentan con proyectos centrados en la investigación y el desarrollo, así como en el primer despliegue industrial (FID). El IPCEI permite a los países participantes apoyar proyectos de cooperación transnacional con importantes sinergias por ejemplo en microelectrónica, manteniendo y ampliando aún más las competencias europeas en este campo. También asegura que toda la cadena de valor de la microelectrónica esté disponible de manera confiable para los actores locales.

Dado que comportan ayudas públicas, estatales u otras (hasta un 50%), un IPCEI requiere la aprobación de la Comisión Europea. Las empresas y los Estados miembros, en un proceso de notificación específico, deben demostrar que el IPCEI obedece a un interés europeo superior y que los proyectos no se lograrán solo por medio de las fuerzas del mercado actuando libremente. Con su aprobación, la Comisión Europea se asegura de que todos los Estados miembros de la UE puedan beneficiarse, de que no se produzca una distorsión desproporcionada de la competencia y de que las empresas de sus proyectos se adhieran a esos criterios.¹⁴

14 <https://www.ipcei-me.eu/what-is/> y <https://www.ipcei-me.eu/what-is/project-structure/>

En lo que respecta al objeto de este estudio, España está presente en el IPCEI de *Next Generation Cloud Infrastructures and Services* (IPCEI-CIS), junto a Francia, Italia, Alemania, Bélgica, Hungría, Letonia, Luxemburgo, Países Bajos, Polonia y Eslovenia. Estudia participar en otros de microelectrónica que interesan al país, como el de semi conductores.

Sería conveniente crear un engranaje en España de los PERTE con los IPCEI, sobre todo con la vista puesta en el largo plazo.

La política industrial española, en el horizonte 2030 contempla la digitalización de una serie de sectores estratégicos: fundamentalmente salud, automoción, turismo y comercio, agroalimentario, con mecanismos de colaboración público-privada para el desarrollo de soluciones tecnológicas que aumenten la productividad a lo largo de toda la cadena de valor de estos campos en los que España cuenta con una posición de liderazgo. Cabe añadir la insistencia en la parte que depende solo de nuestras fortalezas y no de las de otros.

El Componente 12 del PRTR menciona que “España debe aprovechar la oportunidad de la digitalización disruptiva basada en el uso intensivo de los “datos masivos” (*big data*) en todos los sectores productivos, acelerando los procesos de adopción”. Aboga por, en paralelo, reformar la actual Ley de Industria, que data nada menos que de 1992, anterior al proceso de digitalización de la Cuarta Revolución Industrial ahora en curso.

En cuanto a los calendarios, como ya se ha mencionado, hay tiempo –los tres años contemplados por el PRTR– para proyectos de *software*, no para los grandes proyectos de *hardware*. Como ya hemos señalado, los grandes proyectos van más allá de lo contemplado en el PRTR. Este plantea unos límites de temporalidad relativamente estrechos para sacarlos adelante o al menos sentar sus bases. Los IPCEI, por los que tanto apuesta Alemania, tienen otras necesidades y posibilidades. Son a 5-6 años vista o más. Al ser corto el tiempo habría que construir partenariados con aceleradoras de empresas españolas, incluidas Wayra (Telefónica) y otras con sede en España como BBVA. Google, por ejemplo, tiene una con SeedRocker y Amazon con Bbooster. De nuevo, una conclusión para las políticas debe ser la priorización del largo plazo y a la vez del corto y no meter todas las tecnologías en el mismo saco. El enfoque alemán de los IPCEI es resultado de un proceso interactivo dentro de su sistema de ciencia, tecnología e industria del que España carece, por falta de prioridades y de mecanismos comprensivos para definirlos.

El tiempo apremia y se necesitan cambios en el marco normativo, en las leyes y procedimientos para lograr que las subvenciones fluyan con más rapidez, especialmente en I+D+i, y se logren desembolsar en buena parte. Esto debe incluir la potenciación de la idea de colaboración o partenariados público-privados, y la innovación abierta.

También es necesario cultivar en España una “paciencia del resultado”, bastante ausente. Los inversores españoles suelen buscar ganancias a muy corto plazo porque ven difícil mantenerse de forma sostenida en la visión del largo plazo, que es imprescindible estratégicamente, pero para cuya materialización hace falta un músculo financiero del que,

de forma sistémica, el entorno español carece. Quizá sí podría articularse dentro un marco europeo para ello con instrumentos comunitarios.

El reto de la deep tech

Estamos ahora en una nueva fase de esta Cuarta Revolución Industrial que ya no es solo de *bits*, sino de “*bits* más átomos”, es decir más física -y más industrial- como señala un informe de Boston Consulting Group y Hello Tomorrow sobre la tecnología profunda (*deep tech*), aunque otros, como *Global Startup Genoma*, llevan varios años mencionándola. En sus dos últimos informes consideraba que Silicon Valley puede no ser el ganador frente a Japón, China, Taiwán y Corea del Sur.¹⁵ En los últimos meses, los principales desarrollos tecnológicos han sido muy físicos, aunque no se podría haber desarrollado sin avances digitales. Las vacunas contra el COVID-19 con la tecnología ARN (que abre nuevos caminos para otras), son un ejemplo, pero también los cohetes y los satélites de Space X, la carrera a la Luna y el espacio por parte de algunas potencias, o la incidencia de Tesla en la revolución de los coches eléctricos, conectados y semi-autónomos. Según el informe de *Startup Genome* de 2021, *deep tech* (en la que la consultora incluye fabricación avanzada y robótica, *blockchain*, tecnología de la agricultura y nueva alimentación, IA y *Big Data*) sigue siendo el grupo de fabricación que más crece a nivel mundial. Según el informe de BCG y HT, esta *deep tech* puede transformar el mundo como lo hizo Internet en su día. Alemania, por ejemplo, está elaborando una estrategia nacional de *deep tech*, porque tiene el sistema organizado para ello. Francia ya la tiene, apoyada por un fondo soberano. El Reino Unido ha elaborado varios planes sectoriales de inversión en este espacio. También Israel está en ello.

Las empresas o emprendimientos de tecnología profunda están orientados a problemas que requieren soluciones, no empiezan por la tecnología o la solución. Se sitúan en la convergencia de enfoques (ciencia, ingeniería y diseño), lo que resulta esencial (véase figura 2), y de tecnologías (el 96% en EEUU emplea, al menos, dos tecnologías y el 66%, más de una tecnología avanzada) en torno a tres clústeres (materia y energía, computación y cognición, y sensores y movimiento). Esta innovación es más física, en el sentido antes apuntado (el 83% fabrica un producto con un componente *hardware*) y reposa sobre un ecosistema de actores muy interconectados: no son posibles en un garaje, sino que involucran a centenares de personas en decenas de universidades y laboratorios de investigación y, por tanto, más capital. Las empresas de *deep tech* combinan tecnologías existentes o emergentes y requieren una I+D significativa para desarrollar negocios prácticos o aplicaciones para el consumidor o usuario final. A este respecto, la computación y la electrónica y, en segundo lugar, la sanidad (por encima de la automoción) son las mayores industrias en términos de gastos en I+D+i.

15 *Deep Tech (2021)*, “The Great Wave of Innovation”, <https://hello-tomorrow.org/bcg-deep-tech-the-great-wave-of-innovation>; y *The Global Startup Ecosystem Reports 2020 y 2021*, <https://startupgenome.com/report/gser2020> y <https://startupgenome.com/reports/gser2021>

Figura 2. La tecnología profunda vive en la convergencia de tres enfoques



Fuente: BOG & Hello Tomorrow analysis.

A medida que los avances tecnológicos pasan del laboratorio al mercado y se forman empresas para buscar aplicaciones comerciales, se observa una serie de similitudes en cómo y por qué se desarrollan. Se genera un poderoso ecosistema para impulsar su desarrollo. El ejemplo de las vacunas en 2020 es significativo en cuanto al potencial de ese ecosistema. Moderna y la alianza de BioNTech con Pfizer llevaron desde la secuencia genómica hasta el mercado vacunas contra el COVID-19 en menos de un año. Aunque estas compañías realizaron un trabajo extraordinario a una velocidad inaudita, se beneficiaron de la labor de muchos otros, como los gobiernos, el mundo académico, el capital riesgo y las grandes empresas. Todos ellos son actores fundamentales en la próxima ola, aunque un problema de la *deep tech* es su financiación. El Proyecto de Ley de Fomento del Ecosistema de las Empresas Emergentes, aprobado por el gobierno en diciembre de 2021¹⁶ se adentra en este territorio al hacer referencia al proyecto de fondo *Next Tech* para innovaciones disruptivas. Pero debería elaborarse una estrategia española específica en este terreno, una Estrategia Española de Tecnología Profunda y dotarla de medios financieros.

A señalar que parte de las transformaciones que estamos viendo en China van dirigidas a invertir más en *deep tech*. El régimen se ha dado cuenta que demasiadas tecnológicas chinas se dedican al consumo y a generar beneficios a corto, descuidando la *deep tech*.

16 https://www.congreso.es/public_oficiales/L14/CONG/BOCG/A/BOCG-14-A-81-1.PDF

2 Ámbitos y prioridades

A España le interesa participar en ámbitos en los que se construya sobre sus propias fortalezas, tanto en términos de *hardware* como de *software* y de sectores cruciales (automóvil, turismo, salud, agroalimentario, lengua), pero también abrir nuevos caminos de futuro, más allá de lo existente, que permitan superar sus debilidades. El Gobierno ha identificado microprocesadores, centros de datos e infraestructuras de conectividad transfronterizas (nube), lo relacionado con la industria del automóvil conectado y eventualmente autónomo, los satélites, los cables submarinos, las comunicaciones cuánticas y la ciberseguridad. A lo que hay que añadir la programación (*software*), considerada como producto y no como servicio, especialmente en lo referido a la lengua.

Algunos de los expertos consultados insisten, junto a la diferenciación entre el corto y el medio plazo, en la necesidad para la industria de sinergia entre los tangibles y los intangibles. Y muy especialmente el *software* para aprovechar unos márgenes de negocio que suelen ser estrechos, para mantenimiento, y para producción. Todo ello ante la importancia que han ganado el *Big Data*, la computación en la nube (*Cloud Computing*), el *edge computing*, *blockchain*, el *machine learning*, las granjas de servidores, los *data centers* de proximidad, el Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*) y el Internet de Todo (*Internet of Everything*),¹⁷ que ya están funcionando en las empresas.

A continuación, realizamos un repaso, sin ánimos de exhaustividad, de los principales campos por los que España ha de reforzar su apuesta en su industrialización de la digitalización, la de los intangibles, y la de los tangibles. Entendemos aquí por intangibles esencialmente el *software* y la propiedad industrial, aunque también cuenta la formación y el talento y el entorno y la constitución de un ecosistema, que se abordan en otros apartados.

2.1. Infraestructuras

Nuestro enfoque central en este *Policy paper* es sobre la fabricación de productos y prestación de servicios digitales. Pero hay que resaltar también la importancia de las infraestructuras. Sin ellas nada de lo que aquí se propugna sería posible. Las infraestructuras son la columna vertebral del desarrollo de esa “industrialización de la digitalización”. Ahora bien, formando parte de la política industrial y también del PRTR, los marcos regulatorios han de estar alineados con los objetivos de conectividad.

¹⁷ El Internet de las Cosas (IoT, *Internet of Things*) es la interconectividad de dispositivos físicos con *inputs* y *outputs* de datos, El Internet de Todo (*Internet of Everything*) se refiere a la interconectividad de diversas tecnologías, procesos y personas.

El caso de España es especialmente significativo en relación con el desarrollo de las redes de banda ancha ultrarrápida. En 2008, España estaba a la cola de Europa en el despliegue de fibra hasta el hogar, pero en sólo seis años este país se situó a la cabeza del *ranking* europeo, a pesar la crisis económica de entonces. Hoy, de Europa, España es el país de Europa con más kilómetros de red de fibra hasta el hogar, superando a Francia, Alemania, el Reino Unido e Italia en su conjunto. En la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), sólo Corea y Japón tienen más kilómetros de fibra hasta el hogar desplegados.

Se 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”, señala el citado análisis de la empresa Siemens.¹⁸ La apuesta española por el 5G es un ejemplo central.

Europa ha perdido en dispositivos pequeños, pero no en infraestructuras de telecomunicaciones, pero los asiáticos vienen en este terreno en plan disruptivo a escala global. Lidera Europa también en los temas industriales relacionados, con los alemanes a la cabeza. Europa, incluida España, ha perdido en competitividad en este terreno, pues antes fue de las primeros en lanzar la telefonía 2G, 3G y 4G, lo que fue posible gracias a que el sector científico e industrial europeo definió los estándares. Ahora Alemania se posiciona mejor por ejemplo en 5G porque le interesa mucho el Internet de las Cosas y la Industria 4.0. Este cambio tiene también que ver con la compra de Siemens Mobile por Nokia, en lo que es un proceso de consolidación en el sector.

2.2. Intangibles y *software*

El mundo de la programación se divide básicamente en dos, el de la consultoría y el del *software* de producto. Aquí hablamos del segundo, dado que el primero son puros servicios, aunque de un volumen económico mucho mayor.¹⁹ Cabe considerar que un sector digital de servicios basado sobre productos de otros países nos lleva a perder valor añadido de la digitalización. Combinando, estima correctamente Eduardo Machón, productos y servicios se puede retener ese valor añadido, utilizarlos en España y exportar. “En la actualidad”, estima, este sector se parece al de las maquiladoras de México, pues competimos por salarios bajos y jornadas de trabajo flexibles”. Industrializar la digitalización puede contribuir a evitar el “efecto maquila” en España, al que apuntábamos antes. Más aún cuando las inversiones empresariales (y en los hogares) en bienes intangibles, como la propiedad intelectual y el *software*, aumentaron considerablemente durante la pandemia.

18 Siemens (2021), *Claves e inversiones estratégicas para una España 5.0*, <https://new.siemens.com/es/es/empresa/estudios-de-siemens/claves-e-inversiones-estrategicas-para-una-espana-50.html>

19 https://blogs.elconfidencial.com/tecnologia/tribuna/2021-04-13/programador-software-consultoria-producto-universidad_3030868/

Las inversiones en intangibles son intensivas en capacitación, remuneraciones para retener y que funcione aquí el mejor talento, y proyectos para consolidar ecosistemas que produzcan en España. Una encuesta a ejecutivos realizada en 2020 por la consultora McKinsey, concluyó que tres cuartas partes de los encuestados en América del Norte y Europa esperaban acelerar tales inversiones en los próximos cuatro años. Eso es un 55% por ciento más que entre 2014 y 2019.²⁰ En el mercado de los mayoristas, este sector está dominado por las multinacionales y el capital extranjero, según Channel Partner.^{21 22}

Aunque la definición de lo que constituye un intangible no es clara, España está en desventaja en inversión en este ámbito: 35% en intangibles versus tangibles, frente a más 50% otros países europeos (Francia, el Reino Unido, los Países Bajos, Finlandia o Suecia).²³ Además, muchos productos de *software* se consideran que entran en “servicios” antes que en “productos”. Cabe recordar que una empresa como la sueca Saab, antes más conocida por sus automóviles y aviones, es hoy la tercera del mundo en *software* de producto. Hay una industria incipiente del algoritmo gracias al *machine learning*, aunque de ella se hable poco.

2.3. Inteligencia Artificial

Una parte del desarrollo de la Inteligencia Artificial depende de los intangibles ya sea en datos o en *software* (otra parte de las capacidades de computación y de almacenamiento, del *Cloud*). El gobierno español plantea en el PRTR (Componente 16, que recoge la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial)²⁴ una inversión pública total de 500 millones de euros en el periodo 2021-2023, destinada a impulsarla en España, con actuaciones en ámbitos como la digitalización de las empresas, la formación y captación del talento, entre otras. La Estrategia prevé que, por cada euro público aportado por el Plan, el sector privado invierta tres euros adicionales, con lo que se movilizarían 2.000 millones de euros y se generaría un impacto en la riqueza de España cercano a los 3.171 millones de euros de PIB. Pero esto no garantiza que se haga desde la industria nacional.

La Inteligencia Artificial y el *machine learning* tienen formas de aplicación tanto “horizontales” como verticales y por tanto, se pueden aplicar, como el *software*, al operativo

20 McKinsey (2021), “Getting tangible about intangibles: The future of growth and productivity?”, 16/ VI /2021, <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/getting-tangible-about-intangibles-the-future-of-growth-and-productivity> y Rana Foroohar (2021, 18 de junio): “Post-pandemic inflation fears are overblown”, *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/2e6cc67e-0ae3-488d-834b-b84625d103b5?shareType=nongift>

21 Los mayoristas que más venden en el mercado español, 24/ III /2021, <https://www.channelpartner.es/mayoristas/noticias/1124591002002/mayoristas-mas-venden-mercado-espanol.1.html>

22 Para un análisis del sector de las TIC, los medios y los servicios audiovisuales, ver el informe de ONTSI-Red.es 2020 (para 2019, aunque la situación ha cambiado con la digitalización acelerada derivada de la pandemia), <https://www.ontsi.red.es/es/estudios-e-informes/informe-anual-del-sector-tic-2020>

23 <https://cotec.es/noticia/espaa-se-mantiene-rezagada-en-la-inversion-de/f44608f3-2064-40c0-932f-8522d448dfaf>; segundo informe de *La economía intangible en España. Evolución y distribución por territorios y sectores (1995-2016)*, elaborado por la Fundación Cotec para la innovación y el Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas (Ivie), <https://online.flippingbook.com/view/456103/>

24 <https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/16062021-Componente16.pdf>

de casi de cualquier campo, desde las Ciencias de la Computación, a casi cualquier ámbito investigador o de mercado. La Inteligencia Artificial genera efectos multiplicadores. Un buen ejemplo es cómo Avelino Corma y otros la han utilizado para descubrir 2,4 millones de materiales nuevos (zeolitas), para la aplicación a la industria a gran escala con efectos benéficos sobre el medio ambiente.²⁵ Esto también es industrialización de la digitalización.

Desde España se ha impulsado y se puede impulsar más la representación de los datos de una manera que maximice la cantidad de lo que los humanos y las máquinas aprenden unos de otros

2.4. Ciberseguridad

La ciberseguridad –en buena parte un intangible–, es una industria estratégica. España está bien situada al respecto en el *Global Security Index 2020*²⁶ de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), en el número cuatro del *ranking*, el primer europeo tras el Reino Unido y Estonia (el primer puesto lo ocupa EEUU). El informe señala como áreas de fortaleza relativa en España las medidas cooperativas, el desarrollo de capacidades y las medidas técnicas, y apunta como área de crecimiento potencial las medidas organizativas. Hay que tener en cuenta que Francia junto con Alemania tienen muchas patentes en ciberseguridad.²⁷

El PRTR, en su Componente 15.17 se refiere a la Ciberseguridad con actuaciones concretas que girarán en torno a tres ejes:

1. Fortalecimiento de las capacidades de ciberseguridad de ciudadanos, pymes y profesionales (a lo que se dedicarán 98 millones de euros).
2. Impulso al ecosistema del sector ciberseguridad (418 millones de euros) a través de tres palancas para el surgimiento, crecimiento y desarrollo de empresas del sector, 200 millones de euros; I+D+i en ciberseguridad que permita desarrollar soluciones y servicios de alto valor añadido para un mercado competitivo (140 millones de euros); y la identificación, transformación y desarrollo del talento para hacer frente a la enorme demanda no cubierta de profesionales en el sector.
3. El nodo Internacional (ocho millones de euros), con una inversión a implementar a través de cuatro pilares: la participación activa en la red europea de centros espejo; la ejecución de proyectos con financiación europea para el desarrollo de capacidades comunes a nivel europeo; la ejecución de proyectos de tipo financiación en cascada para que se beneficien entidades españolas; la activación de acciones de soporte y estudios como centro de coordinación nacional, y la implementación de los cambios normativos

25 Es el uso pionero del *Machine Learning* para la producción de zeolitas (minerales aluminosilicatos microporosos, de forma reversible). Manuel Moliner, Yuriy Román-Leshkov y Avelino Corma *et al.* (2021), "A priori control of zeolite phase competition and intergrowth with high-throughput simulations", *Science*, 16/ IX /2021. <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abh3350>

26 ITU (2021), <https://www.itu.int/en/myitu/Publications/2021/06/28/13/22/Global-Cybersecurity-Index-2020> Este *ranking* no mide la capacidad industrial, solo mide *capacity development* (intangibles y tangibles) entre los que se pregunta si hay industrias de ciberseguridad. El Index mide otras cosas pero no la industria.

27 España tiene las estrategias de ciberseguridad e infraestructuras pero no estrategia industrial ni de I+D+i en este campo.

necesarios para reforzar el Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE) como centro de referencia en ciberseguridad en Europa. En particular, para la puesta en marcha del Centro Espejo del Centro Europeo de Competencias. El gobierno ha impulsado INCIBE Emprende, un nuevo programa para emprendedores y *startups* de ciberseguridad.

En cualquier caso, la ciberseguridad, y en general todo lo que se entiende por digitalización, ha de ser compatible con la creciente necesidad de que la informática mundial a gran escala se oriente hacia una auténtica sostenibilidad, hoy por hoy ausente.²⁸

2.5. Lengua, lenguaje natural e industria audiovisual

En la industria de la lengua, o de las lenguas, España tiene mucho que ganar, sobre todo en términos de traducción –texto y voz– informática y cada vez más automática, y también de interpretación. Y de lenguaje natural de las máquinas o programas. Hay un PERTE para la nueva economía de la lengua. El gobierno ha lanzado un Plan de Impulso de las Tecnologías del Lenguaje.²⁹ El PRTR³⁰ contempla un impulso a las llamadas “herramientas del lenguaje natural” que son la llave de entrada para la Inteligencia Artificial y el *Big Data* sobre bases españolas, con excelente investigación al respecto en Cataluña y el País Vasco. En ese campo, España se apalanca sobre el resto del mundo hispano hablante. Pero si no actúa rápidamente, otros, incluso empresas de otros países, incluido EEUU y China, además de México o Chile, por ejemplo, le pueden ganar la partida.

Otra posible ganadora es la industria audiovisual, para nutrir plataformas. Un objetivo del gobierno es convertir a España en el *hub* del audiovisual en castellano (y las otras lenguas españolas) para el mundo. Hay ejemplos alentadores, como Brainstorm3d, que no solo sobrevive, sino que sigue marcando pautas en realidad virtual (RV) aumentada (AR) y “mezclada” (*mixed virtual reality*) a nivel mundial, en un mundo tan competitivo como el del cine y la televisión, o el nuevo ámbito de las teleconferencias y la telepresencia. Su principal vector es la “innovación continuada” y combinar los servicios tecnológicos con el desarrollo de *software* de tiempo real como producto: con los servicios se cobra por día de trabajo y con las licencias de *software*, por producto, además del *training* que muchas veces se hace en España. A ello hay que sumar el sector de los ciberjuegos y las oportunidades de negocio que conlleva el impulso hacia el Metaverso y lo que implica de Realidad Virtual y Aumentada.³¹

28 La infraestructura de la informática y de redes mundial debe colaborar en la lucha contra el cambio climático ya que la sostenibilidad se ha convertido en un factor ineludible. Ver a este respecto Gregorio Martín Quetglas y Andrés Ortega (2021), “Digitalización con descarbonización”, http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano_es/contenido?WCM_GLOBAL_CONTEXT=/elcano/elcano_es/zonas_es/dt7-20201-martin-ortega-digitalizacion-con-descarbonizacion

29 Plan de Impulso de las Tecnologías del Lenguaje (2021), <https://plantl.mineco.gob.es/Paginas/index.aspx>

30 El Componente 16 del PRTR contempla (punto 4.1) un Plan Nacional de Tecnologías del Lenguaje Natural, incluido el ámbito de la Inteligencia Artificial, <https://www.lamoncloa.gob.es/temas/fondos-recuperacion/Documents/16062021-Componente16.pdf>

31 Ver <https://blog.realinstitutoelcano.org/las-guerras-de-las-tres-esferas-occidente-oriental-y-el-metaverso/> y https://www.eldiario.es/opinion/zona-critica/negocio-religion-metaverso_129_8429137.html

2.6. Tangibles

Microprocesadores, semiconductores

Europa se ha vuelto híper-dependiente en los suministros extranjeros –sobre todo de Taiwán y Corea del Sur y en un futuro próximo, de EEUU– en cuestión de semiconductores que son necesarios para casi todo, a comenzar para un sector crucial para la industria española como es el automovilístico. Hay una deficiencia europea (y mundial) en la fabricación de chips. Con líneas de producción paralizadas o productos fabricados pero incompletos que no se pueden sacar a la venta o al mercado, debido a estas carencias de microprocesadores. Europa, que fabricaba un 30% de los chips globales en los años 90 y se ha quedado en un escaso 10% (aunque ahora aspira a llegar a un 20% para el final de la década) abandonó la visión de largo plazo y pecó de una concentración excesiva en grandes fabricantes asiáticos, aparte de regalarles el I+D ligado o que se aprende durante la experiencia de fabricación. También en no aprender de las lecciones de las catástrofes naturales, como el tsunami de 2011 en Japón que provocó escasez, encarecimiento y problemas en la fabricación de microprocesadores. En materia de chips estamos, sin duda, en una “economía de la escasez”. Hubo un error estratégico occidental durante décadas concentrando su fabricación en Asia, en primer lugar, y en la excesiva concentración de fabricantes, en segundo.

Europa tiene conocimientos suficientes, pero estos conocimientos europeos van a parar a otros desarrolladores. Potenciar este sector es una de las prioridades de la UE, y de España, que lo contempla en el Plan de Recuperación. La presidenta de la Comisión Europea, Ursula von der Leyen, anunció en su último discurso de la Unión un “*Chip Act*”, una Ley de los Chips.³² La UE, estima un informe de Bruegel, “necesita una estrategia más centrada para aumentar su presencia en este sector estratégico y próspero, construyendo sobre sus fortalezas existentes, aunque acomodando sus necesidades domésticas relativamente bajas”.³³ Aunque hay que mirar a las inversiones detrás: para ser verdaderamente autosuficiente en chips, la UE tendría que invertir como poco 240.000 millones de dólares en ello, más entre 25.000 y 60.000 millones anuales. Se trata, más que de invertir en el diseño y fabricación de microprocesadores actuales, de hacerlo en los de las siguientes generaciones.

Hay un IPCEI de Microprocesadores en fase de preparación. El proyecto precede a la pandemia y sus efectos, pues empezó en 2018. En diciembre de 2020 varios Estados miembros, incluida España recientemente (liderada en este caso por el Ministerio de Industria de manera coordinada con las actuaciones previstas en el Componente 12, ya citado), acordaron trabajar juntos para reforzar la cadena de valor de la electrónica y los sistemas integrados de Europa. En esta iniciativa se incluye en particular reforzar el ecosistema de procesadores y semiconductores y la posición de Europa con el objetivo de establecer mayores capacidades de diseño de chips e instalaciones de producción avanzadas europeas que permitan avanzar hacia nodos de vanguardia para el procesamiento de datos y la conectividad.

32 https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/soteu_2021_address_en_0.pdf

33 Nicolas Poitiers y Pauline Weil (2021), “A new direction for the European Union's half-hearted semiconductor strategy”, Bruegel, <https://www.bruegel.org/2021/07/a-new-direction-for-the-european-unions-half-hearted-semiconductor-strategy/>

El IPCEI sobre microelectrónica reúne toda la amplia familia de temas de microelectrónica: por ejemplo, desarrollo de óptica, diseño de *hardware*, conocimiento de procesos, instalaciones de producción, fabricación de chips y aplicaciones posteriores en una amplia variedad de industrias. 32 empresas europeas directamente involucradas en este IPCEI implementan 43 subproyectos estrechamente relacionados. En el curso del proyecto, estas empresas cooperarán con hasta 425 socios (indirectos) adicionales, como organizaciones de investigación o pyme, más allá de los cinco Estados participantes. El IPCEI en microelectrónica se divide en cinco campos tecnológicos: chips de eficiencia energética, semiconductores de potencia, sensores, equipos ópticos avanzados y materiales compuestos.

Alemania, de hecho, está empujando la creación de un Consorcio tipo Airbus para microelectrónica, con unos 20.000 millones de euros de capital, aunque el anterior ministro de Economía, Peter Altmaier, quería llegar a una inversión de 50.000 millones de euros, que sería la base inicial para poder contar con una fundición (fábrica) de microprocesadores avanzados. Un 20 a 40% del total podría provenir de ayudas públicas, y el resto de inversión privada. Esto responde de lleno al concepto de avanzar hacia una “soberanía digital europea”.

Con la creación de *startups* dedicadas al desarrollo de chips, así como con el megaproyecto que está poniendo en marcha Intel en la UE, comienza Europa un intento de recuperar la distancia perdida en este campo. Junto a TSMC de Taiwán y Samsung de Corea del Sur, Intel es el único fabricante que fabrica en fundición, no diseño, la tecnología más avanzada en términos de tamaño y capacidad. La directora de Intel en Alemania, Christin Eisenschmid, cree posible esta recuperación tecnológica de Europa. Intel, el líder mundial de Silicon Valley, podría contribuir a que Europa fuera un poco más independiente de sus suministradores asiáticos, manteniendo así una cooperación transatlántica. Intel está buscando localizaciones para su nueva fábrica, y otras para componentes, en el continente europeo, y en 2022 debería tomar la decisión. En Europa, Intel solo fabrica en Irlanda del Norte. El origen del proyecto de 20.000 millones de dólares cobró realmente vuelo tras una reunión del CEO de Intel, Pat Gelsinger, con el presidente francés, Emmanuel Macron, y el primer ministro italiano, Mario Draghi, para discutir sobre la escasez mundial de chips.³⁴ La propuesta de una gran inversión con Intel de la UE para fabricar chips en Europa, no solo es una gran idea, sino también una gran oportunidad para que Europa consiga una “soberanía tecnológica abierta”.

En los próximos años estos desarrollos pasan por los chips fotónicos (por luz en vez de electricidad), que pueden desplegar una informática a gran escala mucho más eficiente que la actual basada en semiconductores y cobre que no es sostenible. España ha avanzado con fuerza en el desarrollo de los chips fotónicos más rápidos, con menos consumo de energía con aplicación en satélites de comunicación, defensa y aviónica, entre otros. Hay a este respecto dos proyectos en Valencia, del Instituto de Tecnología Nanofotónica, con la empresa

34 *Financial Times*, 10/ VII /2021, “Intel offers to spread \$20bn chip factory investment across EU”, <https://www.ft.com/content/40eda20e-17d8-4368-bdeb-a2d1b151bc34>. Ver también *Xataka* (2021), 13/ VII /2021, “Intel busca terrenos en Europa para abrir fábricas e invertir 20.000 millones entre varios países”. <https://www.xataka.com/pro/intel-busca-terrenos-europa-para-abrir-fabricas-e-invertir-20-000-millones-varios-paises>

derivada Das Photonics y el del Centro de Tecnología Nanofotónica de la Universidad del País Vasco (TNC). España tiene especial interés en entrar de lleno en este intento, sobre todo en chips para dispositivos en ciudades inteligentes, vehículos conectados, el IoT, y para dispositivos y vehículos aeroespaciales, entre otros.

Además de su participación en el citado IPCEI, en España, hay un PERTE de microelectrónica para impulsar proyectos tractores con capacidad de arrastre, entre empresas y Estado, con un límite de 40-50 millones de euros, en el que desempeña un papel central el Barcelona Supercomputing Center. La idea es poder hacer diseños avanzados de chips en España y poner una fundición (fábrica) en Europa, pues ningún país puede por sí solo aspirar a financiarla con inversiones del calibre necesario.

Para España se abrirían oportunidades de diseño de chips, más que de fabricación para España. Para esto, indican los expertos consultados, se necesitarían empresas con más músculo, y de componentes específicos a través de *startups*, para trabajar en nichos. Se puede trabajar en nichos de chips menos complejos o más especializados. España puede desarrollar componentes electrónicos, incluidos microprocesadores, de placas solares (otro ejemplo de complementariedad que también se puede encontrar con el sector automovilístico), y no con silicio sino con arseniuro de galio. Se trata, en suma, de llegar a aplicaciones de mercado, y que España aportara el CASA del Airbus a la microelectrónica

Industria de datos

Los datos y la nube (*cloud*) son un elemento esencial a desarrollar dentro de la industrialización de la digitalización, otro campo en el que Europa ha perdido, o no ha sabido generar, el terreno frente a EEUU y China. Según la estrategia de datos de la UE (*A European Strategy for Data*),³⁵ Europa debe aprovechar el potencial que presentan los datos como recurso económico, y crear un mercado único de datos. En 2025, el volumen de datos generado será de 175 zetabytes por año, es decir, más de cinco veces más que en 2018 (un 2,4% del PIB de la UE). Y aumentará mucho más con el desarrollo del Internet de las Cosas, el Internet de Todo, el Metaverso y otras iniciativas en curso.

Hay un oligopolio de grandes centros de datos (las GAFAM³⁶ americanas y alguna china, como Alibaba), sobre todo en B2C (*business to consumer*), más que en B2B (*business to business*). Sí hay en Europa centros más pequeños para nichos. La Comisión Europea ha lanzado su estrategia sobre datos. También en España. El Ministerio de Industria impulsa que desde España se trabaje el desarrollo de alianzas en este sentido, impulsando las inversiones privadas en *Data Centers* y situando al país como un *hub* de negocios alrededor del espacio *cloud* europeo. IBM va instalar tres centros de datos en Madrid.

La conjunción de unas redes y operadores punteros con la situación geográfica española y los nuevos proyectos en marcha señalan un campo de crecimiento atractivo. Frente a los grandes centros de datos en los que España está en desventaja con países más al norte por su clima más cálido (que implica más necesidad de refrigeración de los servidores), hay

35 https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-data-strategy_es

36 GAFAM, Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft.

un concepto novedoso y especialmente interesante para España, que es el de “Centro de Datos de Proximidad” que constituye una fórmula para que el centro de datos esté cercano a la zona geográfica en que, en gran parte se van a usar esos datos. No es necesario que todos los datos viajen al otro lado del planeta, lo que ahorra gasto en energía y en emisiones de CO₂. Estos *data centers* de proximidad son ideales para un tejido empresarial como el español con una gran mayoría de pymes, a las que así se da acceso al *Big Data* y a una ciberseguridad que por sí solas, probablemente no puedan conseguir. España se debe meter más de lleno en los centros de datos de proximidad, que, hay que insistir, resultan medioambientalmente más sostenibles que los grandes centros globales, además de en los europeos. Google y otros *big techs* están invirtiendo en estas posibilidades. En España se instalaron servidores privados que no se llegaron a usar por el sector privado ni por el público. Ahora los centros de datos como los de IBM vienen a gestionar nuestros datos.

Esto es compatible con que, a otro nivel, no local sino continental, la UE despliegue su iniciativa de “un mercado único de datos” y del Reglamento europeo de datos, a partir de la *European data governance act* (Ley europea de gobernanza de datos).³⁷

El éxito de un espacio europeo de datos dependerá también de la creación de todo un ecosistema que fomente el intercambio voluntario de datos, desde el sector público y el privado y la promoción de los estándares abiertos para alejarse de los monopolios digitales. No se trata de imponer obligaciones adicionales, sino de crear un ecosistema sostenible en el que todas las partes salgan ganando.

Los objetivos básicos del *European Data Governance Act* son conseguir que haya más datos disponibles y facilitar el intercambio de datos entre sectores y países de la UE para aprovechar el potencial de los datos en beneficio de los ciudadanos y las empresas europeas. Según la UE, “esta ley facilitará una buena gestión y puesta en común de los datos permitirá a las industrias desarrollar productos y servicios innovadores, y hará que muchos sectores de la economía sean más eficientes y sostenibles. También es esencial para la formación de los sistemas de IA. Con más datos disponibles, el sector público puede desarrollar mejores políticas, lo que lleva a una gobernanza más transparente y a unos servicios públicos más eficientes. Hay ejemplos concretos como, los datos sanitarios, los datos sobre movilidad, los medioambientales, los agrícolas o los de las administraciones públicas.

España participará en GAIA-X, iniciativa francoalemana para la próxima generación de infraestructura europea de datos: un sistema seguro y federado que cumple con los más altos estándares de soberanía digital al tiempo que promueve la innovación. Este proyecto es la cuna de un ecosistema digital abierto y transparente. Es un proyecto iniciado por Europa para Europa y más allá. Su objetivo es desarrollar requisitos comunes para una infraestructura de datos europea.³⁸ En España se ha decidido crear un *hub* nacional de GAIA-X con el objetivo de generar un ecosistema español de compartición de datos.³⁹

37 European data governance act, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-governance-act>

38 <https://www.data-infrastructure.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>; Y Raquel Jorge (2020), “GAIA-X: ¿oportunidad para la soberanía digital europea?”, <https://blog.realinstitutoelcano.org/gaia-x-oportunidad-para-la-soberania-digital-europea/>

39 Con este objeto, se ha lanzado una manifestación de interés en julio de 2021, <https://portal.mineco.gob.es/es-es/ministerio/participacionpublica/consultapublica/Paginas/mdi-gaia-x.aspx>

Un reto es lograr la interoperabilidad de los datos. Hay un problema de regulación, que no se va a resolver fácil ni rápidamente por lo que hay que convivir con él. Por ejemplo, en materia de salud, los hospitales no intercambian datos, porque no están autorizados, ni siquiera dentro de una misma Comunidad Autónoma, no digamos ya a escala nacional o europea.⁴⁰ Muchas Comunidades Autónomas y la propia Administración General del Estado tienen sistemas públicos de gestión de datos. Pero se plantea la necesidad de un sistema federado de datos y un aprendizaje federado. Falta una nueva mentalidad y la decisión política adecuada para usar esa tecnología de la que España dispone.

Hay más ejemplos relacionados. Las redes neuronales usan los datos para aprendizaje de manera que los datos no se mueven de donde están. Ahora se avanza hacia aprendizaje en enjambres (*swarm learning*), una capacidad adicional, basada en *blockchain* que nadie pueda *hackear*.

Las futuras normas europeas y españolas al respecto deberían centrarse en aclarar cómo compartir, poner en común y reutilizar los datos, ya que todos los actores relevantes (administraciones públicas, empresas y particulares) deben entender cómo pueden compartirse los datos voluntariamente al tiempo que se respetan los derechos en juego (datos personales, secretos comerciales, ...). La anonimización debe ser uno de los pilares de cualquier intercambio de datos en el caso de los datos de datos procedentes de particulares. La anonimización garantizará que el intercambio de datos se haga en pleno cumplimiento de las normas de protección de datos, en particular con la protección de datos (GDPR).

Más allá de la interoperabilidad es necesario montar una industria de datos de calidad para lo que se calcula que en España se necesitan 20.000 operadores y recolectores de esos datos, lo cual plantea un reto de formación y de creación de talento. La UE estima que en 2025 el número de profesionales dedicados a los datos será de 10,9 millones de personas, el doble que en 2018.

Hay un aspecto en el que se pone un foco insuficiente que tiene mucho impacto, el GIGO (*garbage in, garbage out*), en el que España puede invertir y aportar. Las tecnologías de datos o las de IA pueden ser muy buenas, pero si no hay buenos datos sirven de poco. Va a haber pronto cuellos de botella, con algoritmos de IA demasiado avanzados para poco dato bueno. La limpieza y extracción de datos de calidad es un área en el que se debería ponerse foco. Con buenas entradas de datos, los algoritmos y aplicaciones funcionarán mejor. Para eso hay que priorizar los datos de sectores estratégicos. Lo hemos visto por ejemplo con la pandemia, con los datos fragmentados en Comunidades Autónomas. Educación, Salud, Gobernanza Digital y *Open Data*, ciudades inteligentes, pueden ser algunos sectores clave.

En este contexto, el objetivo de estas inversiones es impulsar la creación de espacios de datos en los principales sectores productivos estratégicos de la economía, identificados en la Agenda Digital 2025 y en el propio PRTR, entre ellos, el sector agroalimentario, el de

⁴⁰ Sin embargo, algunos hospitales colaboran con IBM en programas de entrenamiento de IA y análisis de datos, pero no entre ellos.

la movilidad sostenible, el de la salud y el del comercio. El sector turístico cuenta con una inversión especial,⁴¹ el “Programa para el desarrollo de espacios de datos y fomento de la innovación disruptiva en el sector turístico”.⁴²

Infraestructuras de conectividad y cloud

Sin conectividad, no hay digitalización. Y viceversa. España, como se ha apuntado, está en desventaja en centros de datos, debido a su clima más cálido que requiere más refrigeración de los servidores. En este ámbito, tienen un papel fundamental que cumplir las Infraestructuras de conectividad transfronteriza, especialmente la *cloud* (nube) y los cables submarinos. Europa, y dentro de ella España, puede ganar ventaja competitiva en el *Cloud Edge*, vinculado al 5G y a escenarios del *roaming*. En el PRTR,⁴³ el Gobierno plantea promover y apoyar la participación de empresas españolas en consorcios de cara a su participación en el programa de financiación para interconexiones de infraestructuras de datos y cable submarino del *Connecting Europe Facility* (CEF2). En el PRTR se plantea desarrollar alianzas en este sentido, impulsando las inversiones privadas en *Data Centers* bien de ámbito de trabajo esencialmente continental o local (los centros de datos de proximidad), que en todos los casos son compatibles obviamente con las conexiones y la “movilidad digital” por las redes de contenedores de *software* y datos globales. Todo este conjunto interrelacionado e interconectado de infraestructuras, de datos puede situar al país como un *hub* de negocios alrededor del espacio *cloud* europeo.

España participa en un IPCEI de nueva generación de servicios e infraestructuras *cloud*, con el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), junto a otros 11 países, que se estima se realice en el primer semestre de 2022. De no constituirse los IPCEI, en esta materia y en semiconductores, se realizarán convocatorias I+D+i nacionales para crear capacidades en estas materias. El alcance del proyecto será proporcionar un acceso competitivo y justo a la nube de próxima generación y las capacidades de frontera (*edge*) desde cualquier lugar de la UE. De manera flexible, el proyecto apoyará la construcción de la próxima generación de infraestructuras de procesamiento de datos paneuropea soberana, segura, interoperable, multiusos y neutral en relación con el proveedor que esté interconectada, distribuida y escalable. Incluirá el desarrollo y despliegue de capacidades de frontera en tiempo real (muy baja latencia); el diseño de plataformas *middleware* seguras, de bajo consumo e interoperables para múltiples usos sectoriales; y el desarrollo e implementación de la nube inteligente y los servicios de borde de carácter ultra-seguro, en tiempo real y de bajo consumo de energía.

Cables submarinos

El gobierno ve Madrid como una “playa de cables”, y apuesta por este ámbito esencial para el funcionamiento de todos los sectores digitales, en los que ha de integrarse España. 97% del tráfico de Internet y transacciones financieras por valor de 10.000 millones de dólares pasan a diario por estos cables. Cuanto mayor sea el número de cables submarinos y las rutas que proporcionan, más rápido y estable será el acceso a Internet para los países a los

41 Componente 14.13

42 Componente 12 del PRTR

43 Componente C 15.5

que se conectan, además de reducir el riesgo de interrupción del servicio.⁴⁴ En cuanto a cables submarinos, España está en el centro de todas las miradas, con diversas iniciativas.⁴⁵ Puede ser la gran alternativa a la saturación de enlaces de estos cables en el Reino Unido. El Gobierno eliminará trabas para estas inversiones, para revalorizar la estratégica posición geográfica del país.⁴⁶

La UE carece de una estrategia global para este sector en el que los gobiernos individuales siguen siendo los actores clave, aunque algo está cambiando. Sin embargo, una iniciativa público-privada (cofinanciada por la UE) como el cable submarino BELLA,⁴⁷ que une Europa y América Latina, impulsará los negocios, el comercio, la educación y la investigación científica basados en datos entre las dos regiones.

Conectividad 5G

La telefonía 5G ha empezado ya a introducirse en España, básica en muchas dimensiones: la propia telefonía móvil, los vehículos conectados, el Internet de las Cosas, etc. Una 5G de la que hay que hablar no solo en cuanto a las infraestructuras, sino como vector de innovación, por ejemplo, para nuevas tecnologías españolas creadas en base a sus promesas, como algunas empresas están haciendo.⁴⁸

Los asiáticos (Huawei y Samsung), van en cabeza, aunque desde Europa, Nokia y Ericsson están bien situadas, si bien con costes más elevados. En el ámbito 5G, más allá del *hardware* y los componentes, gracias a Open RAN (tecnología de radio abierta) España puede tener otra oportunidad industrial a través del desarrollo de *software*. IBM, por ejemplo, apuesta por España en este sentido.⁴⁹ España con su gran pool de talento de ingenieros de Telecomunicaciones (esta especialización de ingeniería en otros países no existe, y en ningún caso con su reputación y calidad), sus infraestructuras de conectividad excelentes y compañías relevantes como Telefónica y Cellnex debería aspirar para desarrollar un ecosistema de empresas/*start-ups* para la *softwarización* de las redes, que puede cambiar con *Open RAN*. La concentración de los fabricantes en pocas compañías (de Suecia, Finlandia, Corea del Sur y China) puede cambiar bastante con esta *softwarización* de las redes. Se está generando un ecosistema nuevo y España podría aprovechar este proceso.

España contempla 770 millones de euros⁵⁰ de financiación pública para el despliegue de infraestructura de redes de acceso 5G y refuerzos de red de transmisión, incluidos 150 millones de euros para crear infraestructura móvil pasiva en zonas rurales sin cobertura

44 <https://blog.telegeography.com/this-is-what-our-2019-submarine-cable-map-shows-us-about-content-provider-cables>

45 La más reciente ha sido la llegada a Sopelana (Vizcaya) del cable Grace Hopper de Google para unir Bilbao y Nueva York y luego el Reino Unido, <https://espana.googleblog.com/2021/09/el-cable-submarino-grace-hopper-de.html>

46 "España se ofrece al mundo como centro neurálgico para los cables submarinos", *El Economista*, 10/ IV /2021. <https://www.eleconomista.es/empresas-finanzas/noticias/11386129/09/21/Espana-se-ofrece-al-mundo-como-centro-neuralgico-para-los-cables-submarinos.html>

47 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/bella-new-digital-data-highway-between-europe-and-latin-america>

48 AR Teleporting System for Immersive Journalism, Brainstorm, <https://www.youtube.com/watch?v=FqHgPVIKhIE>

49 <https://www.xataka.com/pro/ibm-coloca-espana-uno-tres-centros-mundiales-operadoras-telecomunicaciones-prueben-tecnologia-open-ran>

50 Componente 15.6

4G. Esta intervención se limitará a áreas donde exista fallo de mercado, correctamente identificadas con base a un mapeo y consulta pública en 2021. Para años posteriores habrá una acción especial para zonas donde no se prevea despliegue de 5G en los siguientes tres años. En el ámbito de las infraestructuras de comunicación, la financiación de los fondos de recuperación es valiosa en la medida en que sirve para llevar la conectividad a zonas en las que no hay argumentos comerciales.

Con ello se impulsará y acelerará el despliegue de las redes y la cobertura 5G en los principales corredores de transporte (carreteras y vías férreas) tanto nacionales como transfronterizos, se fomentará y acelerará la extensión de la cobertura y puesta a disposición del servicio 5G en todo el territorio nacional, se desarrollarán casos de uso de carácter tractor en actividades económicas y en servicios esenciales, así como ecosistemas de I+D e innovación en 5G y 6G y ecosistemas de Ciberseguridad 5G. Todo ello añadido a los avances que se prevén conseguir en la vertebración territorial mediante la extensión de la banda ancha ultrarrápida, a la que se destinarán 256 millones de euros, y al fomento de la participación de empresas españolas en proyectos multipaís de Infraestructuras Digitales Transfronterizas, con una inversión prevista de 250 millones de euros.

En particular, debe haber un reconocimiento de las externalidades y los beneficios de equidad asociados a la aceleración de la cobertura 5G en los corredores de transporte y las zonas rurales o semi-rurales ya cubiertas con 4G. El apoyo complementario de la financiación pública en los casos de fallos del mercado, incluidos los fallos temporales, en las zonas rurales para garantizar que el 5G aporte sus beneficios socioeconómicos de forma cohesionada a todos los ciudadanos y garantizar el cumplimiento de los objetivos de conectividad de la Brújula Digital debería reconocerse en la próxima evaluación de las ayudas estatales para facilitar el uso de los Planes de Recuperación y Resiliencia con el fin de garantizar que el despliegue del 5G en las zonas rurales en las que la iniciativa privada no permite la cobertura en un plazo razonable vaya de la mano del despliegue del 5G con financiación privada en el resto del territorio.

Además, el Gobierno (componente 15 del PRTR) contempla una inversión de 500 millones de euros distribuidos de la siguiente forma:

- Mejora de la conectividad con infraestructuras digitales transfronterizas, con una dotación de 125 millones de euros para acciones complementarias.
- 250 millones de euros para la participación en proyectos multipaís de infraestructuras digitales transfronterizas.
- 125 millones de euros para otros proyectos I+D+i de infraestructuras digitales transfronterizas.

Aunque España no tiene ya la posibilidad de fabricar *routers* para la aplicación general del 5G sí lo tiene para aplicaciones nuevas, como los coches conectados o las *smart cities* (ciudades inteligentes). Una dirección en la que avanzar es la creación de grupos de interés para desarrollar elementos con estos fines, como ya han hecho Telefónica, Indra, Mondragón y otros.

Y, naturalmente, España, con Europa, debe apostar ya por una cierta soberanía en la siguiente tecnología y sus dispositivos: la 6G. La pregunta es ¿cómo? Los estándares se definen por el sector privado y los gobiernos no apoyan muchos otros procesos. Se podría pensar en una mejor cooperación público-privada, incluso en ayudas públicas para empresas europeas y españolas que están poniendo recursos en este ámbito.

Satélites de comunicación

El desarrollo de satélites de comunicación está muy ligado a lo anterior, para asegurar la conectividad a donde no llega la fibra, y para otros menesteres. Un ejemplo es la red de satélite Starlink que ha empezado a instalar (con 1.800 de un total de más de 12.000 satélites) en el espacio una empresa de Elon Musk para proporcionar conectividad (de pago) donde no llega en la actualidad Internet. Europa se ha de espabilar en este campo o se generará una nueva dependencia. La constelación que está poniendo en marcha Starlink, como otra paralela de Jeff Bezos, contempla todos los pasos de la cadena de valor, desde el diseño, a la fabricación de los satélites, al lanzamiento, operación, la explotación y la comercialización. No busca socios, aunque cuenta con contratos del gobierno de EEUU.

La Comisión Europea ha lanzado un estudio para una constelación europea, en el que, a través de un consorcio, participan las principales empresas del sector. No hay ninguna empresa europea capaz de hacerlo por sí. Por España, participa Hispasat. También se busca cubrir desde la UE toda la cadena de valor. A falta de completarse el estudio, se plantea una inversión pública total de unos 6.000 millones de euros, acompañada de inversión privada en lo que puede ser una importante colaboración público-privada. Es un tema que le interesa especialmente a España no solo desde el punto de vista industrial, sino también para la cobertura para Internet de todo el territorio español, pues si bien el país está bien situado en despliegue de fibra, la cobertura territorial de banda ancha no llega al 30%. España se plantea⁵¹ participar en esta constelación de satélites, con un sistema de satelital de comunicaciones seguras, multiorbital, tanto en órbita baja como geoestacionaria, con la que completar la capacidad espacial de la UE, que quiere garantizar su soberanía digital y tecnológica en materia de esta conectividad. La participación se realizará en el marco de un proyecto apoyado por un reglamento comunitario.

También participa España en el Programa Galileo de la Agencia Espacial Europea (ESA), un sistema de geoposicionamiento global por satélite con una precisión mayor, en un orden de magnitud, que el GPS actual, con un programa de navegación que tiene bajo su paraguas a Egnos (ayuda a la navegación de aviación comercial en ruta, aproximación y aterrizaje), al programa NAVISP (de soporte a la innovación de nuevas tecnologías de navegación); y, por supuesto, a un programa de I+D propio en el que trabajan destacados ingenieros españoles en la sede del Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial de la ESA (ESTEC). El propósito principal del Programa Galileo⁵² es desplegar un sistema de cobertura mundial con tecnología europea, que permita conseguir para la UE otra de las "soberanías digitales": la del geoposicionamiento global sin depender del GPS estadounidense. La UE calcula que el mercado ligado a estos servicios y a su movilidad se calcula que será de más de 300.000

51 Componente C15.5

52 Galileo: el Sistema Global de Navegación por Satélite Europeo, <https://www.youtube.com/watch?v=eSJQgMYJwOs>

millones de euros en los próximos 10 años. Europa completará su primera constelación de más de 30 satélites Galileo en 2024, de los cuales, como mínimo, 24 serán operativos.⁵³ Los usuarios de teléfonos inteligentes de todo el mundo ya han comprado 2.000 millones de dispositivos compatibles con Galileo.⁵⁴ La participación española en el Programa Galileo es muy relevante, aunque menor que la de otros países europeos y debería incrementarse.

Además, del ámbito satelital a nivel nacional, se pueden destacar también otros ejemplos, como Hispasat y Startical, y un proyecto público-privado de Indra y Enaire para construir una constelación de 200 nanosatélites que permitirán el control aéreo global y ayudar a la descarbonización del transporte aéreo.

Computación y comunicaciones cuánticas

La investigación europea llega tarde, aunque no demasiado tarde pues podría ayudar a posicionar a Europa en dos áreas poco estudiadas, el control y el *software* cuántico. España está a tiempo de desarrollar una industria de lo cuántico (tanto para computación, como claves seguras y comunicaciones). Para ello se necesitan satélites o repetidores (la fibra aguanta solo 100 kilómetros) que España podría desarrollar y fabricar con otros socios.

Con QuantumSpain,⁵⁵ el Gobierno ha impulsado la creación del primer ecosistema de computación cuántica del sur de Europa, con 22 millones de euros en 2021 y hasta 60 millones de euros en los próximos años. España apuesta por liderar en Europa la construcción de un computador cuántico y del desarrollo de algoritmos cuánticos de Inteligencia Artificial aplicados a uso reales. QuantumSpain contará con más de 25 empresas, *startups* y entidades en 14 Comunidades Autónomas. El Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, además, se plantea convocatorias I+D+i nacionales para crear capacidades nacionales en comunicaciones cuánticas basadas en sistemas satelitales.

En este ámbito se incluyen la computación cuántica, y los ordenadores que la sostendrán. Todo ello está relacionado con la ya constituida Alianza de la Internet Cuántica (QIA) paneuropea,⁵⁶ con una inversión inicial de 10 millones de euros por parte de la UE, en cuya misión está definida la futura internet cuántica que proporcionará aplicaciones de Internet radicalmente nuevas al permitir la comunicación cuántica entre dos puntos cualesquiera de la Tierra. En la QIA ya está participando, desde el principio, el Institut de Ciències Fotòniques, ubicado en Castelldefells (Barcelona).

Hay elementos de computación cuántica (por ejemplo, IBM financia una investigación para construir el primer ordenador cuántico en España). El Centro de Supercomputación de Barcelona tiene un destacado papel en la investigación y desarrollo de la computación cuántica.

53 EFE, 2Nov 2021: <https://www.efe.com/efe/espana/efefuturo/europa-completara-su-primer-enjambre-de-mas-30-satelites-galileo-en-2024/50000905-4666120>

54 "Smartphone users put their trust in Galileo with 2 billion Galileo-enabled devices sold.", EUSPA, UE, 14/ IV /2021: <https://www.euspa.europa.eu/newsroom/news/smartphone-users-put-their-trust-galileo-2-billion-galileo-enabled-devices-sold>

55 https://portal.mineco.gob.es/es-es/comunicacion/Paginas/211026_np_cuantico.aspx

56 Quantum Internet Alliance, H2020, <https://cordis.europa.eu/project/id/820445>

España ha emitido ciertas señales débiles, aunque buenas, algunas de la mano de China, como la colaboración entre científicos chinos y las islas Canarias para probar emisiones cuánticas por satélite o la participación conjunta de Huawei y la Universidad Politécnica de Madrid⁵⁷ para desarrollar una red de criptografía cuántica desplegada en redes ópticas basadas en *software defined networking* (SDN). En todo caso, se plantea la necesidad de encontrar alianzas estratégicas internacionales.

Automóvil

Es un ámbito de fortaleza industrial española. Representaba en 2019 un 11% del PIB y 300.000 puestos de trabajo directos. Existe una cadena de valor integrada y consolidada, que incluye empresas de componentes, ensamblaje, logística y otros servicios auxiliares. El PRTR lo contempla.⁵⁸ Diseñar productos de digitalización en infraestructura viaria, logística, conexiones con 5G, además de colaborar en Europa en la industria de semiconductores (cuyas carencias, como hemos mencionado, han paralizado diversas cadenas de fabricación, y no se prevé que se solventen hasta pasado un año o más) es esencial para la industrialización de la digitalización. En lo que toca al objeto de este *Policy paper*, el coche conectado, aún más que el hecho de ser eléctrico, va a resultar esencial. La industria de automóviles en España se está posicionando también en la pre-fabricación de partes de esta cadena de valor y esto genera riqueza y empleo en un ámbito muy competitivo.

2.7. Los actores

En este intento de generar tejido económico, pues de eso se trata, ¿cuáles han de ser los actores de esta industrialización de la digitalización? De un modo esencial, corresponde a las grandes empresas y a las pymes, en medida importante a las *startups*. Las administraciones públicas (incluidas las de la UE) son igualmente esenciales.

Podría plantearse la posibilidad de una ARPA, al estilo estadounidense, nacional y, sobre todo, europea. En ambos casos tendría que hacerse sobre una base flexible y descentralizada, acorde con el Estado de las Autonomías en el caso español, y con la subsidiariedad propia de la UE (ver recuadro).

Los grandes proyectos ya citados (de *deep tech*, *cloud*, semiconductores, satélites, etc.) requieren del concurso no ya de grandes empresas nacionales, sino –hay que insistir en ello– de grandes consorcios europeos y acuerdos con grandes empresas no europeas. Las *big tech*, como Google o Huawei, han abierto centro de I+D y de *startups* en diversas partes de España.

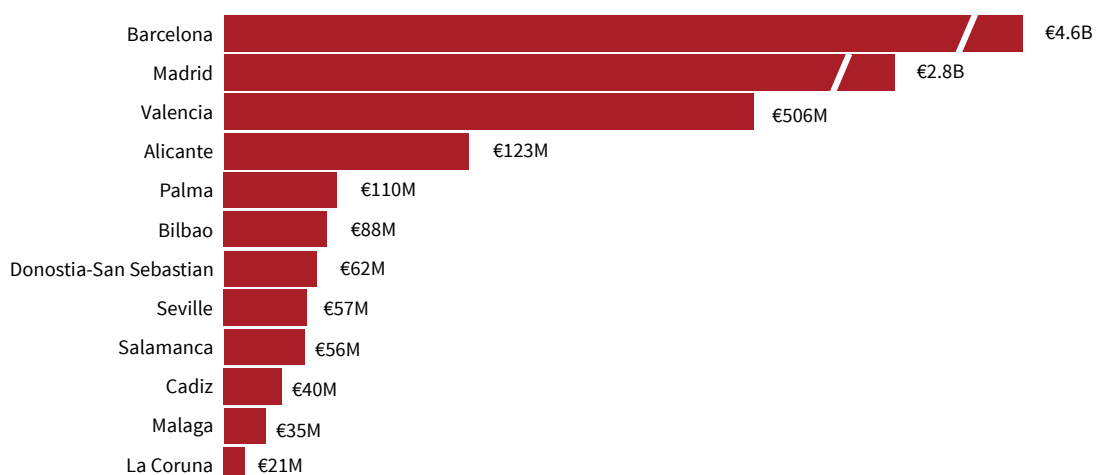
⁵⁷ https://www.etsit.upm.es/de/otros-elementos/noticias.html?tx_news_pi1%5Bnews%5D=732&tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=0ddb691cdc684988e008a7cfe3f4016

⁵⁸ Componente 12

Hay que contar también con los ecosistemas regionales, algunos de éxito. Ejemplo es el caso de Tecnalía en el País Vasco, de colaboración público-privada, y entre empresas y universidades, además de las asociaciones industriales. Por ejemplo, en Euskadi, Gaia,⁵⁹ la Asociación de Industrias de Conocimiento y Tecnologías Aplicadas, que cuenta con un clúster del sector digital de 400-500 empresas principales en el País Vasco, con 5.171 millones de euros de facturación, 2.216 millones de euros de exportación, 20.030 empleados y 131 millones de euros dedicados a la I+D.

Hay varios ecosistemas tecnológicos de calidad en España, entre otros, además de los citados el de Barcelona, Madrid (estos dos figuran en los puestos 5 y 8, del índice de *Startup Genome* de los 100 principales ecosistemas emergentes), Bilbao Alicante, Málaga, Santander y Valencia. El ecosistema valenciano (ver recuadro), del que se habla insuficientemente, es un ejemplo de saber hacer. Pero ninguno tiene el tamaño necesario, por lo que estos ecosistemas se deben conectar más entre sí. Los *hubs* son una buena iniciativa, pero demasiado locales o demasiado desconectados de entornos de mayor escala. Necesitan estar más en red, a nivel nacional, europeo e, incluso, autonómico dada la competencia entre ciudades de una misma región. Ante la saturación de Barcelona y Madrid, y la mayor orientación a la industria del País Vasco, Valencia y Málaga se están convirtiendo en nuevos polos, pequeñas Californias, cuando antes se las veía como pequeñas Floridas.

Figura 3. Barcelona y Madrid, los *hubs* tecnológicos españoles más consolidados (2015-2021)



Fuente: <https://dealroom.co/reports/the-spanish-tech-ecosystem-2021>

⁵⁹ <https://gaia.es/>

Este ecosistema general español debería fraguarse desde una estrategia de especialización inteligente. Y desde una cultura del emprendimiento, de la confianza en la tecnología en España, de la inversión propia de las grandes empresas en I+D, y en industrialización de la digitalización, que es deficitaria en este país. Algunas significativas grandes empresas invierten poco en intangibles y han desinvertido, al venderlos a empresas extranjeras, en algunos elementos importante de la industrialización de la digitalización. Hay una excesiva obsesión por comprar tecnología extranjera, y por vender las propias empresas. Un ejemplo ha sido la reciente venta de la empresa española ASTI Mobile Robotics Group, fabricante de robots móviles autónomos, al gigante tecnológico suizo ABB. Las empresas privadas deben cambiar de actitud. La manera en que se ejecuten los fondos europeos puede ayudar a esta conversión.

La medida de los unicornios (*startups* que alcanzan un valor de mercado superior a los 1.000 millones de dólares) no lo es todo. Hay empresas más pequeñas que contribuyen de forma marcada a la industrialización de la digitalización.

En cuanto a las administraciones públicas, y ante un sector financiero, español y europeo algo atrasado a este respecto, cumplen un papel destacado para facilitar las inversiones en capital riesgo en estos terrenos la Empresa Nacional de Innovación (ENISA) o, especialmente para escalabilidad el programa Invierte del CDTI. Pero las administraciones públicas también deben cambiar. Las quejas de que los pagos por los proyectos financiados por fondos públicos, tras un agotador e ineficiente proceso burocrático llegan tarde y mal son numerosas por parte de los implicados. En otros países europeos se paga por adelantado, con el control *a posteriori*. Es necesario flexibilizar estos procesos internos. La aplicación del Plan de Recuperación es una ocasión para ello.

El ecosistema valenciano

En los últimos años ha crecido un ecosistema tecnológico en Valencia, de emprendedores, inversores e investigadores, que, aunque no exclusivamente, gira en torno a la Universitat Politècnica de Valencia (UPV), el proyecto de Lanzadera⁶⁰ de Juan Roig (Mercadona) y la asociación Startup Valencia además de otras empresas independientes muy punteras en su campo o nicho de alto nivel de mercado global que son, al tiempo, mucho más conocidas a nivel mundial en su mercado especializado y bastante desconocidas en España. Hay en su base una estrecha colaboración universidad-empresa, orientada proporcionar recursos humanos con alto conocimiento técnico y científico, capaces de impulsar en las empresas las fases de desarrollo y aplicación creativa de tecnologías de vanguardia y aplicarlas de inmediato en la economía real. Ello ha transformado en unos pocos años la marina del puerto de Valencia, desde la sociedad civil, en un centro de innovación creativo, y en buena parte promiscuo (interdisciplinar).

⁶⁰ <https://lanzadera.es/>

Aunque venía de antes, uno de los impulsos fue la Copa de América de 2007, que en su reglamento genérico obligaba a construir los barcos y sus componentes en un círculo a 50 kilómetros como máximo de la ciudad, lo que generó un baño de innovación, un *boom* de investigación y desarrollo que luego se ha mantenido. Las ex sedes se han aprovechado para nuevos proyectos, entre otros Lanzadera (aceleradora de empresas). Desde su creación en 2013, Lanzadera ha prestado apoyo a más de 700 *startups*, aportando más de 15 millones de euros de financiación en préstamos. Ha conseguido generar más de 4.000 puestos de trabajo directos. Ligado a ella se fundó, además, Angels Capital, un fondo de capital riesgo, –que ya ha invertido 30 millones de euros en 33 empresas–, que se integra, junto a EDEM y Lanzadera, ubicados en el *hub* de emprendimiento Marina de Empresas, junto al puerto de Valencia. EDEM es un complementario centro de enseñanza que funciona como Escuela de Empresarios,⁶¹ con sus mentores, directores de proyecto, *partners* y grandes corporaciones que, trabajan mano a mano con los emprendedores, en una forma exitosa de inteligencia colectiva. Forma directivos, con un grado ADE y un MBA,⁶² adscrito a la Universitat de València, orientado desde el mundo de la empresa y del mercado, no académico, que gira en torno a las áreas de lanzamiento para situarse de inmediato en el mercado, escalar e innovar la gobernanza corporativa. Imparte, además, un grado en Ingeniería y Gestión Empresarial, adscrito a la UPV.

La UPV, con colaboración público-privada, lanzó la Ciudad Politécnica de la Innovación (CPI), Parque Científico de esta universidad, integrado en su campo central de Vera, para aplicaciones de vanguardia. Hoy cuenta con más de 3.000 investigadores. Tiene una serie de institutos de investigación y tecnológicos,⁶³ como por ejemplo el Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial, el Instituto de Nanofotónica, con un conjunto de laboratorios y una fundición de chips fotónicos, o el Instituto de Tecnología Química ITQ, centro de investigación mixto creado en 1990 por la UPV y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), entre otros.⁶⁴ Hay núcleos de desarrollo e innovación tan potentes que tiene entidad propia con patentes y relaciones internacionales, aunque formen parte del sistema de la UPV. Diversas empresas están ubicadas en este parque científico.⁶⁵ La Red de Institutos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana (Redit)⁶⁶ tiene también una función fundamental en el desarrollo de este ecosistema. También se creó una Agencia Valenciana de Innovación (AVI), que ha puesto en marcha el Distrito Digital Comunitat Valenciana,⁶⁷ un *hub* tecnológico que cuenta ya con 400 empresas y entidades tecnológicas.

El conjunto de convocatorias es muy amplio y la AVI, con financiación de la Generalitat Valenciana, especialmente la Dirección General de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (DGTIC), y de las grandes empresas y principales asociaciones empresariales en Valencia, se ha convertido en gestora de transferencias tecnológicas. Inndromeda, la Alianza de Tecnologías Innovadoras de la Comunidad Valenciana,⁶⁸ es una red de innovación digital que se ha convertido en un *hub* de la Comunidad Valenciana de referencia para Europa. De los tres pilares: el normativo (lo necesario), el de infraestructuras (con la DGTIC), y el de creación creación de valor, Inndromeda, se encarga de este último, de los datos a la *learning factory*.

61 Lanzadera, aceleradora e incubadora de empresas: <https://lanzadera.es/>

62 Un requisito es que los alumnos, cuando terminen el MBA, tienen que trabajar en una de las empresas *partner* del programa (y que forman parte del ecosistema valenciano).

63 <http://www.upv.es/investigacion/estructuras/institutos-areas-es.html>

64 <https://innoavi.es/es/>

65 <https://innovacion.upv.es/es/ciudad-politecnica-de-la-innovacion-parque-cientifico-de-la-universitat-politecnica-de-valencia/>

66 <https://www.redit.es/>

67 <https://distritodigitalcv.es/2021/09/que-es-distrito-digital/>

68 <https://www.inndromeda.es/>

Fuera de la CPI hay otros institutos de investigación que nutren este ecosistema, como el *Valencian Research Institute for Artificial Intelligence*, VRAIN,⁶⁹ creado hace unos años. Y empresas punteras importantes, como la ya citada *Brainstorm3d*, o la empresa de arte para videojuegos AAA, que acaba de ser adquirida⁷⁰ por el gigante de la industria de los videojuegos 2K, basado en California, con la condición de que la empresa Elite 3D y su incubadora de ciberjuegos Turia Games sigan desarrollando sus actividades en la ciudad de Valencia.

La innovación *in-house*, con la fabricación de productos necesarios, se hace en diversos institutos, como el citado de nanofotónica, o el IFIC (Instituto de Física Corpuscular de la Universitat de Valencia). Permiten la escalabilidad. En el caso del IFIC fabrica los sensores (placas sensoras o detectores de silicio de *strips*) que irán la parte central del lugar del *Experimento Atlas* del Acelerador del CERN en Suiza donde se producen las colisiones de hadrones de alta energía. El *High Luminosity Large Hadron Collider* (HL-LHC) la siguiente generación del LHC, que halló el Bosón de Higgs en 2012, debería estar operativo en 2027. Esas placas son las que registran las trayectorias tridimensionales de las partículas que se producen tras el choque en los milisegundos posteriores.

*Startups Valencia*⁷¹ es una asociación privada, sin ánimo de lucro creada en 2017 para representar a las *startups* de la Comunidad Valenciana y ser el referente de un ecosistema de empresas innovadoras y tecnológicas, impulsando la competitividad de la economía valenciana. Cuenta con 220 asociados y representa a 923 *startups* que conforman el ecosistema emprendedor y tecnológico valenciano. Como asociados y *partners* figuran las principales iniciativas privadas: aceleradoras (Lanzadera, Demium, Innsomnia, Plug&Play, la incubadora de empresas sociales SocialNest, etc.), programas de innovación corporativa (GoHub Global Omnium, BStartup Banco Sabadell, Google for Startups, Acciona, Elewit Red Eléctrica, Wayra Telefónica, Damm, KmZero, etc.), fondos de inversión (Zubi Labs, Draper B1, Conexo Ventures, Angela Impact Economy, Grupo Zriser, etc.). En 2020, según datos de la asociación, las *startups* valencianas recibieron inversiones por 191 millones de euros. Además de las principales *startups* de la región, la asociación aglutina en torno a este ecosistema muchas iniciativas emprendedoras independientes.

En torno a este ecosistema, se ha generado toda una serie de empresas, incluida Flyware, la primera española en entrar a cotizar en el NASDAQ en mayo de 2021. La factoría Ford también aporta a estas tendencias, habiendo creado un parque de proveedores locales, entre otras cosas para reducir su propio *stock* de componentes, un *just-in-time* local, además de haber impulsado una escuela de ingeniería *in situ* en colaboración con la UPV.

El éxito de este ecosistema se debe, junto a la brillantez de sus promotores, a una eficaz colaboración público-privada, que incluye estrechas relaciones universidad-empresas, no solo limitadas a la UPV, sino también a la Universidad de Humanidades (UV). Pero el ecosistema valenciano arrastra algunas de los mismos lastres generales del español, especialmente el hecho de que más del 90% de las empresas tienen menos de ocho trabajadores. A señalar, como buen ejemplo de descentralización de una Comunidad, que la sede de la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital se encuentra en Alicante.

69 <https://vrain.upv.es/>

70 <https://newsroom.2k.com/news/2k-announces-acquisition-of-elite3d>

71 <https://startupvalencia.org/es/directorio/>

ARPA española/europea

Parte del éxito innovador de EEUU se debe al *input* del Estado y, sobre todo del Pentágono, como bien puso de relieve Mariana Mazzucato.⁷² La agencia DARPA (*Defence Advanced Research Projects Agency* o Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa), fundada en 1958 en respuesta al Sputnik soviético, está detrás de muchos avances tecnológicos de los últimos lustros.⁷³ Se puede decir que más que intentar adivinarlo, ha “inventado el futuro”: desde una parte de Internet a las pantallas táctiles, el GPS, las interfaces por voz a otros elementos, incluido el nuevo sistema de vacunas ARN-m a través de una entonces pequeña empresa llamada Moderna. Son avances que luego se han incorporado a dispositivos y servicios comercializados. Steve Jobs sacó mucho provecho de estas innovaciones para lanzar el revolucionario primer iPhone en 2007. En EEUU han proliferado las ARPA, ya no para defensa, sino para la seguridad interior, inteligencia y energía, y el presidente Biden ha pedido al Congreso una dotación de 6.500 millones de dólares para otra sobre sanidad, y planea generar una suplementaria sobre cuestiones de cambio climático.

A través de DARPA, y de otros programas, el Estado en EEUU subvenciona la I+D avanzada. Luego también, a diferencia de Europa, compra más (sobre todo a través del Pentágono) a las empresas. “EEUU compra, Europa subvenciona”, en expresión de Mazzucato.

Varios gobiernos, pero no la UE como tal, se han planteado generar ARPA europeas (también Japón), aunque menos ligadas a las cuestiones de seguridad. Desde luego el Reino Unido, desde fuera de la UE, con una *Advanced Research and Invention Agency*, Agencia para la Investigación y la Invención Avanzada), o Alemania con una Agencia para Innovación Disruptiva (SPRIN-D, civil) y otra para ciberseguridad. La UE cuenta con el Consejo Europeo de Investigación (ERC), para financiar investigación básica, con un presupuesto anual de 16.000 millones de euros. Las ARPA estadounidenses están mucho más cerca de la investigación aplicada.

Como señalara *The Economist*,⁷⁴ las “ARPA europeas” no tendrán éxito si no se crean con el espíritu que motivó DARPA, a saber, con pocas cortapisas burocráticas, con fondos importantes (el presupuesto para 2020 fue de 3.600 millones de dólares), poco control político, arriesgando en apuestas muchas veces a ciegas –el fracaso es parte del éxito, no todo funciona, pero de todo se aprende; hay que estar dispuestos a experimentar–, y todo contratado fuera de la Agencia. También hay que tener canales de comunicación con las empresas para pasar de los laboratorios a la comercialización.

Para hacerlo, hay que preguntarse en qué Europa ya va tarde, dónde puede hacer algo disruptivo.⁷⁵ Se podría centrar en el Internet Industrial, liderado por alemanes y repartiría por sectores en distintos países europeos de acuerdo con sus fortalezas, incluidos algunos campos en España, como sanidad, energía, medioambiente, y también defensa.

72 Mariana Mazzucato (2019), *El Estado emprendedor*, RBA Libros, Madrid.

73 Para una historia de DARPA, ver Sharon Weinberger (2017), *The Imagineers of War: The Untold Story of DARPA, the Pentagon Agency That Changed the World*, Alfred Knopf.

74 *The Economist* (2021), “A growing number of governments hope to clone America’s DARPA”, 5/ VI /2021., <https://www.economist.com/science-and-technology/2021/06/03/a-growing-number-of-governments-hope-to-clone-americas-darpa>

75 Hay un proyecto incipiente, JEDI, iniciativa desde la sociedad civil, de innovación disruptiva para lograr para Europa a una posición de liderazgo en tecnologías innovadoras. Pretende lanzar Grandes Retos Tecnológicos (Technology Grand Challenges) para empujar las fronteras de la ciencia y la tecnología, e inventar the *Next Big Thing*, <https://www.jedi.foundation/>

España podría lanzar una ARPA española, vinculada a la europea, para cubrir diversos campos transversales, que incorporaran también la dimensión autonómica, y sirviera a fortalezas en curso (turismo, automóvil, etc.) o a otras por descubrir. Pero tendría que escapar a una fiscalización estricta de sus gastos y de sus proyectos por parte del Tribunal de Cuentas y de los ministerios –la interferencia política–, cuestión que lastra el experimento alemán. También solventar la cuestión de los límites que imponen los tiempos políticos, que se cuentan en legislaturas.

3 El tamaño: pymes y grandes

Hay un problema de tamaño y de espacio empresarial, con una excesiva proliferación de pymes en España (un 90% de las empresas), que no tienen capacidad y masa crítica suficiente, salvo excepciones, para invertir lo necesario en I+D+i, y se ven asfixiadas por lo que consideran una sobre-regulación.

No solo importa el tamaño, aunque es verdad que en el caso español las microempresas son muy numerosas y ello lastra la capacidad de adopción de servicios digitales, no digamos ya la producción de productos y servicios si bien, –no todo son desventajas–, se compensa en parte con su mayor rapidez, adaptación y su carácter muy innovador. La regulación debe favorecer una igualdad de oportunidades entre las empresas *tradicionales* y las *digitales*. En parte, las regulaciones europeas van en esta dirección. De lo contrario, las ventajas industriales que tiene Europa con respecto a otras regiones no serán suficiente para mantener la competitividad de las empresas europeas, incluidas las españolas. Ello nos llevará a seguir consumiendo productos y servicios tecnológicos (no solo digitales) de terceros países.

Además, los sistemas y plataformas digitales tienen tendencias hacia el monopolio (por efectos de red y falta de costes incrementales para el crecimiento). El tema relevante es entonces cómo generar plataformas digitales (aunque sea, por ejemplo, en el ámbito industrial B2B y no B2C) y al mismo tiempo cómo asegurar el acceso justo a las plataformas dominantes.

Para empezar, en España no hay espacio para que un pequeño pueda crecer en los grandes proyectos. Como ya se ha señalado, los PERTE son un intento de abrir este espacio. Sí hay espacio en materia de *software*. Pero en materia de tangibles, de *hardware*, los grandes proyectos requieren de grandes inversiones (por encima de los 250.000 euros). Estos grandes proyectos no pueden ya “salir de un garaje”, pero tampoco pueden crearse por decreto. Cualquier innovación transformadora es distinta a cualquier otra y, por tanto, no hay una formulación común a todas ellas.

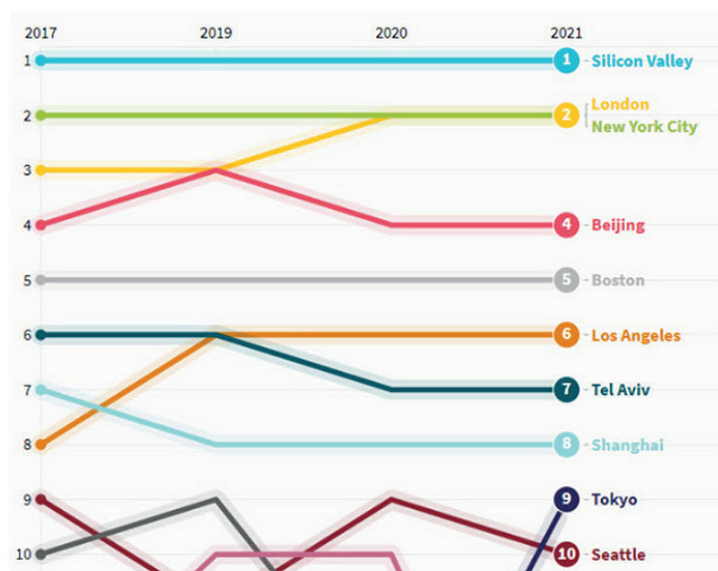
Eso no quiere decir que sea fácil, porque en un entorno asfixiante la innovación es más difícil que surja. Y ello en un momento en que, en España, muchas de las grandes empresas han reducido su tamaño bursátil. Además, las pequeñas empresas se ven asfixiadas por costes de establecimiento y funcionamiento similares a las grandes.

La solución no está solo en empresas grandes. A veces el tamaño, y los monopolios o oligopolios, frenan la innovación y la agilidad dentro de la empresa y en su entorno. “Cuanto mayor es el crecimiento de la firma, es menos probable que innove. Además, las innovaciones generadas por las empresas más pequeñas son más fundamentales y significativas que las generadas por las firmas más grandes”, estiman Philippe Aghion, Céline Antonin y Simon Bunel.⁷⁶ Las empresas grandes se oponen al modelo de innovación abierta, porque quedarían de relieve las carencias que tienen dentro.

⁷⁶ Philippe Aghion, Céline Antonin y Simon Bunel (2021), *El poder de la destrucción creativa ¿Qué impulsa el crecimiento económico?*, Deusto.

Los PERTE, como se ha señalado, obligan a una colaboración entre empresas grandes y pequeñas. En cualquier caso, conseguir aumentar el tamaño de estas es una asignatura pendiente esencial en España. Esto es una parte de las preocupaciones que inspiran la Estrategia España Nación Emprendedora⁷⁷ y del proyecto de Ley de *Startups* de fomento del Ecosistema de las Empresas Emergentes,⁷⁸ que el Gobierno ha presentado. Hay avances notables, pero la competencia obliga a equiparar la situación con los países más avanzados de Europa, el Reino Unido incluido.

Figura 4. *Ranking del ecosistema global de empresas emergentes (2017-2021)*



Fuente: Startup Genome

El proyecto considera una empresa emergente cuando tiene una base tecnológica, más del 60% de la plantilla en España, menos de cinco años (prorrogables a siete en sectores como la biotecnología, energía o industria), que facture menos de cinco millones de euros, no sea cotizada y no reparta dividendos. Pero quizás sea escaso el periodo contemplado para las ventajas otorgadas, entre las que destaca la rebaja del 25% al 15% del impuesto de sociedades durante un máximo de cuatro años, algo en muchos casos insuficiente. La nueva flexibilidad burocrática –ventanilla única y constitución telemática, entre otras medidas– está diseñada para favorecer este emprendimiento.

77 Estrategia España Nación Emprendedora (2021), "Alto Comisionado", https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2021/110221-Estrategia_Espana_Nacion_Emprendedora.pdf

78 <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/referencias/Paginas/2021/refc20211210.aspx>

También se avanza en el tratamiento de las *stock options* esenciales para atraer y retener talento a las *startups* tecnológicas (y no tecnológicas en España), que desde un punto de vista fiscal serán tratadas como rendimiento de capital (cuando se ejecuten o la empresa salga a bolsa) y no como en la actualidad como rendimiento de trabajo (en el ejercicio), sobre todo cuando las empresas pueden fracasar. La cuantía exenta de tributar pasa de 12.000 a 50.000 euros anuales durante los años en que la empresa se considere emergente, cantidad insuficiente para muchos emprendimientos. El sector considera que se va en la buena dirección, pero pide más. El proyecto debe pasar por el Parlamento donde se puede mejorar, para sacarlo antes de que finalice 2022.

Finalmente, es necesario potenciar la capacidad de investigación e innovación de las pymes, que carecen de ella. Los Institutos de Investigación, como en el sistema valenciano y otros, se han convertido en los departamentos de I+D de las pymes que no pueden permitírselos. Estos centros permiten “escuchar, entender y probar”, antes de invertir, y facilitan las transferencias de tecnologías.

No solo para las pymes, sino que en general se puede decir que los institutos de investigación pueden ser intermediarios entre la investigación y la industria. En esto trabaja la Secretaría General de Innovación del Ministerio de Ciencia e Innovación, para hacer que las investigaciones académicas se traduzcan en cosas realmente aplicadas. Probablemente Einstein no hubiera triunfado en el mundo de los negocios. Tampoco toda la investigación se puede comercializar, pero eso no significa que sea menos valiosa.⁷⁹

79 ScienceBusiness (2021), “Research & technology infrastructures: how to build closer ties between excellence, industry and society?”, <https://sciencebusiness.net/report/research-technology-infrastructure-how-build-closer-ties-between-excellence-industry-and>

4 Recursos, financiación y talento

4.1. Financiación

Aunque algunos expertos y emprendedores consultados estiman que la alta tecnología no tiene problemas de financiación, otros opinan que un problema esencial son las líneas de financiación de capital riesgo en este y otros ámbitos. En materia de *software*, como venimos explicando, sí hay más espacio para las pymes y para el lanzamiento de *startups*, estas han de contar con un ecosistema favorable, algo que se contempla en la citada Estrategia España Nación Emprendedora, si bien faltan recursos y aún más ambición y flexibilidad. También falta priorización. Al final la agenda se impone desde fuera y desde las *big tech*, o las grandes empresas europeas, que invierten en España.

Por otra parte, no es tanto una falta de posibles inversores, aunque algunos se van a buscarlos a EEUU u otros mercados de capital. No es que el mercado español sea pequeño, es que a nivel europeo no hay un mercado de capitales como lo hay en EEUU, o siquiera una *Sand Hill Road*, la llamada “Wall Street de Silicon Valley”. Son necesarias escalas de inversión. Ningún país europeo por sí solo puede conseguirlas. De ahí los IPCEI. Pero es necesario fomentar, con medidas, un mercado de capital riesgo moderno a escala nacional y a escala europea. Es lo que puede garantizar la escalabilidad de las *startups* en un momento estratégico de su desarrollo.

Aunque han mejorado en los últimos 10 años, estas capacidades de financiación aún son insuficientes en España y en el conjunto de Europa. Falta un mercado de capital riesgo suficientemente grande y ágil, que no puede ser solo nacional, sino europeo. No obstante, la financiación de capital de riesgo en Europa creció seis veces en la última década, a casi 24.000 millones de dólares en 2020 (34.300 millones de dólares en 2019). Esto aún está por debajo del récord de 73.600 millones de dólares que el ecosistema de EEUU recaudó en 2020, pero es un gran avance.⁸⁰

El Plan de Recuperación contempla actuaciones en muy diversas esferas. Entre otras, lanza el Fondo *Next Tech*, que se basa en la propuesta recogida en la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de 2020, y que se constituye como un “fondo de fondos” de capital riesgo que movilizará hasta 4.000 millones de euros de inversión público-privada para impulsar el crecimiento de empresas digitales (*scale-ups*) así como la inversión en tecnología innovadora de alto impacto y en *startups*.

En cuanto a la estrategia, va por detrás de la legislación en otros países, por ejemplo, en la citada materia de tratamiento fiscal de las *stock options*, pero hay margen para mejorarla en el proceso de elaboración, para finales de 2022, de la ley de *startups*, de empresas emergentes, no sólo en el ámbito digital sino general. Es necesario, pues España va en

80 “The data: European vs US VCs”, <https://sifted.eu/articles/europe-us-vc/#:~:text=Venture%20capital%20funding%20in%20Europe,US%20over%20the%20same%20period.>

esto por detrás de algunos países competidores en la UE, de los que se puede decir que si tradicionalmente, se creía que eran pobres en innovación y carecían de la “mentalidad de la *startup*”, ese ya no parece ser el caso. Incluso en España hay una cierta fiebre de emprendimiento que hay que dejar desarrollarse. Hay que establecer, además, sistemas de control público para que se asegure que el fondo de riesgo vaya dirigido a empresas españolas o con base en España (y no solo las grandes), para lograr un “efecto cascada” hacia las pymes.

España dispone de pocos “unicornios blancos” (empresas emergentes o recién emergidas basadas en *software* que alcanzan un valor de mercado superior a los 1.000 millones de euros): Wallapop (venta de segunda mano), Cabify (transportes) o Glovo (entregas a domicilio). Y en otro orden de cosas, Flyware. Pero los unicornios, como se ha apuntado, no lo dicen todo. Hay más pequeñas empresas de éxito, incluso exportadoras.

El deseo de muchas empresas españolas en el sector es ser compradas por capital extranjero, por una cuestión de capital y rentabilidad, y también de escalabilidad del *software*. Un ejemplo es la venta en 2020 de Panda Security (antivirus), la mayor empresa de *software* española y un referente en la industria de los antivirus, vendida a la compañía estadounidense de seguridad informática WatchGuard.

4.2. La gestión del talento

Ni la digitalización de la economía, ni la industrialización de la digitalización, se pueden lograr sin el suficiente talento humano, deficitario a escala española, europea y global. Se suele calcular que en España faltan unas 80.000 personas con los conocimientos y capacidades suficientes (a los que hay que sumar los citados expertos en datos), y el 80% de las empresas tiene dificultades para contratar programadores (cuyo futuro está en entredicho por la IA y la automatización) y el 70% para sumar directivos para seguir creciendo, además de una falta de competencias STEM y digitales en una parte de la población general. España tiene que hacer un esfuerzo particular para crear talento digital, retenerlo y atraerlo desde fuera. En ello se está,⁸¹ pero el tiempo urge.

La falta de “radar de detección del más alto talento” de las universidades españolas es una causa principal, en gran parte, de que las empresas acaben buscando en el extranjero, con una seria competencia, aún mayor porque el sistema de retribuciones, en parte ya mencionado, lo dificulta. Hay centenares de prestigiosos líderes de investigación de origen español en instituciones de todo el mundo, investigando en las fronteras del conocimiento que iniciaron su formación en universidades españolas que no fueron detectados en ellas, o si lo fueron, no los retuvieron. Muchos de ellos cumplen una labor extraordinaria, en muchos casos desconocida en España. Algunos vuelven tras sus experiencias, otros no. Es difícil que les iguale la oferta en estabilidad profesional, honorarios y, aún más decisivo, medios y recursos para seguir ascendiendo en su trayectoria profesional. Harían bien las

81 Por ejemplo, con el Plan Nacional de Competencias Digitales, https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/210127_plan_nacional_de_competencias_digitales.pdf

instituciones españolas o las *alma mater* de estos líderes de investigación e innovación, en reconectarse con ellos para generar una red internacional española de vanguardia. En el mundo anglosajón esto es habitual.

Diferentes países intentan adaptar y actualizar las competencias de sus trabajadores de distintas formas. Hay dos modelos antagónicos: (1) en los que existe un reconocimiento competencial/ocupacional regulado por el Estado y los mercados contratan en función de esa oferta de competencias (como en Alemania y España). Y (2) aquellos en los que las empresas forman a los trabajadores (Francia, Japón, con ventajas fiscales de otro tipo). Esta relación entre modelos de mercado y formas de regulación ocupacional no tienen un claro óptimo: uno tiene como ventaja la mayor facilidad para adoptar cambios, pero menor libertad empresarial, y el otro tiene mayor facilidad para atender necesidades concretas de las empresas, pero también mayor rigidez frente al cambio.⁸²

En este contexto, sería interesante tratar en España, y en el ámbito de la digitalización, qué modelo debería fomentarse. Una parte de la solución se plantea en la Plan España Digital 2025 y el Plan Nacional de Competencias Digitales.⁸³ Pero, para empezar, es necesario flexibilizar la adaptación a las necesidades del mercado de los currículos en la universidad y en la FP (Formación Profesional), dos entornos que necesitan urgentemente incrementar su conexión, entre ellos y con las empresas, como intenta el nuevo anteproyecto de ley de FP.⁸⁴ Un nuevo plan de estudios tarda por razones burocráticas dos años en cambiarse. De no lograr la enseñanza reglada más flexibilidad, lo harán las grandes empresas con títulos propios, universitarios y de FP, que, aunque no sea oficiales, pueden acabar pesando más que estos en los currículos de los jóvenes y de los reciclados. Hay que cambiar la mentalidad de las administraciones públicas a este respecto, flexibilizar y agilizar los planes de estudio y la creación de titulaciones, generar créditos de estudios de forma dinámica, potenciar aún más que en la actualidad las carreras entrecruzadas e híbridas. Casi todas las disciplinas de vanguardia hoy son híbridas (por ejemplo, sociología de lo digital (ciber-etnografía); nanofísica, o biología e Inteligencia Artificial, bio-ingeniería, neurociencia cognitiva, etc.). Ahora mismo, en la vanguardia de la Inteligencia Artificial se empieza a abrir paso la *tercera cultura*, fusión entre la cultura tecnocientífica y la humanista, ya que sin esta última la ingeniería informática no puede abordar con eficacia los nuevos problemas lógicos y dilemas que surgen en la frontera de la IA. Además, esta hibridación ha de mejorar la relación entre la universidad y los centros de investigación, en cooperación con las empresas y preparar mejor conjuntamente las habilidades inherentes a las nuevas profesiones que surgen de la frontera tecnológica y en el mercado. La transferencia de conocimientos y de habilidades entre universidad y empresas ha de ser biunívoca.

82 Ver a este respecto: https://ec.europa.eu/growth/content/measuring-prevalence-and-labour-market-impacts-occupational-regulation-eu_en y https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/306359/ER40_Occupational_regulation_impact_-_Oct_2011.pdf

83 Plan España Digital 2025, https://www.lamoncloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/230720-Espa%C3%B1aDigital_2025.pdf y Plan Nacional de Competencias Digitales, https://portal.mineco.gob.es/RecursosArticulo/mineco/ministerio/ficheros/210127_plan_nacional_de_competencias_digitales.pdf

84 Anteproyecto de Ley Orgánica de Ordenación e Integración de la Formación Profesional, <https://www.lamoncloa.gob.es/consejodeministros/resumenes/Documents/2021/150621-texto-anteproyecto.ley-fp.pdf>

Entre las empresas grandes, el 63% de las del IBEX 35 entrevistadas para un estudio no conoce con exactitud las capacidades digitales de sus empleados, aunque más de la mitad pone a disposición de sus empleados cursos de formación, y reconoce realizar formaciones para impulsar la adaptación digital de estos,⁸⁵ especialmente en aspectos como técnicas de *big data* y sistemas de ciberseguridad, entre otros.

Es decir, que para la cualificación y recualificación se requiere el concurso activo de las empresas, además de las administraciones públicas. Pero en muchas empresas españolas se están produciendo una reducción de los departamentos de I+D, a diferencia de las de otros países (como Dinamarca y Alemania). Hay excepciones notables. Una de ellas es Telefónica que se propone crear en su sede en Madrid un gran centro mundial de innovación y talento, un *hub* tecnológico, con una inversión de 100 millones de euros hasta 2024 para formar a 100.000 personas en estos nuevos saberes tecnológicos. Se trata de atraer también talento extranjero, y de hacer regresar, aunque sea a temporadas, el español que se ha ido fuera.

Algunos sectores, como energía, tecnología y telecomunicaciones, indican los citados informes, están impulsando de forma decidida las formaciones internas, con empleados expertos que conocen su problemática.

Esto nos lleva al concepto de *learning factory*, es decir de aprendizaje del uso de nuevas tecnologías y su impacto en las personas y la sociedad a medida que se trabaja con ellas y se plantea la fabricación y comercialización de nuevos productos. Habría que priorizar las tecnologías a aprender, con una lista de tecnologías relativamente estables y estandarizadas y que todo el mundo esté certificado en ellas.

El problema de las nuevas tecnologías es que tienen ciclos muy pequeños en sus inicios y no están lo suficientemente estandarizadas. Hay que tener gente polivalente, por un lado, y generalista por otro. Y cuando se estandarizan, especializar a la mayoría.

También hay el otro aspecto, planteado en el citado nuevo anteproyecto de ley de Formación Profesional, a saber, la formación público-privada, con la mitad del tiempo en centros de enseñanza y la otra mitad en trabajos-formación en empresas. Un nuevo ejemplo de la colaboración público-privada (inspirado en el sistema alemán).

Más allá, España puede y debe sacar provecho de su atractivo como lugar de trabajo para extranjeros, aún más con el incremento del teletrabajo. Se estaba estudiando la implantación de visados similares a "nómadas digitales", para fomentar la llegada de personas extranjeras emprendedoras, un poco como lo ha hecho Portugal.

Al mismo tiempo, como muchas ya han hecho, las empresas deben saber formar y retener, con condiciones y sueldos adecuados, ingenieros y desarrolladores. Uno de los *hándicaps*, más que ventaja, del sistema de EEUU es que muchos de ellos no duran en los puestos de trabajo. Esto obliga a sustituir y a formar gente de una manera constante, lo que retrasa la capacidad de innovación, como señala algún directivo. Conclusión válida para contratados españoles y extranjeros.

85 Adigital (2021), "Índice de digitalización del IBEX 35", <https://www.adigital.org/indice-digitalizacion-ibex-35/>

Dicho esto, España, con un tamaño industrial insuficiente y de empresas excesivamente pequeñas tiene un problema con el uso y la captación de talento desde fuera. Como indica un empresario, nos puede afectar el lado malo de la globalización, y convertirnos en “los indios de Europa”, es decir, fabricantes de productos (sobre todo intangibles) a más bajo precio y con salarios mucho más reducidos que los competidores europeos. Además, desde fuera pueden captar talento español, que es reconocido, a bajo precio gracias a la movilidad, y al teletrabajo que ha aumentado con la pandemia. Ha habido una aceleración de lo que Richard Baldwin llama la “globótica” –globalización y robótica– por el que la competencia por el trabajo, incluso en las oficinas, es ya global.⁸⁶ Las reglas han cambiado. Aunque, a la vez, el teletrabajo abre muchas posibilidades para los españoles sin tener que irse del país. Además, existe la posibilidad de atraer talento internacional dadas las características de España (calidad de vida) e infraestructuras de primer nivel (para los nómadas globales).

86 Richard Baldwin (2019), *The Globotics Upheaval: Globalisation, Robotics and the Future of Work*, Weidenfeld & Nicolson.

5 Patentes e innovación *in-house*

Las patentes son un elemento esencial para la investigación y la innovación –leer patentes es una parte importante de la labor de todo investigador– y para financiar estas dimensiones. La necesidad de fomentarlas y protegerlas es perentoria para la industrialización de la digitalización. Muchos de los expertos consultados consideran que en cuestión de patentes hay mucho por hacer en España. Para empezar, cambiar de mentalidad y fomentar las patentes locales en vez de renunciar y comprar directamente patentes extranjeras. A este respecto, Europa tiene un déficit: publica muchas investigaciones de las que otros se aprovechan.

En España el sistema no está maximizado para gestionar las transferencias entre la investigación y la industria. El sistema de patentes, complejo y farragoso, está diseñado más para grandes empresas –con capacidad de medios y organización de gestionar su complejidad y burocratización– que para las pequeñas e innovadoras.

Para una pyme de ocho trabajadores, solicitar una patente cuesta y defenderla más todavía. Al final, aunque la empresa grande le haya copiado no le compensa a la pequeña ir a los tribunales ya que habría de competir con poderosos y caros equipos de abogados. Se puede estudiar un cierto soporte centralizado para pymes y reconvertir o asignar presupuesto a la Oficina Española de Patentes y Marcas para estos temas.

Se necesitan buenos departamentos de transferencias. Las universidades no se pueden convertir en empresas de conocimiento, pero sí buscar patentes conjuntas. Un ejemplo de que se puede hacer es la Agencia Valenciana de Innovación (AVI), que ha conseguido poner a trabajar conjuntamente a empresas, institutos de tecnología y centros de investigación, algo que también se ha logrado en el País Vasco, Madrid y Cataluña, entre otros sistemas regionales.

A veces, en procesos de vanguardia, no existen en el mercado las capacidades de innovación y de fabricación, por lo que es necesario hacerlas, en los institutos de investigación. Es lo que se llama “*in-house*”, algo que se ha desarrollado en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) de Ginebra y en el Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ). La innovación *in-house* no solo ha de ocuparse de diseñar los nuevos artefactos sino conseguir o crear *ex-profeso*, los nuevos materiales y fabricar los dispositivos que son de una exigencia de rango de vanguardia que no son capaces de fabricar ninguna empresa. Por eso lo han de hacer ellos mismos, de ahí lo de *in-house*. Apple ha empezado a hacer el diseño *in-house* y el control de la fabricación de los microprocesadores que utiliza en sus móviles y ordenadores. Es un buen ejemplo.

Algunos centros japoneses, como el NAOJ y el propio CERN europeo, gestionan de manera ejemplar el producto (las patentes) de la innovación de los científicos cuyo sueldo e investigación de frontera financian con dinero público, a la vez que liberan tiempo a los

científicos, tecnólogos e ingenieros de esfuerzo y tiempo. Es un concepto que funciona en la pura vanguardia, bastante desconocido, pero esencial porque es un método de innovación en el límite de los materiales, que no todo el mundo puede hacer. Es ciencia aplicada combinada con ciencia fundamental. Esta innovación produce como consecuencia posterior un *riego* de innovaciones aplicadas, pero requiere una fuerte inversión inicial y con riesgo.

Los institutos se convierten así durante un cierto tiempo en centros de fabricación de lo que necesitan, a veces en estadio de diseño de chips u otros elementos como los sensores, y no existen en el mercado, aunque luego acaben siendo empresas las que lo fabriquen. De ahí la necesidad de una colaboración público-privada muy avanzada en este campo, que parece reservada a las grandes empresas y no a las pymes.

En España ha habido excesiva separación entre la parte científica y la industrial, en lo que otros países de nuestro entorno ha mejorado. Hay que explicar mejor a la industria lo que hacen los institutos de investigación y viceversa, las necesidades y posibilidades de la industria.

Conclusiones y propuestas

España tiene buenos mimbres a nivel país y un potencial que ahora, gracias al PRTR, se puede explotar y hacer crecer de manera exponencial para industrializar y aprovechar al máximo la digitalización. No hacerlo tendría un coste industrial elevado para el futuro del país. Aprovecharlo forma parte de la necesidad de impulsar una política industrial fuerte, con capacidad y por la que España recupere soberanía. Ello implica no solo préstamos públicos a las pymes, y fomentar el crecimiento de su tamaño, por ejemplo, a través de los PERTE, sino también más ayudas directas, controlando que los fondos del PRTR se repartan de manera adecuada e innovadora. Para este empeño, la colaboración público-privada es esencial.

Los tiempos son importantes: la industrialización de la digitalización tiene que contemplar a la vez el corto, el medio y el largo plazo que supera los planteamientos del PRTR. Lo que implica fomentar en las empresas y en las administraciones públicas “la paciencia del resultado”. Para lograrlo, se requieren también nuevos grandes impulsos a la generación de talento tecnológico y emprendedor.

Este enfoque estratégico ha de formar parte de los diversos planes de digitalización y de la política industrial, a incluir en la próxima Ley de Industria. Es parte de la política industrial, que ha de ganar peso (y permitirá afrontar las crisis económicas con mayor resiliencia, en términos de PIB y de empleo). En su dimensión europea, que posteriormente se traduce en nacional, es muy relevante que la política industrial esté alineada con la política de competencia. De lo contrario, los objetivos aprobados no se podrán alcanzar. Dicho de otro modo, se necesitan empresas competitivas y sostenibles y para ello se tienen que modernizar las normas en un mercado y economía digitales.

Para empezar, habría que establecer un mapa de las capacidades nacionales, europeas y globales a este respecto, pues no somos conscientes de ellas. En defensa ya existe: el cliente presenta un problema y el Observatorio Tecnológico le dice qué hay en España y qué no.

No todo se puede hacer desde el ámbito nacional, pues se requieren alianzas europeas y no europeas con empresas a menudo más avanzadas en estos campos.

Figura 5. Los productos de la industrialización de la digitalización

<i>Un corpus de productos que conformen la industrialización de la digitalización</i>	
Intangibles	Tangibles
Industria del <i>software</i>	Sensores (automóvil, turismo, ...)
Inteligencia artificial	Diseño y fabricación de microprocesadores
Computación cuántica y fotónica	Microelectrónica
Ciberseguridad	Cables submarinos y satélites de comunicación
Lenguas españolas y lenguaje natural	Infraestructuras de conectividad transfronteriza
Industria audiovisual, ciberjuegos, Realidad Virtual y Aumentada	<i>Cloud</i> y centros de datos de proximidad
	Comunicación cuántica y fotónica
	Productos vinculados a la 5G (y eventualmente 6G)

Fuente: elaboración propia.

Hay una necesidad de clústeres, público-privados y de relación en red entre estos clústeres que a menudo responden a ciudades con potencial o a Comunidades Autónomas. E incluso aprovechando la oportunidad de los IPCEI y las alianzas europeas, informar mejor a las empresas de lo que son y cómo pueden integrarse en ellos, ante los escasos información/talleres/seminarios públicos por parte de las Comunidades Autónomas o las Diputaciones.

Aunque es difícil saber dónde regar con dinero público y siempre es arriesgado para las inversiones privadas entrar en nuevos campos (pero quedarse donde se está no es una alternativa ante la velocidad y alcance del cambio), la estrategia general de lo que llamamos industrialización de la digitalización está bien encaminada, pero faltan elementos que consideramos esenciales. Hay que definir mejor las áreas más relevantes basadas en las fortalezas españolas, como las telecomunicaciones, la nube y el uso de datos, los cables submarinos, la Inteligencia Artificial y la ciberseguridad, entre otras.

A continuación, resumimos las propuestas que se han ido desgranando anteriormente y que pueden alimentar una industrialización de la digitalización, más allá de los ámbitos concretos a los que nos hemos referido como prioritarios y que recogemos en la Figura 5:

- Fomentar una cultura de alianzas internacionales entre empresas antes que de “dejarse comprar”.
- Impulsar más PERTE para que las empresas grandes sirvan de catalizadores con el fin de que las pymes aumenten de tamaño y escalen.
- Establecer un engranaje, con la vista en el largo plazo, entre los PERTE nacionales y los IPCEI europeos.
- Participar en más IPCEI.

- Impulsar la fertilización cruzada entre tecnologías e innovaciones que articula la innovación híbrida con nuevas aplicaciones en las empresas.
- Impulsar y contribuir desde España a la creación de un mercado europeo de capital riesgo, y facilitar estas inversiones.
- Acelerar la aprobación parlamentaria de la ley de *startups* y mejorarla para impulsar un sistema aún más favorable al emprendimiento en el marco de la economía productiva.
- Facilitar las ayudas públicas *ex ante* y no *ex post*.
- Facilitar la obtención de patentes e impulsar cuando sea necesario la innovación *in-house*.
- Alentar la creación de un Airbus de la microelectrónica, garantizando una importante participación española.
- Transformar la generación de talento tecnológico y emprendedor, con una mayor flexibilidad de los planes de estudio universitarios y de FP, fomentar las *learning factories* y favorecer la enseñanza mixta público-privada.
- Atraer talento extranjero y retener el del país y sus empresas con el atractivo de la calidad de vida del país y ventajas fiscales.
- Estudiar la posible creación de unas ARPA europeas, sobre todo industrial, con una fuerte componente española –una ARPA española en red con la europea– para sanidad, energía, medioambiente y también defensa.
- Elaborar una Estrategia Nacional escalable de *Deep Tech* (tecnología profunda), conectada con la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.⁸⁷
- Promover el uso de las lenguas españolas en las aplicaciones de lenguaje natural o el entrenamiento de algoritmos de Inteligencia Artificial, además de en traducción e interpretación automática.
- Insistir en la industria audiovisual desarrollada desde España.
- Promover el desarrollo de aplicaciones y servicios por las empresas españolas de aplicaciones en los diversos campos que usan la geolocalización como movilidad, transporte, logística e Internet de las Cosas.

87 <https://www.ciencia.gob.es/site-web/Estrategias-y-Planes/Estrategias/Estrategia-Espanola-de-Ciencia-Tecnologia-e-Innovacion-2021-2027.html>

Agradecimientos

Para la elaboración de este *Policy paper* he consultado a numerosas personas del mundo empresarial y académico y de las administraciones públicas. Sin ellas, este ejercicio no hubiera posible. Sus experiencias, visión, *inputs*, información y comentarios a diversas fases del borrador han sido esenciales, aunque, naturalmente, soy el único responsable del resultado. Entre las personas a las que quiero expresar un especial agradecimiento figuran Gloria Álvarez (UC3M-Dubitare), David Argilés (Consorcio Espacial Valenciano), Félix Arteaga (Real Instituto Elcano), Javier Benedicto (ESTEC, Galileo, ESA), Ramón Blasco (Instituto ai2 UPV), Vicente Boria (Consorcio Espacial Valenciano), Silvia Bruno (Elewit), Víctor Calvo-Sotelo (digitales), José Capilla (Universidad Politécnica de Valencia), Narcís Cardona (iTeam), Josep Capmany (iTeam), Salvador Coll (Universidad Politécnica de Valencia), Avelino Corma (Instituto de Tecnología Química ITQ UPV-CSIC), José Duato (UPV), Elena Fernández (EDEM), Emilio García (Ministerio de Economía y Digitalización), Neus García (Lanzadera), Manuel González Bedía (Ministerio de Universidades), Francisco Hortigüela (AMETIC), José Hernández-Orallo y Vicent Botti (*Valencian Research Institute for Artificial Intelligence*, VRAIN, UPV), Javier Jiménez (Lanzadera), Raquel Jorge-Ricart (Real Instituto Elcano), Rafael Lafuente (Leda MC), Juan Luis Hortelano (Startup Valencia), Iker Marcaide (Zubi Labs), Joseba Laka Murgatza (Tecnalia), Jordi Llinares (Ministerio de Industria), Javier Martí (Instituto de Tecnología de Nanofotónica), Gregorio Martín Quetglas (UV), Ricardo Montesa (Brainstorm3d), Pedro Ortiz (Lanzadera), José Peris Ombuena (Angels Capital), Miguel Otero (Real Instituto Elcano), Carlos Palau SATRD, (UPV), Miguel Ángel Panduro (Hispasat), Juan Carlos Pérez (ITI-UPV), Agustina Piedrabuena (Ministerio de Economía y Digitalización), Adolfo Plasencia (escritor y analista), Francisco Polo (Alto Comisionado para España Nación Emprendedora), Daniel Rodríguez Merino (Occentus Network), José Miguel Rosell (S2 Grupo) y Christoph Steck (Telefónica).

Patronato

 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES UNIÓN EUROPEA Y COOPERACIÓN	 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE DEFENSA
 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE ASUNTOS ECONÓMICOS Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL	 GOBIERNO DE ESPAÑA	MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE



AIRBUS



BBVA



endesa



INDITEX



“**IMI MUTUA MADRILEÑA**”



renfe



Consejo Asesor Empresarial



Entidades Colaboradoras

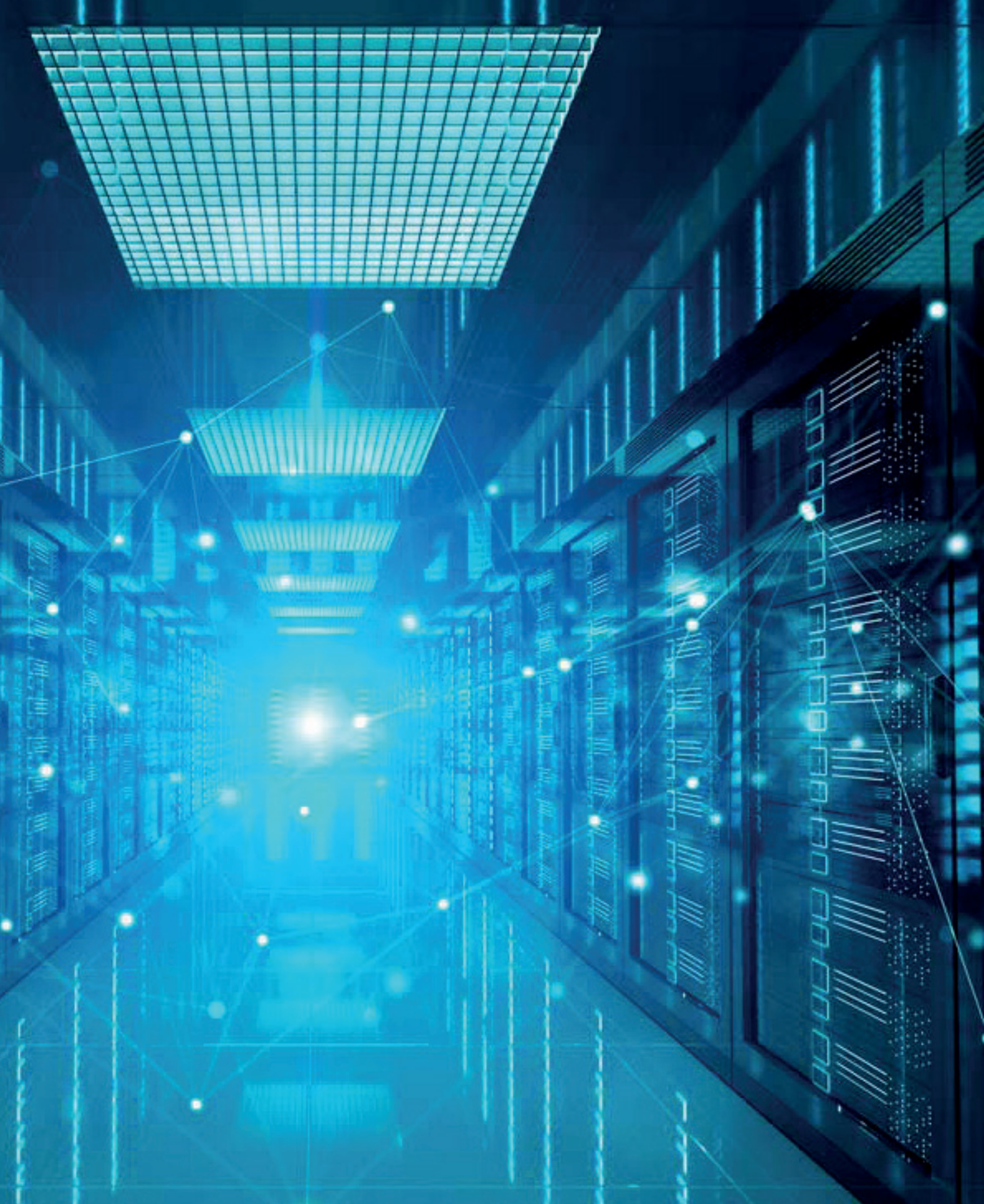


Deloitte.



exolum





Príncipe de Vergara, 51
28006 Madrid (Spain)
www.realinstitutoelcano.org
www.blog.rielcano.org
www.globalpresence.realinstitutoelcano.org

