

---

# *Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco*

Tras mostrar el contexto en que surgen las iniciativas del tipo Industria 4.0 en los principales países avanzados, el artículo acota el concepto Industria 4.0 y contrasta su alcance potencial, cotejándolo con la literatura económica de las Tecnologías de Utilidad General (GPT) sobre los grandes cambios o revoluciones tecno-económicas y con la iniciativa de apoyo a la manufactura avanzada puesta en marcha en EE.UU. El estudio de la situación real, de las expectativas y del grado de preparación del tejido industrial vasco para con la Industria 4.0 se analiza en el siguiente apartado, a partir del marco de análisis desarrollado dentro del proyecto INBENZHAP. Se destaca cómo para la industria vasca el reto no es tanto de carácter tecnológico, donde no hay una mala situación de partida, sino que reside más bien en aspectos no tecnológicos, de forma que su conjunción permita abrir nuevas vías para la aportación de valor a los clientes. El artículo finaliza con una recapitulación de las principales conclusiones a las que conduce el análisis de la información expuesta, y con una síntesis de recomendaciones para el desarrollo y transformación de la industria vasca en clave 4.0.

*Industria 4.0 motako ekimenak herri aurreratu nagusietan zein ingurunetan sortu diren aztertu eta gero, artikuluak haren kontzeptua mugarriztatu eta garrantzi potentziala analizatzen du. Horretarako, Industria 4.0 paradigma iraultza edo aldaketa tekno-ekonomiko nagusiez arduratu den Erabilgarritasun Orokorreko Teknologien (GPTak ingelesez) literatura ekonomikoarekin alderatzen da, eta baita AEBetan abian jarritako manufactura aurreratuko ekimenarekin ere. Ondoren, INBENZHAP proiektuaren barruan garatutako marko analitikoa erabiliz, Industria 4.0-ri dagokionez Euskal Autonomia Erkideko industrien egoera erreala aztertzen da, hari begira dauden itxaropenak eta prestaketa kontuan hartuz. Azterketa horren arabera, euskal enpresen erronka nagusia ez da teknologikoa, ez teknologikoa baizik; eta alderdi teknologikoak eta ez-teknologikoak bilduz, bezeroentzako baliozko ekarpen bide berriak erator daitezke. Azkenik, aurreko guztitik ateratzen diren ondorioak eta Industria 4.0 klabean euskal industria garatzeko eta eraldatzeko gomendioak eskaintzen dira.*

Initially, after showing the context in which similar initiatives arise in major advanced countries, the paper delimits the concept of Industry 4.0 and assesses its potential scope. It is then linked with the economic literature on General Purpose Technologies (GPT) that deals with major techno-economic changes or revolutions, and with the advance manufacturing initiative launched in the USA as well. Next section discusses the current situation, the expectations and the readiness of the Basque industry related to Industry 4.0, by means of the analytical framework developed within the project INBENZHAP. It is pointed how the challenge for Basque industry is not centered in technological issues, where its starting position is not bad, but rather lies in non-technological aspects, so that the combination of both would allow new ways to deliver value to the customers. Finally, the article ends with a summary of the main conclusions drawn from the previous analysis, accompanied with a set of recommendations for the development and transformation of the Basque economy towards the Industry 4.0.

---

**Mikel Navarro Arancegui\***  
*Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad y DBS-Universidad de Deusto*

**Xabier Sabalza Laskurain**  
*DeustoTech*

## Índice

---

1. Introducción
2. Rasgos generales de la Industria 4.0
3. El modelo de análisis de Industria 4.0 aplicado al País Vasco
4. Conclusiones

Referencias bibliográficas

**Palabras clave:** Industria 4.0, política tecnológica, manufactura avanzada.

**Keywords:** Industry 4.0, technology policy, advanced manufacturing.

**Nº de Clasificación JEL:** 014, L23, 033.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El debate en torno a la Industria 4.0 tiene lugar en un contexto caracterizado por una toma de conciencia generalizada de la importancia que posee la industria manufacturera para el devenir de la economía y el bienestar de un país. Efectivamente, aparte de la notable contribución que aporta al total del empleo o al PIB, la actividad manufacturera presenta otra serie de claves interesantes para el desarrollo económico, ya que suele exhibir un mayor gasto en I+D+i, unas tasas de exportación más elevadas, un empleo de superior cualificación, así como una mayor productividad en comparación con el resto de sectores económicos (McKinsey Global Institute, 2012). En la industria manufacturera no solo el nivel remunerativo de los trabajadores tiende a ser mayor que en el conjunto de la economía, sino que también hay una menor polarización de las cualificaciones y las remuneraciones de los trabajadores que en el sector servicios, por lo que la pérdida de la industria manufacturera acentúa la polarización social (Roland Berger, 2014). Es más, como señala el Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología del Presidente de EE.UU. (PCAST,

---

\* **Agradecimiento:** Mikel Navarro agradece el apoyo financiero del Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura del Gobierno Vasco (IT629-13).

2011), un país avanzado debe mantener su industria porque, de deslocalizarse la producción, se pierde la posibilidad de explotar sinergias entre el diseño de procesos y la producción, y finalmente esos servicios de alto valor añadido migran fuera del país de origen hacia donde se localiza la manufactura. Asimismo, el citado consejo (PCAST, 2011 y 2014) aduce razones de «seguridad nacional» para mantener la capacidad de producción manufacturera en el país.

Ese tipo de razones han conducido a que en la primera década de este siglo las grandes potencias hayan puesto en marcha iniciativas para la relocalización o relanzamiento de la industria en sus territorios. Muestra de ello son, por ejemplo, las iniciativas «*Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing*» (2011) y «*Accelerating US Advanced Manufacturing*» (2014), en EE.UU.; o, ya en nuestro continente, las Comunicaciones de la Comisión Europea «Una política industrial integrada para la era de la globalización: poner la competitividad y la sostenibilidad en el punto de mira» (2010), «Una industria europea más fuerte para el crecimiento y la recuperación económica» (2012), y «Por un renacimiento industrial europeo» (2014). En particular, en la Comunicación de 2012, la Comisión Europea fijaba como objetivo para la industria «pasar del actual porcentaje de en torno al 16% del PIB hasta un 20% en 2020».

Conviene señalar que la pérdida de peso relativo del sector manufacturero en los países desarrollados puede deberse básicamente a tres grandes razones. Primero, los mayores crecimientos de productividad que suele haber en este sector conducen a que sus productos puedan ser elaborados con menos empleados o que sus precios presenten menores subidas (o incluso bajadas), de modo que su peso en términos corrientes dentro del PIB disminuya. Segundo, los procesos de externalización de determinadas actividades (fundamentalmente de servicios: transporte, mantenimiento, limpieza, seguridad, etc.), que antes se llevaban a cabo dentro de las empresas industriales (y estadísticamente se asignaban al sector industrial, por ser la industria la actividad principal de la empresa), ahora se adquieren a empresas del sector servicios (y, por lo tanto, se contabilizan estadísticamente como servicios). Y, tercero, desde mediados de los noventa los países desarrollados pierden cuota de mercado en la producción manufacturera con respecto a los países en vías de desarrollo. Así, si en 1995 las cuotas correspondientes a países desarrollados (PD) y países en vías de desarrollo (PVD) en el VAB manufacturero mundial eran del 80% y del 18% respectivamente, en 2013 pasan a ser del 50% y del 46%.<sup>1</sup> Aunque en buena medida el proceso de externalización de actividades mencionado en segundo lugar está ya muy avanzando y en el futuro desempeñará un papel mucho más secundario, los otros dos siguen vigentes. Por ello resulta llamativamente ambicioso el objetivo fijado por la Comisión Europea de que el peso del VAB manufacturero en el total del PIB en la UE llegue a alcanzar el 20% para 2020.

<sup>1</sup> Estimación propia, a partir de las estadísticas de UNCTAD.

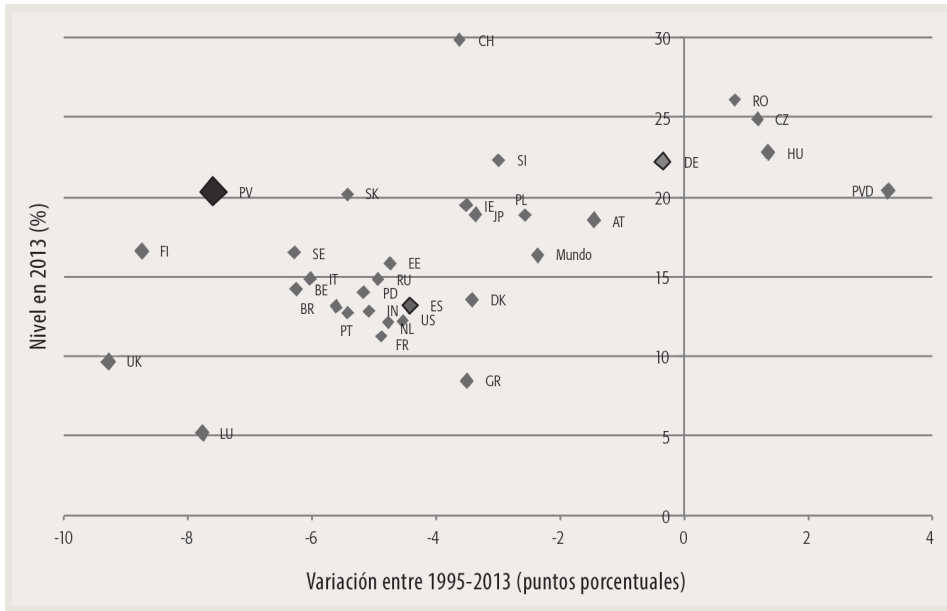
La posición desde la que se plantean esas estrategias de relanzamiento de la industria manufacturera varía sustancialmente de unos países a otros. Roland Berger (2014), en su estudio de la Industria 4.0 y de la nueva revolución industrial, habla de dos grandes fracturas. Por un lado, los países desarrollados (EE.UU., Japón y la UE15) pierden peso en su conjunto frente a las economías emergentes, especialmente frente a los BRIC (que aumentan su cuota dentro del VAB manufacturero mundial del 9,1% en 1995 al 29,5% en 2013), e incluso frente a las economías en transición que se integran en la UE y pasan a formar parte de la OCDE, aunque en bastante menor medida (su cuota aumenta del 1,2% al 2%). Y, por otro lado, la segunda fractura se observa entre los propios países desarrollados, ya que mientras un puñado de ellos logra mantener sus posiciones, en el resto el retroceso es muy notable. De acuerdo con el peso relativo que todavía mantiene en ellos el VAB manufacturero y la variación que éste ha mostrado en el período 1995-2013, cabe distinguir tres grupos entre los países desarrollados:

- Aquellos que, como Alemania y Austria, mantienen una industria manufacturera con un peso relativo importante, que apenas ha perdido entidad en su economía y que, en todo caso, presenta una evolución más favorable que la del conjunto mundial.
- Aquellos que, como Japón, Irlanda, Suecia o Finlandia, siguen manteniendo una industria manufacturera relativamente fuerte, aunque perdiendo claramente peso dentro de su economía (especialmente en Suecia y Finlandia). La Comunidad Autónoma del País Vasco (en lo sucesivo, por abreviar, País Vasco), región cuyo posicionamiento en Industria 4.0 se estudia en este artículo, presentaría rasgos semejantes a este grupo de países desarrollados.
- El resto de países desarrollados, entre los que se encuentra EE.UU. y España, con un menor peso de la industria manufacturera y una peor evolución de ésta. Destacan en este grupo los resultados particularmente malos del Reino Unido y Francia, si bien esta última en menor medida (véase gráfico nº 1).

Otro elemento clave que marca el contexto en el que surge el debate sobre la Industria 4.0 es la revolución digital. Además de los constantes e imparables avances tecnológicos en campos diversos como la nanotecnología, la biotecnología o los materiales, por citar algunos, el nuevo milenio es testigo de la instauración del paradigma digital, una irrupción que deja notar su influencia en prácticamente todos los ámbitos sociales y sectores económicos que toca. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), con el protagonismo y extensión de Internet como buque insignia, están alterando de modo radical los modelos hasta ahora imperantes de relación social, de relación económica, de relación geográfica o incluso de relación política, tanto a nivel micro como macro. Así, según *The OECD Digital Economy Outlook 2015*, prácticamente una tercera parte del crecimiento del PIB de los países

desarrollados se explica por la inversión en TICs, y el crecimiento de la productividad total del trabajo explicada por el sector TIC es del 2% en los países de la OCDE.<sup>2</sup>

Gráfico nº 1. PESO DEL VAB MANUFACTURERO EN EL TOTAL DE LA ECONOMÍA: NIVEL EN 2013 (%) Y VARIACIÓN ENTRE 1995 Y 2013 (PUNTOS PORCENTUALES)



Fuente: Unctad (elaboración propia).

Es en este contexto, que combina la búsqueda del fortalecimiento de la actividad industrial junto con la irreversible revolución digital, en el que el gobierno alemán lanza a comienzos de esta década la iniciativa que denominó inicialmente *Industrie 4.0*, y que posteriormente, cuando ha ido expandiendo su influencia por otros países, ha pasado a denominarse *Industry 4.0*.

Uno de los lugares a donde el concepto *Industry 4.0* ha extendido su influjo es el País Vasco. En éste, la fabricación avanzada aparece recogida como área prioritaria en los últimos planes publicados de ciencia y tecnología. Pero no es hasta la reciente legislación cuando el Gobierno Vasco, tras fijarse la fabricación avanzada como una de las tres prioridades temáticas de su estrategia de especialización inteligente RIS3 (véanse

<sup>2</sup> El Informe *Indizea*. Índice Vasco de Innovación de Innobasque (2013) ha intentado medir la contribución de las inversiones en software al crecimiento de la productividad. Según sus estimaciones, tal contribución ha sido nula en el período 2008-2010. A diferencia de la NESTA y la OCDE, Innobasque no ofrece desagregada la contribución del capital tangible entre el que corresponde a inversiones TIC y no TIC.

Gobierno Vasco 2014 y 2015), elabora un amplio documento en el que se justifica, analiza y concreta la Estrategia de Fabricación Avanzada 2020 (DDEC-SPRI, 2014).

La concepción que sobre la fabricación avanzada recoge el documento es amplia, pues además de contemplar la integración de las TIC e internet en la producción, así como el desarrollo de nuevos modelos de negocio y de servicio, también considera la incorporación a la manufactura de otras tecnologías facilitadoras esenciales (KET, por sus siglas en inglés) en las que el País Vasco dispone de ciertas capacidades o ha invertido de modo importante en la última década (nanotecnologías, biociencias y nuevos materiales, especialmente). Otro rasgo que merece destacarse de dicho documento es que distingue, dentro de lo que denomina la comunidad de fabricación avanzada, tres conjuntos de agentes: (1) los *agentes científicos tecnológicos*; (2) los *sectores proveedores de soluciones* en materiales y primera transformación (fundición, siderurgia, forja y estampación), de medios y sistemas de producción (máquina herramienta, accesorios, componentes y herramientas) y de servicios avanzados (ingenierías, servicios TIC, consultorías...); y (3) los *sectores usuarios finales* en energía, transporte (aeronáutico, automoción, ferrocarril, naval), en biociencias y en otros sectores (electrónica, hogar). Esta división entre sectores proveedores de soluciones y sectores usuarios finales parece responder en parte al deseo de pasar de una estrategia en la que el foco principal está en la oferta o proveedor (principalmente, la máquina herramienta) a otra en la que esté en la demanda o usuario de la manufactura avanzada (aeronáutica, automoción, energía, etc.). (Orkestra, 2015).

Más recientemente, el Gobierno Vasco ha pasado a denominar Basque Industry 4.0 a la estrategia de fabricación avanzada. En un relativamente breve espacio de tiempo se han organizado diversas jornadas Basque Industry 4.0 para promover la llamada Cuarta Revolución Industrial; y se han lanzado tres nuevos programas (Basque Industry 4.0, Industria Digitala y Lankidetza Digitala) para promover la introducción de las nuevas tecnologías de la información en las empresas vascas.

Coincidiendo en el tiempo, el Gobierno Vasco fue invitado a participar en el proyecto de investigación INBENZHAP<sup>3</sup>, impulsado por el Ministerio de Educación e Investigación de Alemania, con el objeto de llevar a cabo un análisis de benchmarking de los principales países que destacan por su producción industrial. La metodología de análisis común fue facilitada a Orkestra, organismo que se encargó de llevar a cabo el análisis correspondiente al País Vasco.

Este artículo tiene por objetivo, precisamente, exponer la filosofía que guía la iniciativa Industria 4.0 y los pilares que, según la metodología desarrollada dentro del proyecto INBENZHAP, se considera clave desarrollar para la industria que surja

---

<sup>3</sup> INBENZHAP es un proyecto de investigación patrocinado por el gobierno alemán, que llevan a cabo el Heinz Nixdorf Institute, la Universidad de Paderborn, y Fraunhofer IPT/Machine Tool Laboratory WZL, RWTH Aachen University.

de esa cuarta revolución industrial, a la vez que mostrar la posición que presenta el País Vasco en dichas dimensiones. Por último, el artículo finaliza con un apartado de conclusiones de todo lo anterior, así como de recomendaciones de políticas en este ámbito para el País Vasco.

## 2. RASGOS GENERALES DE LA INDUSTRIA 4.0

El término Industria 4.0 surge como referencia a la que se considera que será la cuarta revolución industrial, surgida de la digitalización e interconexión extrema de la actividad productiva. De acuerdo con los impulsores de este movimiento, la primera revolución industrial surge a finales del siglo XVIII como consecuencia de la introducción en la industria manufacturera de equipamiento mecánico movido por los motores de vapor. La segunda revolución industrial se inicia a comienzos del siglo XX, apoyada en la electricidad y caracterizada por la producción en masa de bienes, basada en una acrecentada división del trabajo. La tercera revolución, que empieza a comienzos de los años 70 y llega hasta nuestros días, emplea la electrónica y las tecnologías de la información para conseguir incrementar la automatización de los procesos manufactureros. La cuarta revolución, denominada por ello Industria 4.0, y que a diferencia de las anteriores, es más un anuncio *a priori* que la constatación de algo ya alcanzado, consistiría en esencia en «la integración técnica de los sistemas ciber-físicos<sup>4</sup> en la manufactura y logística y en el uso de internet en los procesos industriales» (Kagermann *et al.*, 2013: 14).

Las consecuencias no son meramente tecnológicas, ya que la integración de las tecnologías de producción y las TIC, en forma de sistemas de producción ciber-físicos, presenta un gran potencial para cambiar el modo en el que la industria aporta valor añadido. Surgen nuevos productos, nuevos servicios, nuevos modelos de negocio, nuevas necesidades, nuevos retos en definitiva que cuestionan el formato y las claves competitivas de la industria del futuro.

En tal sentido, cabría relacionar la literatura sobre Industria 4.0 con la reflexión que la «Economía de la Innovación» inicia a comienzos de los años noventa en torno a las Tecnologías de Utilidad General (nombradas habitualmente como GPTs, por ser las siglas de «General Purpose Technologies»).<sup>5</sup> Como señala Bresnahan (2010) en la

<sup>4</sup> Acatech (2011: 15) define los sistemas ciber-físicos como: «Sistemas que tienen software incrustado (*embedded*) y que registran datos físicos directamente usando sensores, afectan a procesos físicos usando actuadores, evalúan y guardan datos registrados, interactúan con los mundos físico y digital, se conectan digitalmente unos con otros y con las redes globales, usan datos y servicios disponibles globalmente y tienen interfaces multimodales hombre-máquina».

<sup>5</sup> Otros autores ya se habían referido anteriormente, bien a los cambios tecnológicos que había detrás de las largas ondas de crecimiento y estancamiento (p.e. Freeman *et al.*, 1982), a la existencia y cambio de paradigmas tecnoeconómicos (Dosi, 1982), o a las invenciones estratégicas (Usher, 1954). Señalemos, asimismo, que autores como Schuh *et al.* (2014) plantean explícitamente esa consideración de Industria

revisión que hace de la literatura de las GPT, este último concepto surge para explicar los estrechos lazos existentes entre determinadas épocas de destacado crecimiento económico y la aplicación innovadora de ciertas tecnologías llamadas GPT. La idea que guía la literatura sobre las GPTs es que, si fuera posible diferenciar las tecnologías que presentan esas capacidades, así como conocer las singularidades de las innovaciones a las que dan lugar, sus comportamientos y los factores que las impulsan o frenan, este conocimiento se podría extrapolar a las nuevas tecnologías que aparezcan y puedan en el futuro ser la base de nuevos períodos prolongados de crecimiento.

Son tres las características básicas que los principales trabajos (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Lipsey *et al.*, 2003) de esta corriente identifican en las GPT. En primer lugar, presentan un amplio margen de mejora sobre las tecnologías existentes en términos económicos. En segundo lugar, posibilitan una amplia variedad de usos en un extenso número de sectores y áreas de aplicación. Y, en tercer lugar, generan y dependen a la vez del desarrollo de una serie de innovaciones o tecnologías complementarias. O, dicho más brevemente, tales tecnologías deben extenderse por la mayor parte de la economía («*pervasiveness*»), mejorar con el tiempo y ser capaces de engendrar (*spawn*) innovaciones adicionales.

A pesar de la gran expansión experimentada por la literatura de las GPT, algunos de sus desarrollos han suscitado las críticas de algunos analistas (véase, por ejemplo, Field, 2008). Así, por ejemplo, se señala que las listas que enumeran las GPT varían de unos autores a otros, aunque las tres que suelen ser mencionadas de modo general son el motor de vapor, la electricidad y las TIC. Otro tanto podría decirse del número de revoluciones industriales vividas por la economía.<sup>6</sup> También se objeta que los análisis empíricos de las diferentes GPT propuestas muestran que éstas presentan entre sí bastantes diferencias, de modo que se impone una gran pre-

---

4.0 como una GPT y, en su estudio de las características de aquella hacen referencia a las contribuciones de la literatura sobre GPTs.

<sup>6</sup> Valgan como muestra algunas afirmaciones del comisario europeo para la Industria y el Emprendimiento, en las que decía que la economía europea iba a entrar en la tercera revolución industrial (véase el n.º 13 de *Enterprise & Industry Magazine*, de julio de 2012). Esa división en tres ondas coincide con los análisis llevados a cabo desde el enfoque de «Industrial Internet» (Evans y Annunziata, 2012), donde integran la primera y segunda revolución del esquema de Industria 4.0 en una única categoría denominada «revolución industrial», sitúan posteriormente una segunda onda –que denominan «revolución de internet»– en la segunda mitad del siglo XX; y establecen finalmente una tercera onda a la que llaman «Industrial internet», que coincidiría con la de Industria 4.0.

Asimismo, en un reciente artículo, en lugar las dos revoluciones ligadas a las TIC que plantean las literaturas de Industria 4.0 y de Industrial internet, Porter y Heppelmann (2014) distinguen tres olas de TIC: la primera ola en los 60 y 70, que automatiza las actividades individuales en la cadena de valor; la segunda ola, en los 80 y 90, que con la llegada de internet permite la coordinación e integración de las actividades individuales de la cadena de valor, de modo que esta se transforma, aunque los productos en sí permanecen en gran medida inalterados; y la tercera ola, que comienza a advertirse en la actualidad, en la que las TIC se convierten en parte integral del mismo producto y se reconforman las cadenas de valor (cambiando las actividades tradicionales –diseño de producto, marketing, manufactura...– y se añaden nuevas actividades –tales como análisis de datos y seguridad–).



caución y no extraer conclusiones rápidas de los modos de expansión de algunas de ellas para creer sin más que resultan aplicables a las demás.<sup>7</sup>

De todos modos, a pesar de sus insuficiencias, la literatura de las GPT plantea ciertas cuestiones que son relevantes para una acertada comprensión o aproximación a la Industria 4.0.

Así, la literatura de las GPT advierte que es un error ver a las mismas como resultado de meros avances técnicos de base científica. Una señal de que las GPT no se reducen a puros avances técnicos es que en la lista de GPTs propuesta por Lipsey *et al.* (2005), reconocidos autores de esta corriente, se incluyen también avances organizacionales, como pueden ser la producción en masa o el toyotismo.<sup>8</sup> En tal sentido, la literatura de las GPT sería menos restrictiva que la literatura aparecida más tardíamente sobre las tecnologías facilitadoras esenciales (conocidas normalmente como KET, por ser las siglas inglesas de Key Enabling Technologies), que tienen un enfoque más puramente tecnológico y están más asociadas a la I+D.<sup>9</sup> Como se verá más adelante, esa combinación de avances técnicos, organizativos y sociales, característica del enfoque de las GPT, es un principio plenamente asumido por la concepción del paradigma Industria 4.0 alemán.<sup>10</sup>

Una segunda cuestión planteada explícitamente por la literatura de las GPT es la importante distinción entre las mejoras de costes y las mejoras de las características de los productos que posibilitan las GPT (véase, por ejemplo, Bresnahan 2010: 771). Aunque con otros términos, Porter y Heppelman (2014) plantean un mensaje semejante cuando señalan que la tercera ola de las TIC debe

<sup>7</sup> La discusión, en este caso, ha versado más sobre las diferencias que hay en el carácter (más científico o más próximo al mercado), campo de aplicación, grado de concentración geográfica de la actividad económica o actores principales (universidad, empresas grandes, nuevas empresas...) que impulsan el desarrollo en las TIC, en las bio y en las nanotecnologías, consideradas estas últimas por algunos autores también como GPTs. Véanse, por ejemplo, Rothaermel y Thursby (2007), Mowery (2010), Saphira y Youtie (2008), Mangemantin *et al.* (2011).

<sup>8</sup> Bresnahan (2010) advierte que desde una perspectiva económica, el progreso técnico se definiría en términos de la localización de la función de producción, y que en el desplazamiento de esta están ya comprendidos tanto los avances puramente técnicos como las mejoras organizativas en la gestión o de otro tipo.

<sup>9</sup> Como señala la Comunicación de la Comisión, COM(2009) 512 final, que identifica cuáles son las KET más estratégicamente relevantes para la UE, tales tecnologías están asociadas con una alta intensidad de I+D. Además, entre las seis KET identificadas (nanotecnología, micro y nanoelectrónica, fotónica, materiales avanzados y biotecnología) las TIC no aparecen como tal, aunque algunos campos específicos a ellas ligadas sí se encuentran incluidas en las 6 KETs identificadas (a saber: micro y nano-electrónica y fotónica).

<sup>10</sup> Roland Berger (2014: 9) escribe: «Las nuevas tecnologías transformadoras, tales como Internet o los teléfonos móviles, no han tenido éxito solo porque eran nuevos, sino porque ellos fueron además seguidos por una transformación social. Internet como tecnología no inventó las redes sociales, pero las redes sociales se desarrollaron gracias a Internet, y además posibilitaron su desarrollo futuro. Lo mismo sucederá con Industria 4.0». O, como señala Acatech (2011), Industria 4.0 implica no solo cambios o retos técnicos, sino particularmente cambios organizacionales en las estructuras de las empresas.

**Recuadro 1. VENTAJAS COMPETITIVAS DERIVADAS DE LA APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0**

En primer lugar, la adopción de la Industria 4.0 en empresas manufactureras usuarias puede dar lugar a procesos más eficientes y con menores costes (por menores tiempos muertos, menor número de operaciones, menor consumo de materia primas y energía...). Para efectuar el despliegue de inversiones se debe demostrar que los recursos adicionales invertidos generen las ganancias o ahorros suficientes. Aunque es aplicable a prácticamente cualquier sector industrial, puede tener especial incidencia en aquellos que son grandes consumidores de recursos.

En segundo lugar, gracias a mejoras en sus procesos, las empresas manufactureras usuarias podrían obtener productos de mayor calidad o precisión, con prestaciones superiores. En este caso la ventaja competitiva proviene de ofrecer productos mejorados.

En tercer lugar, su extensión puede acarrear un notable incremento de flexibilidad y agilidad, tanto de la cadena de valor total y como sus diferentes eslabones: flexibilidad y rapidez para adaptarse de forma rentable a los requisitos cambiantes de los clientes (Tiers 1,2,3); reducción del tiempo de salida al mercado o del plazo de entrega (ventaja para los Original Equipment Manufacturers OEMs); elaboración de series cortas o incluso unitarias, abriendo la puerta al concepto de customización en masa (aeronáutica, transformación primaria...).

En cuarto lugar, se facilita extraordinariamente el desarrollo de servicios añadidos o anexos (servitización) que complementen las prestaciones de los productos o equipos que ofrece la empresa manufacturera, y el cambio en los modelos de negocio. Esto va ligado al paso de ofertar productos a ofertar soluciones.

En quinto lugar, las empresas TIC pueden aprovechar la mayor profundidad del mercado para especializar o verticalizar sus servicios, y "productizarlos". Eso allanaría su internacionalización, actividad hasta ahora poco desarrollada, por haber estado centradas muchas empresas TIC industriales en ofertar servicios muy personalizados y basados en la cercanía. El desarrollo de la Industria 4.0 conducirá a la conversión o emergencia como auténticos sectores en sí, de segmentos de las TIC que hasta ahora por falta de mercados, no posibilitan una especialización y desarrollo propio (p.e. analítica de datos).

En sexto lugar, si bien la expansión de las fronteras de los sectores tradicionales puede tener lugar por los procesos de servitización emprendidos por empresas individuales, en otros casos la innovación va a tener lugar por la combinación de capacidades pertenecientes a distintas empresas. Esas alianzas pueden ser especialmente fructíferas entre empresas industriales y empresas TIC. Esa puede ser una de las fórmulas fomentada por el paso de ofertar productos discretos a ofertar sistemas de productos (paquetes de equipos conectados y de servicios relacionados) o incluso a ofertar sistemas de sistemas (p.e. un edificio o casa inteligente).

comportar no solo avances en la eficiencia operativa, sino también cambios importantes en el posicionamiento estratégico de las empresas, de modo que, mientras la ola anterior se ha caracterizado por la reducción de los costes internos, la nueva ola de productos inteligentes y conectados puede cambiar tal trayectoria

(véase recuadro nº 1 sobre posibles ventajas competitivas que se pueden derivar de la Industria 4.0).

Una tercera cuestión puesta de relieve por la literatura de las GPT es que conviene distinguir el momento de la invención de la GPT, o de una particular tecnología, del momento del impacto económico de ésta, el cual depende en gran medida de las innovaciones y avances complementarios que deben de tener lugar en los sectores de aplicación y en otros ámbitos (p.e. formación de la mano de obra). Lo que realmente genera el progreso económico es el clúster de una GPT y sus innovaciones aplicativas (Bresnahan, 2015: 772). A diferencia de las tecnologías de utilidad simple, que ofrecen soluciones de uso inmediato y completo, las tecnologías de utilidad general (GPT), aunque son aplicables en muchos sectores y campos de actividad, no son generalmente de uso inmediato (Field, 2008). De forma coincidente, también los analistas de Industria 4.0 señalan que «la novedad de esta no radica tanto en una nueva tecnología, sino en que combina la tecnología disponible de una manera nueva» (Drath y Horch, 2014: 57). Ese carácter más sistémico, que le da orla de potencial GPT, es una cuestión que los impulsores de la Industria 4.0 destacan especialmente (véase Kagermann *et al.*, 2013; o Drath y Horch, 2014).

Ligado en buena parte a lo anterior, los análisis históricos llevados a cabo sobre diferentes GPTs ponen de manifiesto los enormes retrasos que se dan entre lo que se pueden denominar «invenciones» de la GPT y la detección de su impacto económico real.<sup>11</sup> Es más, entendidas las GPT como clústeres de innovaciones que han de tener lugar no solo en la tecnología principal, sino también en las actividades o ámbitos complementarios que son necesarios para su aplicación, los cuales ocurren frecuentemente en diferentes tiempos y con diferentes ritmos, no es de extrañar la reticencia de bastantes analistas a hablar de revolución industrial. Tales analistas prefieren hablar de evolución, o de coexistencia de revolución y evolución.

Ese mismo debate se ha trasladado a la literatura de la Industria 4.0. Como antes se ha indicado, Drath y Horch (2014) subrayan que las revoluciones industriales del tipo de Industria 4.0 son más el efecto de los cambios en los métodos de trabajo y de producción, que una novedad tecnológica de la que se desprenda ese término de revolución. Asimismo, en lo que constituye el principal documento de dicha literatura se señala que «la implementación de la visión de la Industria 4.0 implicará un proceso evolutivo, que progresará a diferentes ritmos en compañías particulares y sectores» (Kagermann *et al.*, 2013: 25). De igual forma, se indica: «La expresión ‘cuarta revolución industrial’ hace referencia a un cambio radical en la tecnología de producción. Aunque los efectos de

<sup>11</sup> Ilustrado por aquella famosa afirmación de Solow, en 1987, de que los ordenadores se veían por todas partes menos en las estadísticas de productividad.

este cambio se caracterizarán como revolucionarios, considerados en retrospectiva, su impacto en las operaciones manufactureras existentes será más gradual. La senda hacia el modelo Industria 4.0 será evolutiva –como lo fue en anteriores turbulencias industriales en tecnologías de la producción» (IT'S OWL, 2015)–. Aunque también se señala: «Como un período de transformación industrial, Industria 4.0 puede ser realmente más una evolución que una revolución. Sin embargo, la historia ha mostrado que algunos cambios que tienen lugar en períodos de tiempo más largos tienen un impacto más significativo que otros que ocurren en un espacio de tiempo más concentrado» (Slasky, 2015).

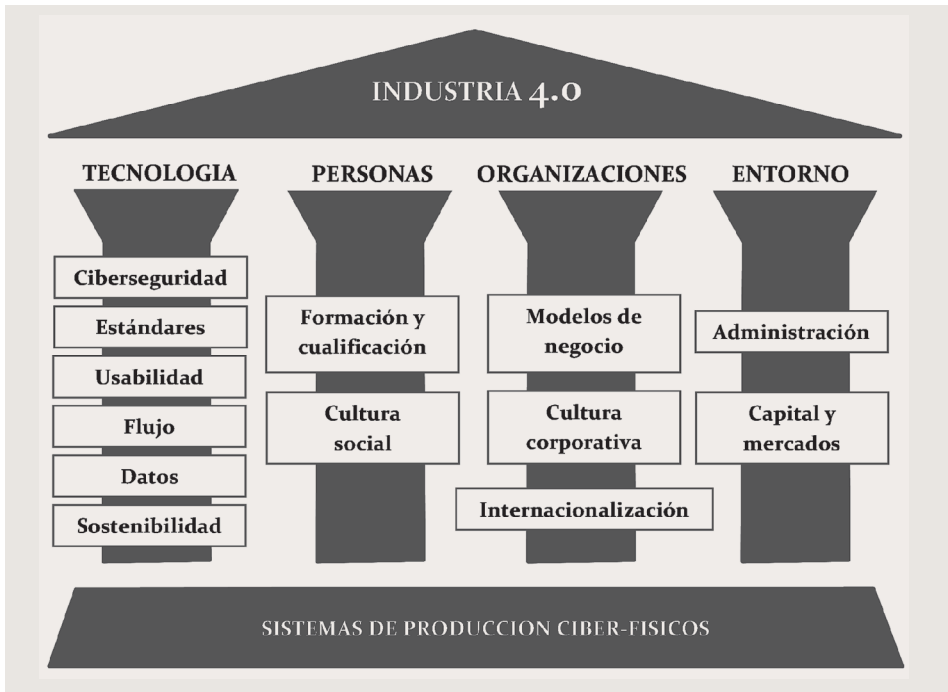
Así como conviene tener en cuenta la coincidencia de los planteamientos de Industria 4.0 con una serie de principios mantenidos por la literatura de las GPT, conviene también poner de manifiesto dos singularidades que presenta la Industria 4.0 con respecto a la otra gran iniciativa que en los países desarrollados se está impulsando para relanzar la industria manufacturera, esto es, aquella planteada en EE. UU. por el Consejo de Asesores en Ciencia y Tecnología (PCAST, por sus siglas inglesas) del presidente estadounidense.

La primera divergencia tiene que ver con el diferente peso relativo y evolución que, como se ha visto en el apartado primero, presenta la industria manufacturera en una y otra economía. Así, la estrategia de impulso a la manufactura avanzada estadounidense lo que persigue es recuperar dicha actividad, perdida en las décadas anteriores debido a procesos de deslocalización. Como en su documento se señala, «eso implica tanto nuevos modos de manufacturar productos existentes como especialmente la manufactura de nuevos productos que emerjan de las nuevas tecnologías avanzadas» (PCAST, 2011: ii). En el caso de la Industria 4.0 se parte ya de un liderazgo industrial de Alemania en la economía mundial y lo que se persigue es una «estrategia dual», orientada a mantener y reforzar el liderazgo existente. La estrategia dual alemana perseguiría, por un lado, el despliegue de sistemas ciber-físicos por toda su industria manufacturera (esto es, una estrategia de mercado líder); y, por otro lado, fortalecer la posición de las empresas alemanas como proveedores líderes en el mercado mundial de tecnologías y productos de sistemas ciber-físicos (una estrategia de proveedor líder).

La segunda gran diferencia tiene que ver con el ámbito de las tecnologías contempladas por una y otra aproximación. La estrategia estadounidense se focaliza en la manufactura avanzada, por la que el PCAST (2011:ii) entiende: «una familia de actividades que depende (a) del uso y coordinación de la información, automatización, computación, software, sensores y funcionamiento en red, y/o (b) hace uso de materiales de vanguardia y de las capacidades emergentes posibilitadas por las ciencias físicas y biológicas, como por ejemplo, la nanotecnología, la química y la biología». El foco de la Industria 4.0, en cambio, deja fuera de su campo la segunda familia de actividades antes mencionada, pues en esencia se limita a «la técnica integración de los sistemas de producción ciber-físicos en la

manufactura y logística y al uso de Internet de las cosas y los servicios en los procesos industriales» (Kagermann *et al.*, 2013: 14). En tal sentido, la estrategia alemana estaría más cercana de la iniciativa «Industrial Internet» impulsada por General Electric, que surgiría de la combinación del sistema industrial global con los sistemas de computación y comunicación abiertos desarrollados como parte de la revolución de internet (Evans y Annunziata, 2012).<sup>12</sup> Incluso cabría considerarla como la aplicación a la producción manufacturera de «Internet de las cosas» (Loffer y Tschiesner, 2013).

Gráfico nº 2. MARCO DE LOS FACTORES CLAVE PARA LA INDUSTRIA 4.0



Fuente: Elaboración propia a partir del proyecto INBENZHAP (2015).

El anteriormente mencionado proyecto de investigación INBENZHAP, consistente básicamente en un estudio bechmarking internacional de la situación y expectativas de los países industrializados en torno a Industria 4.0, es una de las primeras acciones en la hoja de ruta de los impulsores de la estrategia Industria 4.0 alemana que busca realizar un detallado análisis de los competidores y merca-

<sup>12</sup> Según Drath y Horch (2014), las bases técnicas de Industrial Internet e Industria 4.0 son muy similares. Pero la aplicación de la primera es más amplia que la producción industrial de la segunda (ya que, por ejemplo, incluye también las redes eléctricas inteligentes).

dos internacionales. Para estructurar y ordenar los principales factores integrantes de la Industria 4.0, dentro de dicho proyecto se elaboró un marco analítico donde un total de unas 250 cuestiones adecuadamente distribuidas permite profundizar en los aspectos específicos de cada campo ligados al buen desarrollo de la Industria 4.0. La adaptación que de dicho marco realizó Orkestra para el análisis del País Vasco se recoge en el gráfico nº 2.

Para su aplicación en el País Vasco, los autores de este artículo llevaron a cabo 25 entrevistas personales en profundidad a altos cargos de diversas organizaciones vascas con intereses en la Industria 4.0.<sup>13</sup> Asimismo, desarrollaron una versión reducida del cuestionario que, en formato on-line, cumplieron algo más de medio centenar de agentes. El apartado siguiente resume la información recogida sobre la situación en la que, según los entrevistados o encuestados, se encuentra el País Vasco en los factores relativos a la Industria 4.0 contenidos en el marco expuesto. De ese modo, además de presentar didácticamente los factores clave que los responsables políticos y las empresas de un territorio deberían tener en cuenta para impulsar en él una estrategia del tipo Industria 4.0, se expone la posición en que en ellos se encuentra el País Vasco.

### 3. EL MODELO DE ANÁLISIS DE INDUSTRIA 4.0 APLICADO AL PAÍS VASCO

El mundo manufacturero se encuentra con el hecho irreversible de que los sistemas de producción industriales, que están cada vez más imbuidos del paradigma digital con internet como gran palanca de cambio, evolucionan hacia los denominados sistemas de producción ciber-físicos. En cualquier caso, no es evidente calibrar el alcance de los cambios que, debidos a este hecho, se puedan vislumbrar en el ámbito de la producción industrial. Aparecen inquietudes sobre cómo va a ser la industria del futuro, sobre las bases que se disponen para realizar ese recorrido, sobre la identificación de los riesgos y las oportunidades, así como otro sinfín de cuestiones que puedan proporcionar referentes para guiar a los agentes involucrados en la estrategia del cambio.

Tal y como se ha venido comentando, esta nueva industria y su alcance, cuando menos en términos industriales, ha sido bautizada en Alemania como Industria 4.0. Con idea de calibrar su trascendencia, sus impulsores plantean un modelo de análisis que, aunque está evidentemente soportado sobre aspectos tecnológicos, incorpora otros conceptos de carácter no tecnológico cuyo peso o importancia relativa pueden ser incluso superiores a los primeros.

---

<sup>13</sup> 9 de tales personas procedían de empresas industriales, 3 de empresas TIC, 3 de ingeniería, 5 directores de asociaciones clúster y 5 de instituciones para la colaboración.

El modelo incorpora, pues, además del fundamental pilar tecnológico, sendos pilares relativos a la ligazón de los sistemas de producción ciber-físicos con las personas, con las organizaciones, así como con el entorno. Se complementa con una serie de aspectos externos considerados como facilitadores de mercado.

El pilar tecnológico es fundamental, ya que proporciona el sustrato o la base que posibilita la implementación práctica de los nuevos paradigmas. El grado de disponibilidad o acceso al saber hacer tecnológico es esencial a la hora de plantearse las posibilidades de evolución del quehacer industrial que se puedan establecer como objetivo.

A pesar del carácter *sine qua non* que presenta la tecnología para posibilitar la Industria 4.0, la migración masiva hacia paradigmas de producción basados en sistemas ciber-físicos está condicionada en buena medida por los perfiles de las personas. Así, aspectos de carácter social como por ejemplo la cultura, el dinamismo, la formación continua o la apertura al cambio, pueden marcar importantes diferencias entre territorios en el desarrollo de la Industria 4.0, aunque se parta de un nivel similar de acceso a la tecnología.

La transición hacia el nuevo paradigma propuesto por Industria 4.0 está también afectada por, y afectará a su vez a, los formatos y culturas de las organizaciones industriales implicadas. El elevado grado de interdependencia global de las actividades industriales convierte los aspectos ligados a su gestión en otro de los pilares de base sobre los que pivota su evolución en los ámbitos productivos o empresariales (de negocio). Las interacciones entre los empleados y los medios operativos a lo largo de toda la cadena de valor, o la puesta en valor del producto/servicio ante los clientes, son aspectos biunívocamente relacionados con los ámbitos organizativos.

La influencia del entorno empresarial y de negocios, esto es, del campo de juego sobre el que se ejecuta la partida de la Industria 4.0, puede ser determinante, por lo que el modelo de análisis lo contempla de forma explícita.

En definitiva, el análisis se guía según un planteamiento donde se intuye que la tecnología es un medio que posibilita cuestionar o cambiar radicalmente el modelo de negocio ligado a la actividad industrial (qué vendemos, cuál es nuestra propuesta de valor, a quién se lo vendemos, cómo lo vendemos), que requiere unas organizaciones dinámicas, abiertas y valientes, con personas multidisciplinares y un entorno de actuación que sea favorable.

### 3.1. **Pilar de la tecnología**

Aunque su alcance es mucho más amplio, no conviene olvidar en ningún momento que todo el edificio construido sobre el concepto de Industria 4.0 asienta su base sobre aspectos tecnológicos, especialmente de las TIC. La tecnología es importante. El grado de desarrollo actual y venidero de las TIC, junto con su asequi-

bilidad creciente, posibilita el desarrollo de soluciones originales que proporcionan ventajas notables en el ámbito manufacturero. La aplicación de tecnologías que hoy representan el estado del arte de las TIC en entornos de producción industrial puede proporcionar, por ejemplo, incrementos notables de la flexibilidad y eficiencia de los procesos fabriles, así como de la calidad o prestaciones de los productos manufacturados.

El incremento notable de las capacidades de comunicación, de procesamiento y de interacción con el entorno, todo ello a unos costes que se reducen de forma exponencial, posibilita el advenimiento de un paradigma de producción soportado por un elevado grado de colaboración entre los dispositivos y agentes. Así, el concepto intuitivo de «internet de las cosas» aplicado a la industria manufacturera resulta en los denominados «sistemas de producción ciber-físicos». Estos sistemas van un paso más allá de las ventajas que de forma aislada han venido proporcionando los avances en automatización a nivel de planta, las tecnologías de la información a nivel de gestión del negocio, o las herramientas de simulación a nivel de ingeniería, de forma que la cooperación inteligente entre ellos resulta en una elevada sinergia del hecho productivo.

Un escenario objetivo de una planta manufacturera que aplique de forma intensiva la tecnología en sus procesos puede consistir en lograr un medio productivo basado en sensorización en tiempo real que lo hagan adaptable, flexible, auto-restaurable, con capacidad de auto-aprendizaje, tolerante a fallos y gestor de sus propios riesgos.

La combinación sinérgica de las tecnologías que sirven de base a la cooperación inteligente junto con las claves «tradicionales» de la actividad industrial abren una serie de vías que permiten alcanzar las ventajas competitivas detalladas anteriormente en el recuadro nº1, vías que básicamente consisten en:

- La reducción radical del tiempo y coste de desarrollo y/o fabricación de nuevos productos.
- Incremento y precisión en la capacidad de toma de decisiones productivas y de negocio, con capacidad de conocer de forma virtual y en tiempo real las cadenas de valor completas.
- Reducción de tránsitos entre las diferentes etapas de la cadena de valor. Integración y acortamiento de la cadena de valor.
- Desarrollo de servicios de valor añadido adicionales a la función principal.

El tránsito hacia el paradigma Industria 4.0 exige que los agentes que conforman el tejido industrial estén familiarizados con las tecnologías de base. Esto es, deben de conocerlas, tener un acceso fácil a ellas, disponer de capacidad de aplicarlas, de desarrollar proyectos de I+D sobre ellas o en torno a ellas. La siguiente lista muestra de forma no exhaustiva el tipo de tecnologías al que se hace referencia:



- Internet de las cosas o *Internet of Things* (IoT)
- Procesamiento en la nube o *Cloud Computing*, conceptos XaaS (X as a Service)
- Analítica de datos, *Big Data*
- Visión artificial
- Realidad aumentada
- Simulación y virtualización productiva
- Ciberseguridad
- Fabricación aditiva, impresión 3D
- Robótica colaborativa
- Sensórica
- ...

El tejido industrial del País Vasco dispone de una gran capacidad de integración de las diversas tecnologías ligadas a la actividad manufacturera, como la automatización o la optimización de procesos, fortaleza desarrollada tanto en las empresas como en las ingenierías.

Las necesidades tecnológicas de las empresas manufactureras, cuya implantación les permite competir con éxito en el escenario global, han venido siendo cubiertas por recursos propios y externos de ingeniería, contando además con el soporte de una tupida red de centros tecnológicos y universidades, especialmente en lo referente a actividades de I+D, ya que se encuentran en la vanguardia del conocimiento tecnológico tal y como lo demuestra su participación en programas de primer nivel europeos. El conocimiento tecnológico acumulado en el País Vasco varía, pues, desde aspectos de carácter metal-mecánico más convencionales hasta aspectos de carácter TIC avanzado, pudiéndose considerar que el acceso a la tecnología necesaria para el tránsito a Industria 4.0 estaría garantizado.

En cualquier caso, el desarrollo de la Industria 4.0 necesita de una visión interdisciplinar y holística. La falta de grandes actores en el ámbito TIC en el País Vasco, combinada con el reducido tamaño medio de sus empresas industriales, puede hacer que el elevado peso en el tejido industrial de una visión tradicional centrada en la búsqueda de la eficiencia y la reducción de costes, dificulte el despegue de iniciativas más atrevidas que busquen mejores resultados empresariales por la vía del aporte de valor.

A pesar de que el sector industrial vasco no se encuentra en general excesivamente cómodo con las TIC, debido a su intangibilidad inherente, sectores como los fabricantes de bienes de equipo son conscientes de que la evolución tecnológica pasa por una adecuada integración de las TIC en sus sistemas, demostrado por el hecho de que un 70-80% de sus proyectos de I+D industriales incluyen algún elemento TIC clave. De todas formas, la vía de aporte de valor necesita, además de actitudes

valientes, un conocimiento extenso de las claves de mercado que evite, en la medida de lo posible, fiascos como los que se han podido observar a la hora de llevar al mercado desarrollos exitosos de actividades de I+D.

### ***Ciberseguridad***

La evolución de los medios de producción, y de apoyo a la misma, hacia sistemas interconectados por medio de redes, especialmente internet, convierte la ciberseguridad en un aspecto de especial relevancia y preocupación. Es uno de los mayores obstáculos de cara a la generalización del uso de sistemas soportados por dichas redes, tales como los sistemas de producción ciber-físicos o el almacenamiento de datos en la nube, que son por ende los elementos de base de la Industria 4.0.

Sin ser alarmistas, la extensión de los ciberataques a las empresas (en el mundo y en el País Vasco) es al día de hoy una realidad cotidiana. Es importante, por consiguiente, incorporar la seguridad desde las primeras etapas de concepción de los productos y servicios, así como adecuar los modelos de coste de forma que persuadan a los usuarios a observar la ciberseguridad como un valor más que como un coste, tal y como ya sucede en sectores como la banca o el energético. En cualquier caso, la concienciación, la educación y la formación son fundamentales para garantizar un nivel adecuado de protección.

Aunque el País Vasco no escapa al conjunto de necesidades mencionado, se da la circunstancia de que se dispone en el territorio de un conjunto de empresas y centros de conocimiento punteros internacionalmente en el ámbito de la ciberseguridad. Una adecuada gestión de este saber hacer podría convertir esta amenaza en oportunidad, asociando la actividad industrial vasca al concepto de ciberseguridad.

### ***Estándares e interoperabilidad***

La implementación práctica de los sistemas que dan forma a la Industria 4.0 lleva asociada la gestión de unos importantes flujos de información, generados y procesados por una pléyade de dispositivos de características tecnológicas muy diferentes. Desgraciadamente, no existe hoy por hoy ningún protocolo de comunicación que pueda ser considerado estándar a nivel mundial que garantice la interoperabilidad entre dispositivos con las latencias que exige la Industria 4.0 para sus flujos de información, sino que conviven diferentes plataformas, tanto propietarias como abiertas, que responden a diferentes realidades.

Evidentemente, la industria vasca no alcanza una masa crítica suficiente para influenciar la prevalencia de aquellos estándares que más le puedan convenir, si bien objetivamente su preferencia se decantaría hacia los sistemas abiertos, los cuales abren un mayor abanico de oportunidades para los desarrolladores de tamaño pequeño y mediano.

## Usabilidad

La integración por medio de redes de todos los sistemas ligados de una u otra manera a las tareas de manufactura industrial que propugna la Industria 4.0 acarrea un incremento notable del nivel de complejidad. Si bien no importa que en su trastienda o *backstage* los sistemas sean todo lo complejos que sea necesario, sí que es importante que su relación con las personas, su *interface*, su usabilidad en definitiva sea eficiente y poco compleja.

A igualdad de prestaciones técnicas, los sistemas con una mayor usabilidad proporcionan claras ventajas, ya que favorecen la toma rápida de decisiones, ayudan a discernir informaciones contradictorias y disminuyen el tiempo necesario de formación de los usuarios. El diseño de los *interfaces* de relación con el usuario no es un tema ni mucho menos baladí, y puede decantar el éxito o fracaso de un determinado desarrollo. Se trata de asuntos que hasta ahora han estado más bien en un segundo plano de importancia en los ámbitos industriales, pero se puede observar una tendencia clara a incorporar estándares de interacción que se van imponiendo de facto en la vida cotidiana de las personas, tales como las tablets, las apps, etc. Se observa también la incorporación de metodologías y conceptos del mundo del diseño gráfico digital, e incluso la utilización de técnicas de aprendizaje basadas en *serious games*.

Conscientes de la importancia de la usabilidad de los sistemas digitales en su conjunto, el clúster de empresas TEIC del País Vasco Gaia puso en marcha, en fechas recientes, en el marco de una colaboración público-privada, la iniciativa Ergolab<sup>14</sup> con objeto de prestar soporte a las empresas y organizaciones en el desarrollo adecuado de sus interfaces digitales con sus respectivos usuarios. Son dos los principales ámbitos de actuación abordados hasta la fecha, donde uno de ellos está relacionado con el ámbito sanitario, mientras que el otro trata precisamente el ámbito industrial.

## Flujo de información y de materiales

Unido a la usabilidad, el flujo de información en plantas de producción es un asunto de importancia capital para una toma rápida de decisiones. Es conveniente en muchos casos, además, incorporar información relativa no solo al proceso productivo en sí, sino también la del propio negocio. Los mayores retos actuales consisten en el análisis de datos disponibles, la gestión de los flujos de información en tiempo real, y la incorporación de la experiencia de los empleados. Los sistemas deben de integrar y discernir informaciones contradictorias.

<sup>14</sup> La iniciativa Ergolab, impulsada por el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco, a través de su Dirección de Innovación, surgió a principios de 2012, en el marco de la Agenda Digital de Euskadi 2015, y cuyo objetivo principal es facilitar a las empresas el desarrollo de nuevos productos en el sector digital que aseguren su facilidad y experiencia de uso satisfactoria. Se trata de crear servicios digitales o productos más accesibles y fáciles de usar para los ciudadanos. Más información en [www.llegolab.com](http://www.llegolab.com)

El flujo de información y materiales en el entorno productivo se monitoriza en estos momentos principalmente de forma asíncrona, por medio de soluciones del estilo ERP. La gestión de estos flujos en tiempo real aparece como un interesante campo de trabajo para desarrollar, como por ejemplo en la integración automática de la cadena cliente-proveedor.

En el País Vasco, y especialmente desde las ingenierías se observa cómo buena parte de la tecnología que permite este tipo de desarrollos existe y está disponible para abordar proyectos de desarrollo, si bien el mayor freno consiste, por un lado, en que no es fácil determinar el grado de retorno de las importantes inversiones que se necesitan, y por otro, la duda de apostar por tecnologías concretas que se vean claramente superadas por otras que puedan estar todavía en desarrollo y no hayan «explorado» hasta el momento. En este sentido puede ser interesante apoyar figuras como los *early-adopters*, que muestren en la práctica las ventajas de la aplicación de dichas tecnologías, ejerciendo un efecto tractor.

### ***Colección y análisis de datos***

El acceso potencial y real a cantidades colosales de datos es una nueva realidad con la que se encuentra la empresa actual. Por un lado, desde un punto de vista físico, el estado actual de la tecnología permite disponer de cualquier tipo de sensor imaginable a unos costes verdaderamente comeditos, lo que posibilita obtener todo tipo de información de cualquier variable que intervenga en el proceso de fabricación o en la vida útil de los productos fabricados. Por otro lado, los propios sistemas de información que dispone la empresa, o a los que puede tener acceso, como los simuladores virtuales de ingeniería, gestión de logística, gestión de proveedores/almacén, el ERP, el CRM, las redes sociales, etc., son también una fuente ingente de datos, en formatos más o menos desestructurados. Si a todo ello se añade la posibilidad real de acceso a una capacidad cuasi-infinita de almacenamiento y de procesamiento de la información, se obtiene como resultado que la gestión inteligente de los datos puede marcar un importante diferencial del paradigma Industria 4.0 siempre y cuando se obtenga información útil de los mismos. Conceptos como *Big Data* comienzan a sonar con fuerza por ende de otros quizás más conocidos como *Machine Learning* o *Data Mining*.

En cualquier caso, los agentes en el País Vasco no observan inquietud por parte de sus clientes en la demanda del análisis de datos, lo cual puede estar probablemente causado por la reticencia de las empresas a proporcionar datos potencialmente «sensibles» a terceros, por temas de seguridad, o por la falta de audacia en la inversión en intangibles. Existen *start-ups* y firmas de ingeniería que ofrecen soluciones en este campo, hasta ahora con una demanda casi exclusiva de *early-adopters* fuera de sus fronteras, si bien el grado de satisfacción que se reporta es elevado.

Estrechamente unido al tema de los flujos, existe tecnología disponible para acometer este tipo de proyectos, pero la laxitud actual del mercado hace que sus proveedores estén en estado de vigilancia. Las empresas vascas intuyen que es un tema que puede explotar a medio plazo.

### ***Sostenibilidad***

La extensión de regulaciones administrativas en el ámbito de la sostenibilidad otorga un especial protagonismo a temas ligados a la eficiencia. El desarrollo y los avances en las tecnologías de producción van, en muchos casos, parejos a las crecientes imposiciones establecidas por las normativas aplicables, en una carrera sin fin. La flexibilidad y capacidad de adaptación para con la normativa proporcionan ciertas ventajas competitivas, de cara a exigencias sociales y administrativas.

Las regulaciones europeas en materia de sostenibilidad son de las más avanzadas del mundo. En un territorio como el del País Vasco, pequeño y densamente habitado, sin fuentes propias relevantes de materia prima ni de energía, las cuales suponen precisamente entre el 60-70% de los costes, y que concentra una gran actividad industrial, la búsqueda constante de eficiencia es el escenario en el que se desenvuelven las empresas manufactureras, por lo que el grado de cumplimiento es elevado.

### **3.2. Pilar de las personas**

La base que permite plantear un cambio del paradigma productivo hacia el concepto Industria 4.0 es, como se ha visto, la tecnología. Sin embargo, la influencia de las personas que forman parte directa o indirectamente del tejido industrial en la migración hacia el nuevo estadio puede ser determinante en la práctica, así como su influencia sobre las mismas. Aspectos tales como la formación, la cultura social, la adaptación al cambio o el espíritu empresarial, entre otros, modulan la hoja de ruta y el destino final posible, y se convierten en variables sobre las que actuar en caso de plantearse objetivos con cierta ambición a medio y largo plazo.

### ***Formación y cualificación***

Una de las principales características del paradigma Industria 4.0 es su carácter holístico, ya que su fortaleza reside en la combinación colaborativa y sinérgica del conocimiento que cada empresa o departamento tiene de su propio producto/proceso/servicio, junto con las posibilidades que abre la aplicación de las TICs, tanto en formatos de negocio tradicionales como en el lanzamiento de nuevos modelos.

La potencia del concepto reside, por consiguiente, en la capacidad de combinación, por lo que además de precisar disponer de la formación especializada actualizada necesaria en cada uno de los campos, cobra fuerza la necesidad de promover perfiles multidisciplinares que, con dominios en diferentes campos, sean capaces de establecer conexiones y dar forma a las visiones estratégicas subsiguientes.

En el País Vasco, la educación superior muestra afortunadamente una flexibilidad cada vez mayor a la hora de construir las carreras, que permiten tanto reorientar las trayectorias como alcanzar perfiles de carácter multidisciplinar. Sin embargo, aunque el 35% de los estudiantes universitarios se decantan todavía por carreras técnicas y científicas, la tendencia es decreciente, y si bien la educación en fabricación es en el País Vasco un punto fuerte, se vislumbra en el futuro una falta de graduados TIC para poder atender las necesidades de las empresas.

La formación profesional (FP) vasca, referente gracias a su modelo de formación dual que combina la educación con la empresa, y también gracias a su participación activa en formación para el empleo, debería de ir adaptando su oferta en este sentido, para seguir alcanzando el elevado nivel de satisfacción que ha venido logrando en la industria. Se da la circunstancia, además, que los propios centros de FP actúan en muchos casos como soporte tecnológico de empresas industriales de menor tamaño.

En cualquier caso, el dinamismo tanto de la tecnología, especialmente en el mundo digital, como de los ámbitos empresarial y social, junto con la manifiesta necesidad de conocimientos multidisciplinarios, convierten a la formación continua en uno de los elementos clave de la Industria 4.0. La oferta en el caso vasco es amplia, especialmente en los ámbitos técnicos y de gestión, si bien sería interesante complementarla con las casi inexistentes actividades formativas en el campo de la estrategia.

### ***Cultura de trabajo y espíritu pionero***

No es extraño encontrar, en territorios donde tradicionalmente el peso de una industria propia en su economía ha sido importante, como es el caso del País Vasco, que predominen valores sociales y culturales vinculados al quehacer industrial. Sin ánimo de buscar causalidad, valores como el rigor en el trabajo, el respeto a las personas, la orientación al cliente o un alto grado de cumplimiento de los compromisos suelen estar presentes en esos territorios e influyen, probablemente de forma biunívoca, en la actividad industrial.

En el caso vasco, se ha moldeado en las personas una cultura del «hacer» frente a una cultura del «vender». Si bien lo primero presenta unas ventajas evidentes, la falta de lo segundo puede suponer un freno frente al nuevo paradigma Industria 4.0, donde su carácter combinatorio requiere de actitudes valientes, de pensar de modo no convencional, no sólo en la actividad manufacturera propiamente dicha sino en los modos de proveer valor al cliente.

Asimismo, se puede observar con cierta preocupación que la asunción de riesgos de forma individual no está en el acervo cultural, si bien los nuevos modelos de gestión empresarial, que los empleados aceptan si sus propuestas son serias y coherentes, promueven una cierta asunción colectiva de riesgos, que podría ser aprovechada para promover iniciativas originales.

Como no hay mal que por bien no venga, la reciente crisis económica ha devuelto cierto prestigio a la actividad industrial, lo cual además de volcar la atención de los agentes sobre ella, como por ejemplo la de las empresas TIC, puede redundar en la incorporación de perfiles profesionales variopintos que favorezcan la necesaria apertura de mente que necesita el concepto de Industria 4.0. También en este sentido, promover la incorporación de perfiles extranjeros que aporten una visión multicultural a las diferentes fases de la actividad industrial sería un hecho enriquecedor que impulsaría la promoción del paradigma Industria 4.0.

### 3.3. Pilar de organizaciones

Las organizaciones industriales son al fin y a la postre las grandes protagonistas de la transición al nuevo paradigma Industria 4.0. Son las encargadas de gestionar las cada vez más complejas interrelaciones entre los empleados y los medios productivos a lo largo de la cadena de valor, con un ojo atento a la generación de valor para el cliente que garantice la rentabilidad del modelo, con la suficiente agilidad para adaptarse a nuevos posicionamientos estratégicos que puedan establecerse.

La Industria 4.0 alienta, mediante la combinación inteligente de la tecnología y el replanteamiento de las estrategias de puesta en mercado, evolucionar del *business as usual* a nuevos estadios competitivos. Así, aspectos internos en la cultura de las organizaciones como la valentía o la capacidad de asunción riesgos, la capacidad de visión estratégica de negocio, el grado de internacionalización de la propia empresa o de sus mercados, cobran un especial protagonismo si se comparan únicamente con las capacidades técnico-productivas.

#### *Modelos de negocio*

El desarrollo exitoso de nuevos modelos de negocio que complementen, o en el límite sustituyan, el modelo industrial tradicional es uno de las grandes retos que la Industria 4.0 posibilita al mundo manufacturero. Responder a la pregunta de cómo se aporta valor a los clientes puede resultar en un conjunto de estrategias posibles de las que habrá que seleccionar y desarrollar la más conveniente para cada organización en función de su razón de ser.

La incorporación creciente de servicios a los productos o actividades industriales, también conocida como «servitización», apunta a ser casi con toda seguridad una de las claves en el proceso de evolución natural del negocio industrial.

Las TIC son utilizadas por prácticamente todas las empresas industriales, pero rara vez forman parte de la propuesta de valor que ofrecen a sus clientes. Probablemente, el cambio de paradigma exija pasar de una cultura empresarial imperante en el mundo industrial, basada en el control de costes, a otra en la cual el protagonismo se centre en la aportación de valor al cliente.

Las competencias de la industria vasca en el desarrollo y adopción de innovaciones tecnológicas son muy elevadas. El mayor reto reside en la incorporación de innovaciones no tecnológicas, tales como la servitización o la diversificación de modelos de negocio.

### ***Cultura corporativa***

El carácter holístico y multidisciplinar del modelo Industria 4.0, acompañado del reducido tamaño medio de la mayor parte de las empresas industriales, hace de la colaboración una herramienta útil para abordar los retos que se plantean.

Un territorio que disponga de una cultura colaborativa real puede presentar una importante ventaja a la hora de acometer un proceso de transformación hacia la Industria 4.0. La existencia, por ejemplo, de asociaciones clúster, promovidas por influyentes expertos como Porter, pueden jugar un papel relevante en aspectos como: la identificación de necesidades y prioridades; la creación de consorcios, de proyectos de cooperación y de grupos de trabajo; la dirección y coordinación de estructuras de uso común; la promoción y difusión de nuevos modelos de negocio a lo largo de las cadenas de valor; la difusión de los resultados de I+D y del trabajo conjunto; y, en general, la cooperación público-privada en diferentes ámbitos

El País Vasco posee una cultura asociativa que puede jugar un papel facilitador para promover la colaboración entre agentes y empresas. No en vano, existe una política clúster con 11 clústeres prioritarios y otros 11 preclústeres, que busca entre otros cometidos alcanzar la colaboración efectiva de sus miembros para la mejora de la posición competitiva del tejido industrial.

### ***Internacionalización***

El imparable movimiento de globalización de la economía está detrás de la propia razón de ser del concepto Industria 4.0, el cual busca ofrecer de forma competitiva soluciones que aporten valor a sus clientes independientemente del nivel de renta de los países proveedores, venciendo de esta manera el estadio competitivo basado únicamente en bajos costes.

Si bien en la actualidad buena parte de la competitividad de las industrias de proceso proviene del hecho de que están rodeadas por una maraña de proveedores de bienes y servicios locales que no es fácil de replicar en otros lugares, nada impide suponer que la extensión de herramientas TICs y los nuevos modelos de negocio hagan que la Industria 4.0 sea una partida que se juega a nivel global.

En las últimas décadas se ha producido un importante fenómeno de internacionalización de la industria vasca. Algunas grandes empresas locales que comenzaron con operaciones de exportación han evolucionado hasta convertirse en empresas multilocalizadas con plantas de actividad alrededor del mundo, especialmente en Europa, Latinoamérica y sudeste asiático.



Sin embargo, las empresas TIC locales, que en general se aproximan al mercado como empresas de servicios, encuentran dificultades en la provisión de los mismos a la hora de acometer mercados internacionales. El desarrollo de alianzas con empresas industriales internacionalizadas que busquen subirse al carro de la Industria 4.0, así como trabajar de forma activa la «productización» de sus servicios, pueden ser estrategias válidas para las empresas del sector TIC.

### 3.4. **Pilar de entorno de negocios**

El desarrollo e implantación de modelos Industria 4.0 en las empresas individuales, y por elevación en el tejido industrial en su conjunto, puede verse favorecido por elementos externos a las mismas. Existen una serie de factores del entorno sobre el que se desarrolla la actividad empresarial que pueden allanar el camino o incluso impulsar una transición rápida y eficaz hacia el nuevo paradigma.

#### ***Administración***

La Administración debería proporcionar a las empresas un campo de juego con leyes y reglamentaciones claras en aspectos ligados a sus actividades industriales tales como los mercantiles, las telecomunicaciones, la sostenibilidad, las relaciones socio-laborales, y así hasta completar un largo etcétera. Algunos de estos aspectos, importantes para la Industria 4.0, están todavía sin consolidar, como por ejemplo, la regulación referente a la propiedad y residencia de los datos, y pueden desempeñar un importante papel de cara a impulsar el avance del nuevo paradigma.

A partir de ahí, las empresas se pueden encontrar en escenarios en los que las administraciones impulsen políticas industriales activas en mayor o menor grado, de manera que pueden fomentar la evolución del tejido productivo de su territorio. Desde la simple sensibilización, pasando por el alineamiento de agentes o por el desarrollo de programas específicos, hasta incluso la creación de organizaciones *ad-hoc*, las administraciones que rigen los principales países industrializados están empezando a desarrollar de forma generalizada políticas de apoyo para el crecimiento y consolidación de sus respectivos sectores industriales (PCAST 2014, COM 2009, Acatech 2011,...).

En el caso vasco, las administraciones son sensibles para con la industria dado su peso específico en la economía local. Se presta un apoyo proactivo que se sustenta sobre planes elaborados a corto, medio y largo plazo, ajenos a los vaivenes políticos, buscando la transformación y consolidación competitiva de la industria. (DDEC-SPRI 2014, Gobierno Vasco 2014 y 2015).

#### ***Capital y mercados***

La Industria 4.0 se sustenta sobre una aplicación intensiva de las TIC en la industria manufacturera que da pie al desarrollo de nuevas prácticas, servicios y mo-

dos de aportación de valor a los clientes. La transición hacia estos nuevos escenarios requiere de unas importantes inversiones en intangibles, lo cual exige en muchos casos acudir a fuentes de financiación diferentes de las tradicionales.

La transición hacia este nuevo tipo de industria se verá favorecida en aquellos entornos empresariales en los que la oferta y el acceso a fuentes de financiación de carácter no convencional sean más abundantes y asequibles.

La principal fuente de financiación de las empresas industriales vascas es de carácter tradicional, soportado sobre capital privado, reservas y crédito bancario. A pesar de que existen otras fuentes como los fondos de inversión internacionales o fondos de capital riesgo, tanto públicos como privados, sería deseable incrementar la oferta de financiación no convencional para extender su uso, de forma que las empresas puedan disponer de una herramienta indispensable a la hora de desarrollar estrategias avanzadas. Al ser la Industria 4.0 y la fabricación avanzada una de las grandes apuestas estratégicas del País Vasco, sería deseable promover una mayor implicación y proactividad de instituciones financieras locales como Kutxabank o las EPSV.

El desarrollo de redes de *business angels* que financien y soporten las actividades de las *start-ups* que se generan en el dinámico mundo de las TIC, así como su orientación hacia el mundo manufacturero, son elementos interesantes para favorecer el desarrollo de iniciativas Industria 4.0. Dada la idiosincrasia local, poco amiga del riesgo individual, es quizás más interesante realizar esfuerzos en una línea similar pero más centrada en el intraemprendizaje que en el emprendimiento *ex novo*.

Las empresas vascas son proveedoras de mercados con un elevado nivel de exigencia, lo cual es un elemento que favorece la búsqueda continua de creación valor. Se trata de mercados con un nivel de competencia brutal, que exigen estar al cabo de las mejores prácticas y en la avanzadilla del conocimiento, pero que reconocen las mejoras en este sentido.

#### 4. CONCLUSIONES

Prácticamente en todos los países avanzados ha tenido lugar una toma de conciencia de la relevancia que posee el mantenimiento de la manufactura en sus territorios para su futuro desarrollo, así como de que la estructura y organización de la producción manufacturera deberá experimentar profundos cambios para que ese mantenimiento pueda tener lugar. El peso de la actividad manufacturera y la tendencia evolutiva mostrada por ésta en las últimas décadas difiere sustancialmente de unos lugares a otros, lo que sienta bases de partida muy diferentes para las estrategias de desarrollo de la industria que se plantean en unos y otros lugares. Así, frente a estrategias como la estadounidense, que propone planteamientos muy abiertos y pragmáticos (no centrándose exclusivamente en las TIC e internet, sino atendiendo

a todas las nuevas tecnologías que pueden impactar en ese mundo) para tratar de regenerar una industria manufacturera que había perdido, la estrategia alemana conocida como Industria 4.0 persigue mantener el liderazgo mundial de su industria y está más focalizada en toda la problemática que implica la integración de Internet de las cosas en el mundo de la producción industrial. Esta última plantea una «estrategia dual»: ser los líderes industriales, porque el quehacer de su tejido empresarial se ha digitalizado (óptica de demanda), y ser los líderes en la provisión a todo el mundo de todos los componentes de los sistemas ciber-físicos que la industria del mañana va a requerir (óptica de oferta). La prioridad otorgada por Alemania a la apuesta digital se explica no solo por la toma de conciencia de la capacidad transformadora que tiene la integración de las TIC e Internet en el mundo de la producción, sino también porque en aspectos clave del mundo digital (operadores en internet, servicios en la nube...) Alemania marcha rezagada con respecto a EE.UU.

El País Vasco, al igual que Alemania, tiene una estructura económica muy sustentada en la industria, país al que se ha mirado con frecuencia a la hora de construir su sistema de innovación y organizar sus políticas (por ejemplo, al diseñar su política tecnológica, muy basada en centros tecnológicos, inspirada en el modelo alemán de los institutos Fraunhofer). En tal sentido, al País Vasco le resulta más próximo y aplicable el modelo de desarrollo industrial alemán que el estadounidense. No obstante, a la hora de inspirarse en estrategias de desarrollo industrial, no habría que minusvalorar las notables diferencias entre las realidades industriales vasca y alemana.<sup>15</sup>

Aun operando con frecuencia en actividades similares (por ejemplo, automoción), el papel que las empresas vascas ocupan en las cadenas de valor y, ligado también a ello, el tamaño y carácter innovador de éstas son notablemente inferiores a las alemanas. El porcentaje de producción correspondiente a la manufactura de producto propio es mucho mayor en Alemania que en el País Vasco, lugar este último donde las empresas son más de proceso que de producto, lo que afecta mucho a la aplicación e impacto de los principios de Industria 4.0. Además, aun habiendo logrado desarrollar un sector TIC relativamente importante, está generalizada la opinión de que la interacción entre éste y las empresas manufactureras es insatisfactoria y de que, debido en parte a una falta de desarrollo de la cultura de los intangibles, son muy pocas las empresas manufactureras vascas que han integrado las TIC en sus propuestas de valor. Adicionalmente, mientras que Alemania se sitúa entre los países líderes en la integración de las nanotecnologías, biotecnologías, nuevos materiales, fotónica... en la actividad productiva (véase Butter *et al.*, 2014), en el País Vasco, a pesar de la gran apuesta realizada por el Gobierno

<sup>15</sup> Por supuesto, además de las diferencias derivadas de la comparación de lo que es una región (País Vasco) con un estado (Alemania), o de otros importantes factores de carácter más institucional que afectan sustancialmente el desarrollo de tales actividades económicas (como, por ejemplo, puede ser la misma realidad sindical o la relación banca-industria).

Vasco en algunos de estos campos y las notables capacidades científico-tecnológicas en ellas generadas, el grado de introducción de las nanotecnologías y bio-ciencias por las empresas vascas es muy pequeño todavía.

En este contexto, resulta lógica la reorientación hacia la Industria 4.0 que el Gobierno Vasco parece querer llevar a cabo en su estrategia de fabricación avanzada. No obstante, dada la diferente situación que en nanotecnologías y otras áreas científico-tecnológicas presenta el País Vasco con respecto a Alemania, la estrategia vasca de fabricación avanzada debería explícitamente tratar de impulsar la introducción de tales tecnologías en sus empresas.<sup>16</sup> La denominación Basque Industry 4.0 de la estrategia vasca de fabricación avanzada puede dejar un tanto oculto este último propósito, puesto que en la Industria 4.0 de Alemania las nanotecnologías, nuevos materiales y demás quedan fuera del marco de actuación y se podría pensar que en el País Vasco se va a hacer otro tanto.

Independientemente del alcance de la estrategia vasca con respecto a la alemana, el enfoque de estrategia dual que proyecta esta última parece más adecuado que la división entre agentes científico-tecnológicos, proveedores y usuarios que plantea el documento sobre la estrategia de fabricación avanzada del Gobierno Vasco.<sup>17</sup> Organizar las actuaciones y programas conforme a esas dos posibles dimensiones de la estrategia de fabricación avanzada puede resultar más útil y claro.

Otra cuestión relevante para las políticas es la que resulta de la discusión, aparentemente de naturaleza nominalista, sobre si la Industria 4.0 hay que afrontarla como evolución o revolución. A diferencia de lo sucedido en el mundo de las biotecnologías y nanotecnologías, en que emergen nuevos campos ligados a avances en el conocimiento científico e instrumental (véase Meyer 2007 y 2011; Rothaermel y Thursby, 2007), tal como se ha expuesto en un apartado anterior, en Industria 4.0 no hay una revolución científica o tecnológica de base, sino que el cambio surge de combinar la tecnología, en gran medida ya existente; de innovar de manera sistémica (con «clústeres de innovaciones») y duradera en el tiempo. Es, fundamentalmente, en los aspectos que no son puramente tecnológicos (p.e. modelos de negocio, capacitaciones y habilidades del personal...) donde el cambio es de naturaleza más revolucionaria; y son igualmente los avances o cambios que tengan lugar en esos

---

<sup>16</sup> Con la reordenación puesta en marcha por el Gobierno Vasco, de agentes como los Centros de Investigación Cooperativa (CIC) integrantes de la red vasca de ciencia y tecnología, se quiere atacar ya esa falta de conexión entre el desarrollo de capacidades científico-tecnológicas y la actividad económico-industrial. Pero tales actuaciones son de carácter horizontal, y sería necesario impulsar actuaciones ligadas específicamente a la fabricación avanzada, de carácter más temático o vertical.

<sup>17</sup> Como señala Orkestra (2015: 120): «En realidad, los mercados principales o usuarios de los fabricantes de máquina herramienta vascos no son los OEM y empresas Tier 1 y Tier 2 de la CAPV, sino que están situados en otros países. Por otro lado, los sectores de forja, fundición, etc., que aparecen como proveedores, son también sectores usuarios de tecnologías y equipos de fabricación avanzada. A este respecto, el planteamiento «dual» de la estrategia alemana de Industria 4.0 resulta más claro».

otros aspectos institucionales y organizacionales (por ejemplo, regulación apropiada de la propiedad de la información) de los que dependerá el grado de implantación y desarrollo real de la Industria 4.0 y de que impacte finalmente en la producción industrial. En la medida en que los agentes sigan creyendo que Industria 4.0 trata sobre la tecnología de la empresa del mañana, efectivamente habría que hablar de evolución; pero en la medida en que se sea consciente de su vertiente no puramente tecnológica, de su carácter sistémico y persistencia en el tiempo, ciertamente se trataría de una revolución. Los decisores públicos deberían tratar de primar los mensajes y actuaciones de esta última sobre la primera. En el caso de las TIC, por ejemplo, eso se concretaría en que deberían impulsarse los programas y actuaciones destinadas a que las empresas integren éstas en sus propuestas de valor, frente a aquellos orientados a apoyar la incorporación de las TIC como mera herramienta de soporte (o de mejora de eficiencia operativa, en la terminología porteriana). E, igualmente, aunque sin rechazar ninguno, en principio parecerían preferibles los programas y actividades que inciden sobre las mejoras de las características de los productos y los posicionamientos estratégicos de las empresas, sobre aquellos que persiguen puras mejoras de costes y de eficiencia operativa.

Hagamos, por último, una breve referencia a la organización y papel de los actores que deberían estar implicados en el desarrollo de tal estrategia en el País Vasco.

En primer lugar, habría que hacer mención de la especial complejidad organizativa que presenta la estrategia de fabricación avanzada con respecto a las otras prioridades temáticas elegidas por la estrategia de especialización inteligente, RIS3, del País Vasco: energía (con una asociación clúster ya consolidada) y biociencias (con una asociación joven en proceso de conversión en auténtica asociación clúster). En efecto, debido en gran parte al mayor rango y complejidad de las actividades y actores incluidos en esta prioridad, cabría considerar la fabricación avanzada como una plataforma económico-tecnológica que requiere un tipo especial de meta-organización.<sup>18</sup> Para liderar el desarrollo de esta estrategia, recientemente se ha creado un llamado «grupo de pilotaje», con representación del Gobierno, de la red vasca de ciencia-tecnología e innovación y clústeres-empresas. Más en concreto, en dicho grupo de pilotaje toman parte el Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad, las agencias SPRI e Innobasque, las alianzas tecnológicas Tecnalia e Ik4, la Corporación Mondragón (representada por su universidad), representantes de las aso-

<sup>18</sup> Mientras que las biociencias pueden suponer en torno al 0,5% del PIB de la CAPV y la energía un 5%, la fabricación avanzada, incluidas las actividades de servicios a ella ligadas, puede suponer en torno al 25% (Orkestra, 2015). Muchas de las actividades que entran bajo tal estrategia a su vez están organizadas en asociaciones clúster o preclúster. De modo que, como indica Orkestra (2015), la fabricación avanzada constituiría más una plataforma económico-tecnológica que un clúster, y requeriría una meta-organización de nuevo tipo que coordine agentes que pertenecen a actividades que exhiben variedad relacionada y con existencia de externalidades de red. [Sobre el concepto de plataforma económico-tecnológica, véase más en particular Gawer, 2014].

ciaciones clúster de automoción, energía, máquina herramienta y TIC-electrónica, y el CIC Margune.<sup>19</sup>

Aunque todavía el proceso está en sus inicios y no se dispone de mucha información al respecto, todo parece apuntar a que algunos agentes clave del proceso, desde el modelo de Industria 4.0 expuesto en este documento, no están presentes en los grupos de pilotaje. Dejando a un lado si lo están todos los principales agentes de cada categoría (gobierno, infraestructuras de I+D y clústeres/empresas) recogida en el párrafo anterior,<sup>20</sup> resulta extraño que, visto que en gran medida el reto en Industria 4.0 es integrar tecnologías existentes, más que la creación de nueva tecnología, y que el éxito de su implantación e impacto económico depende mucho de las innovaciones organizativas y de modelos de negocio, no haya presencia en el grupo de pilotaje de representantes de ámbitos como las ingenierías, las consultoras e incluso el mundo financiero. E igualmente, habida cuenta del papel capital que en todo el modelo de Industria 4.0 tienen las personas y su cualificación, así como el importante papel que los centros de formación profesional deben cumplir en la formación de los nuevos perfiles de personas requeridos, parecería que ese colectivo de centros –que tan fuerte y organizado está en el País Vasco– debería estar presente en tales grupos de pilotaje. Ello favorecería el abordaje de medidas para paliar la previsible escasez de personal apropiado para la fabricación avanzada en un futuro próximo que actualmente señalan los expertos.

---

<sup>19</sup> Véase Irekia (herramienta digital de comunicación del Gobierno Vasco), 30 de junio de 2015.

<sup>20</sup> Por ejemplo, departamentos gubernamentales con importante incidencia en fabricación avanzada no están presentes, ni tampoco agentes científicos clave (UPV-EHU, Universidad de Deusto, los BERC y CIC físicos...), ni asociaciones clúster y grupos de empresas clave (asociación clúster de aeronáutica, marítimo, medio-ambiente...). Hay que advertir, no obstante, que el que no participen en el comité director y en la comisión delegada, no significa que luego en los múltiples grupos de trabajo temáticos que se creen no vayan a participar o colaborar los agentes no incluidos en ese comité director y en la comisión delegada.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACATECH (2011): *Cyber-Physical Systems. Driving force for innovation in mobility, health, energy and production*. Disponible en: [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech\\_POSITION\\_CPS\\_Englisch\\_WEB.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Stellungnahmen/acatech_POSITION_CPS_Englisch_WEB.pdf) (accedido el 16/09/2015).
- BRESNAHAN, T. (2010): General purpose technologies. En Hall, B. y Rosenberg, N. (eds), *Handbook of Economics of Innovation*, Vol. 2, Elsevier. (pp. 761-791).
- BRESNAHAN, T.F. Y TRAJTENBERG, M. (1995): General Purpose Technologies: 'Engines of Growth?'. *Journal of Econometrics* 65: 83-108.
- BUTTER, M., FISCHER, N., GIJSBERS, G., HARTMANN, C., HEIDE, M. Y VAN DER ZEE, F. (2014): *Horizon 2020: Key Enabling Technologies (KETs), Booster for European Leadership in the Manufacturing Sector*. European Parliament. IP/A/ITRE/2013-01 PE 536.282.
- COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS COM (2009) 512 final: Preparar nuestro future: desarrollo de una estrategia común en la UE para las tecnologías facilitadoras esenciales.
- DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD-SPRI (2014): *Estrategia de Fabricación Avanzada 2020*. Bilbao, presentación, 18 de noviembre.
- DOSI, G. (1982): Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants, and directions of technical change. *Research Policy* 11: 147-162.
- DRATH, R. Y HORCH, A. (2014): Industrie 4.0: Hit or Hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine* 8 (2): 56-58.
- EVANS, P.C. Y ANNUNZIATA, M. (2012): *Industrial Internet: Pushing the boundaries of Minds and Machines*. General Electric. Disponible en: [http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial\\_Internet.pdf](http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf) (accedido el 16/09/2015).
- FIELD, A.J. (2008): Does Economic History Need GPTs? *SSRN eLibrary*.
- FREEMAN, C., CLARK, J. Y SOETE, L. (1982): *Unemployment and Technical Innovation: A Study of Long Waves and Economic Development*. London: Frances Pinter.
- GAWER, A. (2014): Bridging Differing Perspectives on Technological Platforms: toward an Integrative Framework. *Research Policy* 43: 1239-1249.
- GOBIERNO VASCO (2014): *RIS3 Euskadi. Prioridades estratégicas de especialización inteligente de Euskadi*. Bilbao, abril.
- (2015): *PCTI Euskadi 2020. Una estrategia de especialización inteligente*. Bilbao.
- INBENZHAP (2014): *International Benchmark «Industrie 4.0». Benchmarking interview*.
- IT'S OWL (2015): *Intelligent Technical Systems*. Disponible en <http://www.its-owl.com/industry-40/evolution-not-revolution/> (accedido el 15/09/2015)
- KAGERMANN, H., WAHLSTER, W. Y HELBIG J. (2013): *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. April 2013. Fráncfort: Acatech. Disponible en [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Material\\_fuer\\_Sonderseiten/Industrie\\_4.0/Final\\_report\\_Industrie\\_4.0\\_accessible.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf) (accedido el 16/09/2015).
- LIPSEY, R., KENNETH, I.C. Y CLIVE B. (2005): *Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-term Economic Growth*. Oxford: Oxford University Press.
- LOFFER, M. Y TSCHIESNER, A. (2013): The Internet of things and the future of manufacturing. *McKinsey Company, Insights & Publications*. Disponible en: [http://www.mckinsey.com/insights/business\\_technology/the\\_internet\\_of\\_](http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/the_internet_of_)

things\_and\_the\_future\_of\_manufacturing (accedido el 16/09/2015).

- MANGEMATIN, V., ERRABI, K. Y GAUTHIER, C. (2011) : Large players in the nanogame: dedicated nanotech subsidiaries or distributed nanotech capabilities? *Journal of Technology Transfer* 36: 640–664.
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2012): *Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation*. Londres: McKinsey & Company.
- MEYER, M. (2007): What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency. *Scientometrics* 70 (3): 779-810.
- MEYER, M., LIBAERS, D. Y PARKS, J-H. (2011): The Emergence of Novel Science-related Fields: Regional or Technological Patterns? Exploration and Exploitation in United Kingdom Nanotechnology. *Regional Studies* 45 (7): 935-959.
- MOWERY, D.C. (2011): Nanotechnology and the US national innovation system: continuity and change. *Journal of Technology Transfer* 36: 697-711.
- OECD (2015): *OECD Digital Economy Outlook 2015*. Paris: OECD Publishing.
- ORKESTRA (2015): *Cuadernos del Informe de Competitividad del País Vasco 2015. Número 3: Sectores y clústeres*. Bilbao: Publicaciones Deusto.
- PCAST (THE PRESIDENT'S COUNCIL OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY) (2011): *Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing*. Report to the President. Executive Office of the President.
- (2014) (THE PRESIDENT'S COUNCIL OF ADVISORS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY): *Accelerating US Advanced Manufacturing. Report to the President*. Executive Office of the President.
- PORTER, M.E. Y HEPPELMANN, J.E. (2014): How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review* 92: 11–64.
- ROLAND BERGER (2014): *Industry 4.0. The new Industrial revolution. How Europe will succeed*. Disponible en: [https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland\\_Berger\\_TAB\\_Industry\\_4\\_0\\_20140403.pdf](https://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Industry_4_0_20140403.pdf) (accedido el 16/09/2015).
- ROTHAERMEL, F. Y THURSBY, M. (2007): The nanotech versus the biotech revolution: Sources of productivity in incumbent firm research. *Research Policy*, 36(6), 832–849.
- SAPHIRA, P. Y YOUTIE, J. (2008) : Emergence of nanodistricts in the United States. Path dependency or new opportunities? *Economic Development Quarterly* 22 (3): 187-199.
- SCHUH, G., POTENTE, T., VARANDANI, R., HAUSERBERG, C. Y FRÄNKEN, B. (2014): Collaboration Moves Productivity To The Next Level. *Procedia CIRP* 17 (2014): 3 – 8.
- SCHUH, G., POTENTE, T., WESH-POTENTE, C., WEBER, A.R. Y PROTE, J-P. (2014): Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP* 19 (2014): 51-56.
- SLASKY, I. (2015): *Industry 4.0: Revolution or Evolution?* Disponible en: <http://blog.fieldone.com/industry-4.0-revolution-or-evolution> (accedido el 15/09/2015).
- USHER, A.P. (1954): *A History of Mechanical Inventions*. Cambridge: Harvard University Press.