



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPTATIVIDAD ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

# **Análisis del impacto de la digitalización en las operaciones de empresas del sector industrial**

Autor: Íñigo Marín Alcalá

Director: Charles Kirby Isasi

Madrid

Junio 2015



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN ACCESO ABIERTO ( RESTRINGIDO) DE DOCUMENTACIÓN**

### **1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.**

El autor D. IÑIGO MARIN ALCALA , como ESTUDIANTE de la UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS (COMILLAS), **DECLARA**

que es el titular de los derechos de propiedad intelectual, objeto de la presente cesión, en relación con la obra PROYECTO FIN DE MASTER. ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS OPERACIONES DE EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL<sup>1</sup>, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual como titular único o cotitular de la obra.

En caso de ser cotitular, el autor (firmante) declara asimismo que cuenta con el consentimiento de los restantes titulares para hacer la presente cesión. En caso de previa cesión a terceros de derechos de explotación de la obra, el autor declara que tiene la oportuna autorización de dichos titulares de derechos a los fines de esta cesión o bien que retiene la facultad de ceder estos derechos en la forma prevista en la presente cesión y así lo acredita.

### **2º. Objeto y fines de la cesión.**

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad y hacer posible su utilización de *forma libre y gratuita ( con las limitaciones que más adelante se detallan)* por todos los usuarios del repositorio y del portal e-ciencia, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución, de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra (a) del apartado siguiente.

### **3º. Condiciones de la cesión.**

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia, el repositorio institucional podrá:

(a) Transformarla para adaptarla a cualquier tecnología susceptible de incorporarla a internet; realizar adaptaciones para hacer posible la utilización de la obra en formatos electrónicos, así como incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.

---

<sup>1</sup> Especificar si es una tesis doctoral, proyecto fin de carrera, proyecto fin de Máster o cualquier otro trabajo que deba ser objeto de evaluación académica

(b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato. .

(c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo abierto institucional, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.<sup>2</sup>

(d) Distribuir copias electrónicas de la obra a los usuarios en un soporte digital.<sup>3</sup>

#### **4º. Derechos del autor.**

El autor, en tanto que titular de una obra que cede con carácter no exclusivo a la Universidad por medio de su registro en el Repositorio Institucional tiene derecho a:

a) A que la Universidad identifique claramente su nombre como el autor o propietario de los derechos del documento.

b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.

c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada. A tal fin deberá ponerse en contacto con el vicerrector/a de investigación ([curiarte@rec.upcomillas.es](mailto:curiarte@rec.upcomillas.es)).

d) Autorizar expresamente a COMILLAS para, en su caso, realizar los trámites necesarios para la obtención del ISBN.

d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

#### **5º. Deberes del autor.**

El autor se compromete a:

a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.

b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.

---

<sup>2</sup> En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría redactado en los siguientes términos:

(c) Comunicarla y ponerla a disposición del público a través de un archivo institucional, accesible de modo restringido, en los términos previstos en el Reglamento del Repositorio Institucional

<sup>3</sup> En el supuesto de que el autor opte por el acceso restringido, este apartado quedaría eliminado.

c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

#### **6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

a) Deberes del repositorio Institucional:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.

- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.

- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.

b) Derechos que se reserva el Repositorio institucional respecto de las obras en él registradas:

- retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 7 de JUNIO de 2016

**ACEPTA**

Fdo IÑIGO MARÍN ALCALÁ





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

MASTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

OPTATIVIDAD ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

# **Análisis del impacto de la digitalización en las operaciones de empresas del sector industrial**

Autor: Íñigo Marín Alcalá

Director: Charles Kirby Isasi

Madrid

Junio 2015



# ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN LAS OPERACIONES DE EMPRESAS DEL SECTOR INDUSTRIAL

**Autor: Marín Alcalá, Íñigo.**

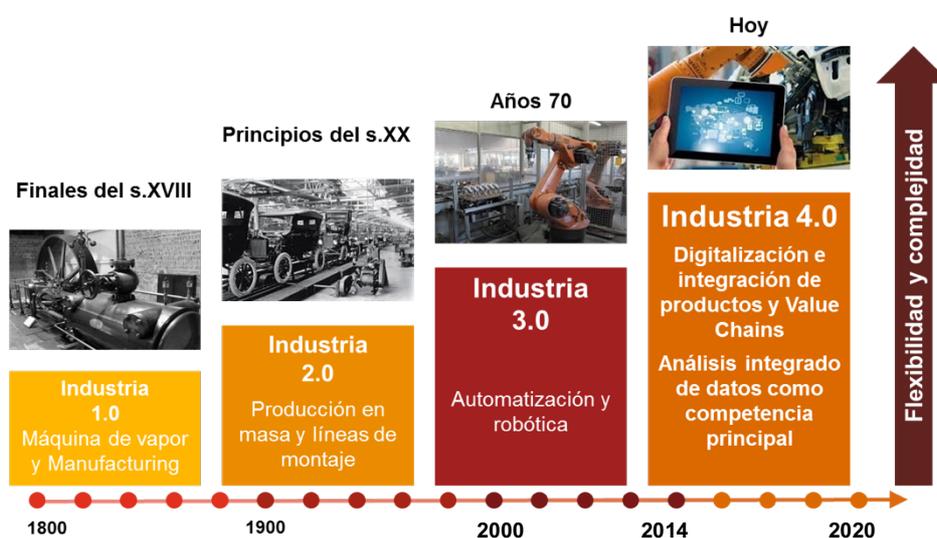
Director: Kirby Isasi, Charles.

Entidad colaboradora: PwC.

## RESUMEN DEL PROYECTO

### Introducción

El término “Industria 4.0” u “Operaciones Digitales” representan la cuarta revolución industrial, impulsada por la digitalización y el desarrollo del internet industrial (Ver Figura 1). Esta revolución está caracterizada por una creciente digitalización e interconexión de los productos, cadenas de valor y modelos de negocio.



Fuente: PwC

Figura 1. Evolución temporal de la industria

A día de hoy no existe una única definición de Industria 4.0. Por ello, desde PwC se ha elaborado un marco donde encuadrar las distintas áreas que la componen y acotar el término. Dentro de ese marco observamos que los modelos de negocio digitales están erigidos por cinco pilares distintos detallados en el proyecto: Fabricación Inteligente, Smart Supply Chain, Ingeniería Digital, la digitalización del portfolio de productos y

servicios, y la interacción multicanal de los clientes. Del mismo modo, Industria 4.0 se encuentra asentada sobre un conjunto de las distintas herramientas ofrecidas por la digitalización: realizar los cambios en el modelo operacional y cómo gestionar los cambios hacia la digitalización, una arquitectura de las Tecnologías de la Información y el desarrollo de soluciones de software que dé cabida a temas como la seguridad requerida o la gestión del riesgo y el Big Data o análisis de datos que supone la base para la toma y generación de información de los procesos y la optimización de los procesos en base a los mismos.

Visto la definición del término Industria 4.0, el proyecto recoge el impacto del mismo, los niveles estimados de inversión así como los retornos adicionales esperados y las prácticas empleadas para llevar a cabo dicha digitalización.

### **Metodología**

Industria 4.0 no es un tema de tecnología y soluciones puntuales, sino un tema de negocio para las compañías. Es por ello que generalmente son los CEOs y COOs los perfiles con una mayor visión y conocimiento en dicho ámbito. Por ello, son considerados los interlocutores idóneos en este ámbito y se centra en ellos la participación en el estudio. Adicionalmente, debido a la creación de nuevos responsables y departamentos en las organizaciones para dirigir la digitalización, como el *Chief Digital Officer* (CDO), el papel de los CIOs está fragmentándose en ámbitos de digitalización (Pwc, 2015). La involucración de los mismos, tanto del CIO como del CDO, así como el compromiso del resto de la directiva (CFO, COO...) en la transformación digital liderada por el CEO son algunos de los indicadores de éxito en dicho proceso de transformación. Dicho ello, tres cuartas partes de los entrevistados tienen posiciones de ejecutivos de dirección dentro de sus compañías, capaces de reflejar la visión estratégica existente en las empresas.

Con respecto a las empresas en las que se ha centrado el estudio, se ha buscado la heterogeneidad y diversidad industrial, tanto a nivel de facturación como en diversidad de sectores y regiones, garantizando una foto que plasme la realidad existente de la industria actual en España. El estudio se ha centrado en las industrias con una producción vinculada. No se han considerado sectores relacionados con servicios y sin una producción asociada, al encontrarse en una posición más tangencial al término de Industria 4.0. Para el grado de representación de los sectores involucrados, de cara a la selección de la muestra de participación, se han buscado las empresas tomando como referencia los últimos datos publicados (2011) del VAB industrial (Valor Añadido Bruto). Con el mismo criterio, se ha buscado la diversidad de empresas en términos de localización, conformando una muestra que explicase la situación y visión existentes en las distintas regiones Españolas en proporción a su aportación de valor a la industria. De modo análogo, en la segmentación realizada se ha buscado una representación significativa de todo el abanico de grandes empresas a nivel de facturación y número de empleados en España.

En relación a los temas a tratar en el estudio, se ha seguido la línea del estudio de 2014 presentado en Alemania, observando en este caso la situación en España. Las principales diferencias de enfoque se encuentran en el mayor énfasis realizado en el Big Data en este segundo estudio. Se ha querido recalcar este área dentro de Industria 4.0 y observar su situación al ser considerados un área indispensable para llevar a cabo la Proyecto fin de master

digitalización. Así mismo, los temas tratados se han estandarizado con el resto de países permitiendo ello la posterior unificación de todos en el estudio global que se está publicando paralelamente.

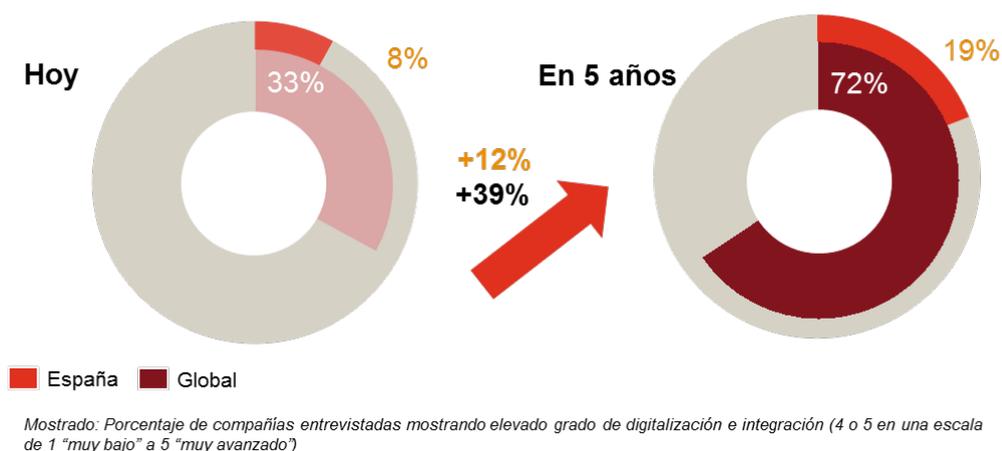
Los resultados han sido recopilados y unificados mediante distintas tablas dinámicas de Excel. Con ello, se observaban las tendencias existentes para comenzar a realizar el análisis de la información recibida. Dichos datos han sido cotejados con aquellos a nivel mundial facilitados por las iniciativas de los distintos países participantes, no solo destacando la situación en España sino también su nivel de desarrollo en comparación con el resto de países, observando las discrepancias existentes, así como aquellas líneas de tendencia seguidas de la misma manera por ambos grupos. Con respecto al estudio global, a mediados de abril de este año fue presentado en Alemania, durante la Feria de Hannover, *Hannover Messe 2016*. Finalmente, los hitos y el cronograma paso a paso aparecen detallados en el apartado de metodología.

## **Resultados**

Los resultados del estudio se agrupan en dos grandes capítulos: resultados referentes al impacto de la Industria 4.0 en su totalidad y una mayor profundización en el área del Big Data.

Destaca la posición rezagada de España frente a la media mundial. Actualmente solo un 8% de las empresas españolas se encuentran en un estado avanzado de digitalización. Dicha cifra aumenta hasta el 33% actualmente para la media global. Así mismo, los crecimientos proyectados son también menores en España que en la media, doblándose aproximadamente el número de empresas avanzadas digitalmente con vistas al 2020 en ambos casos. Se prevé un aumento de en torno al 12% de empresas españolas en nivel de digitalización avanzado, frente a un crecimiento del 39% para la media mundial.

### **Nivel Actual y en 5 años vista de la digitalización e integración de las empresas a nivel global**



**Figura 2 Porcentaje de empresas en un nivel elevado de digitalización e integración de empresas en España y a nivel global**

El nivel de dirección de las empresas debe apoyarse en la digitalización e industria 4.0, estableciendo estrategias de colaboración y estandarizando los procesos. Los primeros

en moverse se están posicionando fuertemente para superar al mercado y cambiar los fundamentos del panorama competitivo.

Profundizando dentro de las distintas áreas objeto de digitalización, en España destaca una preocupación especial hacia las cadenas de valor industriales, consideradas una de las llaves de la digitalización y un punto donde obtener beneficios. Dichos beneficios llevan implícitas unas necesarias inversiones para materializarlos. Es por tanto importante comparar dichas ganancias adicionales con los esfuerzos necesarios para ello y el tiempo en que se espera recuperar la inversión realizada en I4.0. Con todo ello, los primeros inversores digitales ya se están movilizandoy existen fuertes argumentos para realizar la inmersión en la digitalización industrial: en España la mayoría de empresas entrevistadas, el 65%, prevé recuperar la inversión en menos de 2 años, situándose por encima de la media mundial del 55%.

Las mayores preocupaciones de cara a llevar a cabo la digitalización se encuentran en temas relacionados con las personas más que las tecnologías. El 72% de las compañías presentan una ausencia de formación y cultura digital interna, y por tanto, las medidas necesarias para entrenar y capacitar a los empleados en términos de digitalización. Así mismo, la ciberseguridad se muestra como un requisito indispensable. En ningún caso se percibe como un impedimento que imposibilite su uso, sino una barrera necesaria de superar y a la que hacer frente para el empleo fiable y sin riesgos del Big Data. Del mismo modo que se espera que la gestión de la información pase a ser una base de los procesos, la seguridad de los mismos ha de acompañarle.

Con respecto a la analítica de datos, destaca la transición del uso de la misma durante los próximos años. Actualmente los esfuerzos se encuentran más orientados hacia un conocimiento interno de la empresa, empleando el Big Data con la finalidad de mejorar la planificación y calidad de los procesos, operaciones y productos; así como la optimización de los costes y mejora de eficiencia de la logística y el transporte. Las proyecciones para dentro de 5 años indican una transición, mirando ahora hacia afuera de la empresa. Los mayores cambios y esfuerzos se desarrollan en aumentar la comunicación y conectividad con el exterior, haciendo más participe al cliente en las actividades de las empresas.

## **Conclusiones**

En primer lugar, a día de hoy se observa una preocupación real hacia la digitalización de las empresas. Se trata de un tema de interés para la industria y las empresas se encuentran ya volcando esfuerzos en ello. La industrialización 4.0 toma por tanto un papel fundamental, ya que a través de ella se va a poder alcanzar una mayor productividad.

Como se ha analizado, la tecnología se presenta en la mayoría de los casos como una commodity, siendo la falta de cultura digital, la necesaria formación de personal y el la garantía del apoyo necesario por parte de la alta dirección los principales retos a los que hacer frente.

El análisis de datos es una competencia *Core* que han de tener las empresas, es decir, la gestión de los mismos ha de llevarse a cabo in-house, sin tercerizar, y llevarla a cabo de un modo global dentro de las firmas.

Proyecto fin de master

Finalmente, existe una percepción sobre la fuerte relevancia y peso que va a tomar la digitalización en los modelos de negocio y actividades de las compañías. Las empresas pioneras ya se están movilizándose y aventajándose en este proceso frente a sus competidores.

## Referencias<sup>1</sup>

- Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González Luis, C., Cendón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las Tecnologías IoT dentro de la Industria Conectada 4.0*. Escuela de Organización Industrial. Madrid: Fundación EOI. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80491/las-tecnologias-iot-dentro-de-la-industria-conectada-40>
- Curran, C. (2014). *PwC, 2014 Digital IQ Survey*. Estudio. Recuperado el 30 de 03 de 2016
- Curran, C., Puthiyamadham, T., Sviokla, J., & Verweij, G. (2015). *Global Digital IQ Survey*. PwC. Recuperado el 20 de Enero de 2016
- Geissbauer, D., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PwC. PwC.
- Koch, V., Geissbauer, R., Schrauf, S., & Kuge, S. (2014). *Industry 4.0 Opportunities and Challenges of the industrial internet*. Munich: PwC.
- Pwc. (2015). *Claves para sacar el máximo partido a la digitalización. Resumen Ejecutivo*. Resumen ejecutivo, Madrid. Recuperado el 26 de marzo de 2016
- PwC. (Abril de 2016). *Industria 4.0*. PwC. Recuperado el 2016, de Sitio web de PwC: <http://informes.pwc.es/industria40/>

---

<sup>1</sup> Incluidas solo las referencias internas de PwC. Para bibliografía completa consultar el proyecto



# ANALYSIS OF THE IMPACT OF DIGITALISATION IN THE OPERATIONS OF COMPANIES FROM THE INDUSTRIAL SECTOR

**Author: Marín Alcalá, Íñigo.**

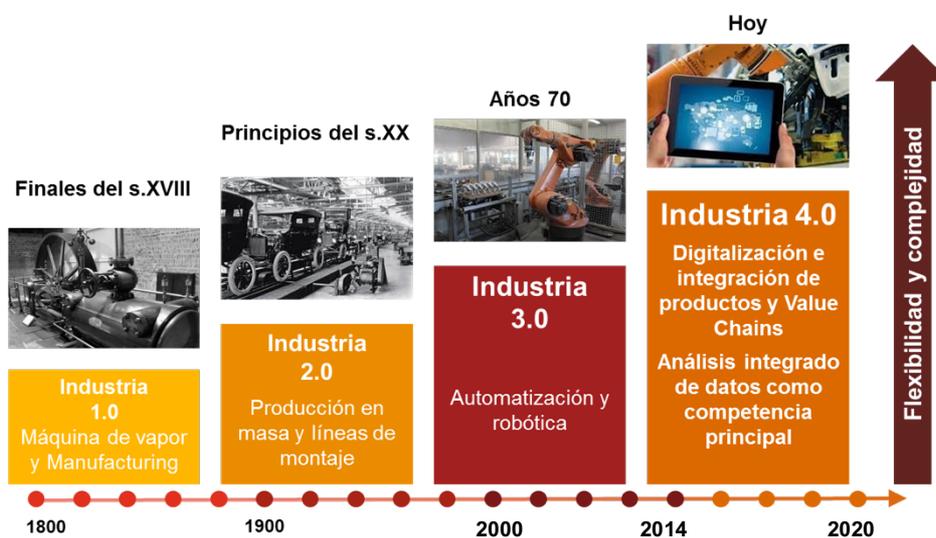
Director: Kirby Isasi, Charles.

Collaborating entity: PwC.

## PROJECT SUMMARY

### Introduction

The term "Industry 4.0" or "Digital Operations" represent the fourth industrial revolution, driven by digitization and the development of the industrial internet (See Figure 1). This revolution is characterized by an increasing digitization and networking interconnection of products, value chains and business models.



Source: PwC

**Figure 1. Temporal evolution of the industry**

Today there does not exist a single and standardized definition for Industry 4.0. Therefore, from PwC a framework has been developed in which to locate the different areas that compose it and limit the vast term. Within this framework we note that digital

business models are formed from five different pillars: Smart Manufacturing, Smart Supply Chain, Digital Engineering, digitization of the portfolio of products and services, and multichannel customer interaction. In the same way, Industry 4.0 is supported by a set of different tools offered by digitization: the capacity to make changes to the operating model and how to manage change towards digitization, an architecture of Information Technology and the development of software solutions that allow the control of issues such as the required safety or risk management, and Big data or data analytics which forms the basis for the decision and information generation processes and the later process optimization based on them.

Seen the definition of Industry 4.0, the project includes the impact of it in the industry, the estimated levels of investment and the expected additional returns and practices executed to carry out such digitalization processes.

### **Methodology**

Industry 4.0 is not a technology issue nor one of punctual solutions, but a business issue for companies. That is why generally CEOs and COOs are the profiles with a greater insight and knowledge in this field. Therefore, they are considered the ideal interlocutors in this area and the participation in the study is focused in those profiles. Additionally, due to the creation of new leaders and departments within organizations to direct their digitalisation, (such as CDOs - Chief Digital Officers), the role of CIOs is being diminished in areas of digitization (Pwc, 2015). The involvement of this staff, both the CIO and the CDO, as well as the commitment of the rest of the board (CFO, COO ...) in the digital transformation led by the CEO are some of the indicators of success in this transformation process. Having said this, three-quarters of respondents hold C-Level positions within their companies, able to reflect the existing strategic vision in their business.

With regard to the sample of companies in which it has focused the study, heterogeneity and industrial diversity has been pursued, both in terms of turnover and diversity of sectors and regions, guaranteeing a photo that reflects the existing reality of the current industry in Spain. The study focuses on industries with a production associated. Sectors related with services or without an associated production have not been considered, due to their more tangential position to the term of Industry 4.0. To the relative weights of the sectors involved, facing the sample selection, companies have been sought taking as reference the latest data (2011) of the Industrial GVA (Gross Value Added). With the same criteria, diversity of companies has been pursued in terms of location, forming a sample capable to explain the situation and the existing vision of the different Spanish regions in proportion to their value contribution to the industry. Similarly, in the performed segmentation it has been sought a fair representation of the full range of large companies, from a Turnover and number of employees in Spain perspective.

For the issues dealt with in the study, the I4.0 study presented in Germany in 2014 has been used as starting point, transferring the approach to analyse the situation in Spain. The main difference between the two approaches is the greater emphasis put on the Big Data for the Spanish study. This Industry 4.0 area and its current situation has been underscored for being considered an essential field in order to carry out the Proyecto fin de master

digitalisation process. Also, the topics developed have been standardized with other countries, thereby allowing the subsequent unification of all of them in the global study being published in parallel.

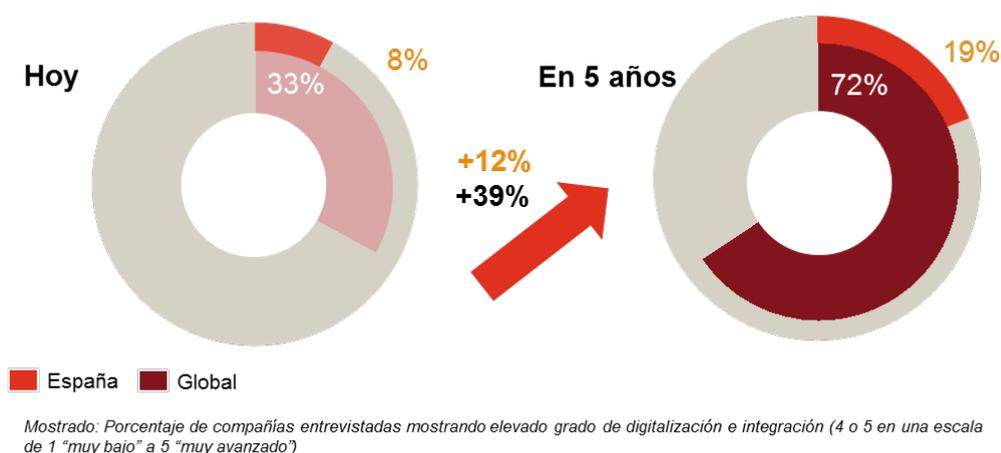
The results have been compiled and unified through different Excel PivotTables. In this way, existing trends were observed to begin the analysis of the received information. These data have been compared with the one provided worldwide by the initiatives of the different participating countries. This way the analysis is capable not only to highlight the situation in Spain but also its level of development compared with other countries, noting the existing discrepancies, as well as similar trend lines followed by both groups. With regard to the global study, in mid-April this year was presented in Germany during the Hannover Fair, *Hannover Messe 2016*. Finally, milestones and the detailed schedule step by step are detailed in the methodology section.

## Results

The results from the study are grouped into two main chapters: results concerning the impact of the Industry 4.0 as a whole and a second chapter with a greater depth in the area of Big Data.

The laggard position of the Spanish industry against the global average of the industry is highlighted in the study. Currently only 8% of Spanish companies are in an advanced state of digitization. This figure increases up to 33% for nowadays global average. The projected growth rates are also lower in Spain than in the worldwide mean, doubling in both cases the number of digitally advanced companies towards 2020. An increase around 12% in the case of the Spanish companies in advanced level of digitization is expected, compared with a growth of 39% for the worldwide average.

### **Nivel Actual y en 5 años vista de la digitalización e integración de las empresas a nivel global**



**Figure 2. Percentage of companies with a high level of digitalisation and integration among them in both Spain and Worldwide**

Corporate management must rely on the digitization and Industry 4.0, establishing collaborative strategies and standardizing processes. First movers are being strongly

positioned to outperform the market and change the fundamentals of the competitive landscape.

Going deeper into the areas target of digitization, there is a special concern in Spain for industrial value chains, considered one of the keys for digitization and a point where to obtain benefits. These benefits have a necessary investments implied to materialize them. It is therefore important to compare these additional profits and benefits with the efforts needed for them and the needed time expected to recover the investments made in I4.0. With all this, the digital investing pioneers are already mobilizing and there are strong arguments to undertake in the industrial digitization: in Spain the majority of companies interviewed, 65%, expects to recover the investment in less than two years, (even over the world average of 55%).

The biggest concerns facing the digitization process are on issues related to people rather than technology. 72% of companies have a lack of training and internal digital culture, and therefore the needed measures to train employees in terms of digitization. Likewise, cybersecurity is shown as a prerequisite. In no case it is perceived as an impediment that makes unable its use, but a barrier to overcome for the reliable and safe use of Big Data. In the same way that management of information is expected to become a base of the processes, security must also accompany them.

In relation to the data analytics, the change in the areas where is used is highlighted. Currently efforts are more oriented towards an internal knowledge of the company, using the Big Data in order to improve planning and quality of processes, operations and products; as well as optimizing costs and improving efficiency of logistics and transport. Projections for within 5 years indicate a transition, looking now out of the company. The biggest changes and efforts are made to increase communication and connectivity to the outside, making the customer participates in the activities of companies.

## **Conclusions**

First of all, digitization of companies is seen as a real concern nowadays. It is a topic of interest for industry and businesses are already pouring efforts into it. Industrialization 4.0 takes therefore a key role as through it business will be able to achieve higher productivity.

As analysed, the technology turns up in most cases as a commodity, being the lack of digital culture, the necessary training of personnel and ensuring the necessary support from senior management the three major challenges to face.

Data analysis is a Core competence which companies need to have, which means that the management of it must be carried out in-house, without outsourcing, and also developed inside firms globally.

Finally, there is a strong perception of the relevance digitalisation will have in business models and activities of the companies. As stated, pioneering companies are already mobilizing and taking advantage in this process compared to its competitors.

## References<sup>2</sup>

- Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González Luis, C., Cendón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las Tecnologías IoT dentro de la Industria Conectada 4.0*. Escuela de Organización Industrial. Madrid: Fundación EOI. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80491/las-tecnologias-iot-dentro-de-la-industria-conectada-40>
- Curran, C. (2014). *PwC, 2014 Digital IQ Survey*. Estudio. Recuperado el 30 de 03 de 2016
- Curran, C., Puthiyamadam, T., Sviokla, J., & Verweij, G. (2015). *Global Digital IQ Survey*. PwC. Recuperado el 20 de Enero de 2016
- Geissbauer, D., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PwC. PwC.
- Koch, V., Geissbauer, R., Schrauf, S., & Kuge, S. (2014). *Industry 4.0 Opportunities and Challenges of the industrial internet*. Munich: PwC.
- Pwc. (2015). *Claves para sacar el máximo partido a la digitalización. Resumen Ejecutivo*. Resumen ejecutivo, Madrid. Recuperado el 26 de marzo de 2016
- PwC. (Abril de 2016). *Industria 4.0*. PwC. Recuperado el 2016, de Sitio web de PwC: <http://informes.pwc.es/industria40/>

---

<sup>2</sup> Only included internal references in the summary. For complete references please refer to the main document



# Índice

---

Introducción.....	21
<hr/>	
1. ¿Qué se entiende por Industria 4.0? .....	23
Definición y evolución.....	23
Definición del término desde PwC .....	24
Características principales .....	25
<hr/>	
2. ¿Por qué implantar la digitalización e Industria 4.0? .....	29
3. Iniciativas existentes en Industria 4.0 en España.....	31
4. Objetivos y motivaciones del estudio .....	39
<hr/>	
Operaciones Digitales.....	41
<hr/>	
1. Nivel de digitalización actual y crecimiento esperado .....	43
2. Beneficios esperados de la digitalización industrial y costes de los mismos..	47
¿Qué nuevos productos y servicios se esperan introducir que generen más del 10% adicional de ingresos en los próximos 5 años?.....	47
¿Cómo se esperan percibir dichos beneficios gracias a la digitalización? .....	49
¿Qué inversiones son necesarias para alcanzar dichas proyecciones? .....	51
<hr/>	
3. Mayores retos o inhibidores para establecer capacidades en operaciones digitales .....	55
4. Mayores preocupaciones existentes en términos de seguridad de los datos..	59
5. Percepción de posicionamiento en capacidades digitales frente a los competidores.....	61
<hr/>	
Beneficios y retos del análisis de Big Data.....	63
<hr/>	
1. Qué es el Big Data y cómo implementarlo en los procesos .....	65

2. Importancia de la captación, análisis y uso de datos en la toma de decisiones.	69
3. Áreas objeto de uso de Big Data.	71
4. Mayores retos en el uso del análisis de datos.	73
5. Madurez, organización interna y mejoras planteadas en Big Data.	75
6. Plataformas para la gestión del Big Data.	79
7. Beneficios esperados debido al Big Data	81
<hr/>	
Modo de implantación, perfil de las compañías y metodología	83
<hr/>	
1. Modo de implantación	85
Quién ha de encargarse de la transformación digital.	85
Cuál es el esquema a seguir para la implantación	86
<hr/>	
2. Perfil de las compañías	89
Sectores incluidos en el estudio	89
Regiones incluidas en el estudio	90
Tamaño de las empresas incluidas en el estudio	92
<hr/>	
3. Metodología	95
Cronograma	95
Enfoque y dimensionamiento del estudio	97
Informe España	98
<hr/>	
Conclusiones	101
<hr/>	
1. Conclusiones sobre los resultados	103
2. Conclusiones sobre la metodología	105
3. Recomendaciones para futuros estudios	107
<hr/>	
Bibliografía	109

# *Lista de figuras*

Ilustración 1. Evolución histórica de la Industria.....	23
Ilustración 2. Marco de referencia de PwC con estructura de los temas clave involucrados en Industria 4.0.....	24
Ilustración 3. Inversiones en soluciones IoT por Industria desglosadas por sectores (Greenough, 2014).....	27
Ilustración 4. Áreas de enfoque de Industria 4.0 .....	27
Ilustración 5. Grados de análisis de los procesos y sistemas.....	30
Ilustración 6. Evolución temporal de iniciativas I4.0 .....	31
Ilustración 7. Ejemplos de empresas escaparate de mejores prácticas (Observatorio IoT, 2013) .....	32
Ilustración 8. KET y equipos de innovación transversal (Manu-KET, 2013) .....	33
Ilustración 9. Congreso Anual de INDUSTRIA 4.0 para Euskadi.....	36
Ilustración 10. El IoT dentro de la Industria 4.0 (Cruz Vega, y otros, 2015).....	36
Ilustración 11. Porcentaje de empresas en un nivel elevado de digitalización e integración de empresas en España y a nivel global .....	43
Ilustración 12. Evaluación del nivel de digitalización de las Empresas .....	45
Ilustración 13. Porcentaje de empresas de la muestra española logrando ingresos de un 10% adicional o más en las citadas áreas durante los próximos 5 años .....	48
Ilustración 14. Beneficios acumulados de la digitalización esperados desglosados por regiones.....	50
Ilustración 15. Porcentaje de empresas que realizan I+D en España. ....	51
Ilustración 16. Inversiones en innovación por empresa dentro de las catalogadas como empresas innovadoras en industria.....	52
Ilustración 17. ROI estimado de inversiones digitales por la industria española. ....	53
Ilustración 18. Retos o Inhibidores para establecer capacidades en operaciones digitales .....	55
Ilustración 19. Preocupaciones existentes en seguridad de datos.....	60

Ilustración 20. Nivel considerado en capacidades de operaciones digitales por parte de las empresas en comparación con sus principales competidores .	61
Ilustración 21. Niveles presentes necesarios para implantar la analítica de datos. Realización propia.....	66
Ilustración 22. Toma de decisiones basada en la analítica. Fuente: (Díaz-Plaza Sanz, 2015) .....	67
Ilustración 23. Porcentaje de empresas percibiendo un nivel elevado de importancia en el uso del Big Data para la toma de decisiones, tanto en España como a nivel global.....	69
Ilustración 24. Áreas de uso de Big Data. ....	71
Ilustración 25. Retos en la introducción del Big Data .....	73
Ilustración 26. Comparación de retos en España frente a media global.....	74
Ilustración 27. Organización del análisis de datos dentro de las compañías.....	75
Ilustración 28. Organización de capacidades analíticas en las empresas .....	76
Ilustración 29. Mejoras planificadas en capacidades de análisis .....	77
Ilustración 30. Soluciones preferidas por las empresas para el análisis de datos .....	79
Ilustración 31. Cargo de entrevistados.....	86
Ilustración 32. Porcentajes relativos de los sectores indicados en términos de aportación al VAB. Fuente: Elaboración propia con datos del INE. Metodología y fuente de datos indicadas a continuación. ....	89
Ilustración 33. Porcentaje de empresas incluidas en los distintos sectores .....	90
Ilustración 34. Aportación al VAB industrial de las distintas CCAA en 2009. Fuente: Elaboración propia con los datos del Gobierno de España citados arriba. ....	91
Ilustración 35. Muestra de participantes iniciales en el estudio .....	92
Ilustración 36. Volumen de ingresos de las compañías.....	93
Ilustración 37. Volumen de plantilla de las compañías.....	93
Ilustración 38. Capturas de Qualtrics, software empleado para el envío de encuestas y captación de resultados. Fuente: (Qualtrics, 2016).....	98
Ilustración 39. Feria donde se ha presentado el estudio global. Fuente: (Hannover Messe, 2016).....	99

# *Lista de siglas y acrónimos*

Por orden alfabético.

- *AMETIC: Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Contenidos Digitales*
- *C-Level: Personal de la alta dirección de una empresa*
- *CDO: Director de digitalización (del inglés Chief Digital Officer)*
- *CEO: Director ejecutivo, (del inglés Chief Executive Officer)*
- *CFO: Director de finanzas (del inglés Chief Financial Officer)*
- *CIO: Director de Información (del inglés Chief Information Officer)*
- *COO: Director de operaciones (del inglés Chief Operating Officer )*
- *CRM: Software para la administración de la relación con los clientes, (del inglés Customer Relationships Management)*
- *EIN: Innovaciones tecnológicas en curso o no exitosas*
- *EOI: Escuela de Organización Industrial*
- *ERP: Software de Planificación de Recursos Empresariales, (del inglés Enterprise Resources Planning)*
- *First-movers: Primeros en movilizarse*
- *GRP: Gestor de la cuenta del cliente dentro de la firma*
- *I4.0: Industria 4.0*
- *IBM: Nombre de una compañía, (del inglés International Business Machines Corp.)*
- *IoT: Internet de las cosas, (del inglés Internet of Things)*
- *KET: Tecnologías Facilitadoras Clave, (del inglés Key Enabling Technologies)*
- *MINETUR: Ministerio de Industria, Energía y Turismo*
- *PLM: Administración del ciclo de vida del producto, (del inglés Product Lifecycle Manufacturing)*
- *PYME: Pequeña y mediana empresa*
- *RFID: Identificación por radiofrecuencia, (del inglés Radio Frequency Identification)*
- *RIS3: Estrategias regionales para la especialización inteligente, (del inglés National/Regional Innovation Strategies for Smart Specialization).*
- *SAP: Nombre de una compañía, (del alemán Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung: Sistemas, Aplicaciones y Productos en Procesamiento de Datos").*

- SCADA: Software de control de procesos Industriales. Supervisión, Control y Adquisición de Datos (del inglés Supervisory Control And Data Acquisition)
- TI: Tecnologías de la información
- UTA: Unidades de trabajo anual
- VAB: Valor Añadido Bruto

# 1

---

## *Introducción.*

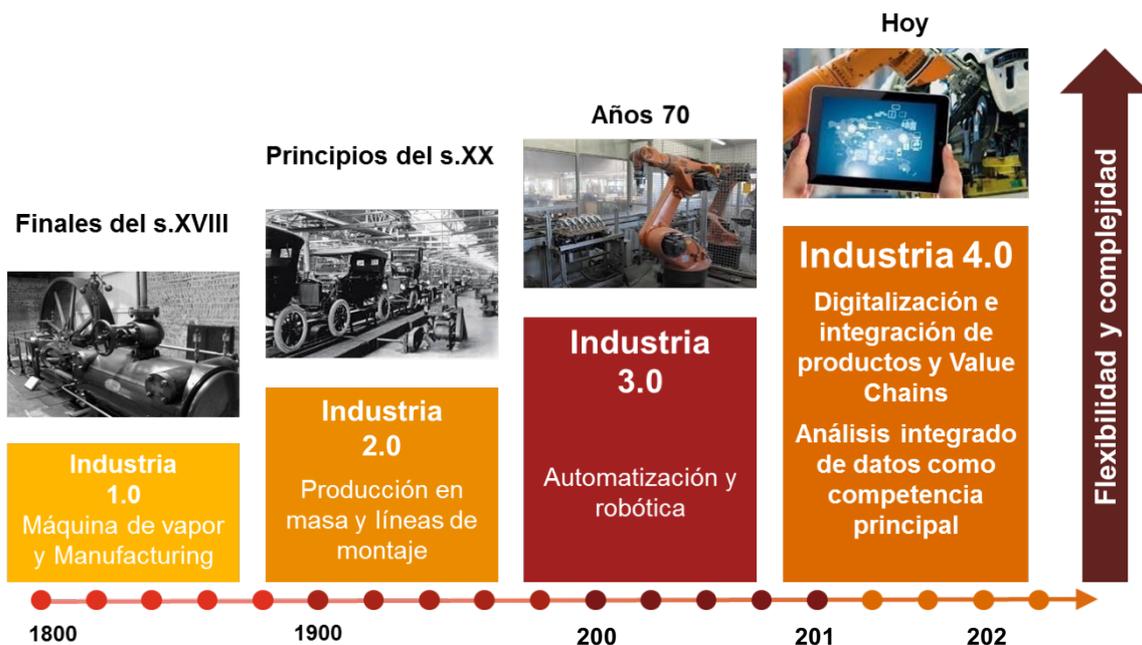


## 1. ¿Qué se entiende por Industria 4.0?

### Definición y evolución

Recientemente se viene utilizando el concepto de Industria 4.0 para referirse a un conjunto de tecnologías que aplicadas en entornos industriales pretenden dotar a las operaciones de las empresas de una mayor flexibilidad, haciendo uso más eficiente de los recursos y aumentando el nivel de personalización de los productos a los clientes finales. (Kirby, 2016)

El término “Industria 4.0” u “Operaciones Digitales” representan la cuarta revolución industrial, impulsada por la digitalización y el desarrollo del internet industrial (Ver Ilustración 1). Esta revolución está caracterizada por una creciente digitalización e interconexión de los productos, cadenas de valor y modelos de negocio. A día de hoy no existe una única definición de Industria 4.0. Por ello, dada la variedad existente, desde PwC se ha acotado su definición, detallada en el siguiente apartado “Definición del término desde PwC” mediante el marco presente en la *Ilustración 2. Marco de referencia de PwC con estructura de los temas clave involucrados en Industria 4.0.*



Fuente: PwC

Ilustración 1. Evolución histórica de la Industria

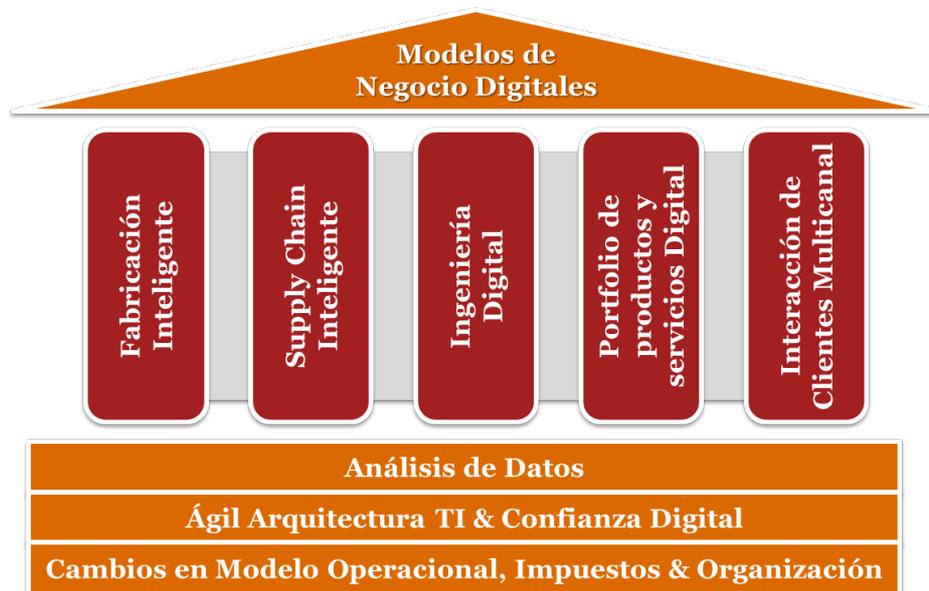
La industria ha ido evolucionando y desarrollándose. A finales del siglo XVIII aparece la primera revolución industrial con el empleo del vapor para el desarrollo de plantas de producción mecánicas. Seguidamente, a principios del siglo XX encontramos la segunda revolución industrial, caracterizada por la producción en masa, y llevada a cabo gracias a la energía eléctrica. La tercera revolución surge a principios de los años 70 del siglo pasado, consistiendo en la automatización de los procesos gracias a la ayuda de las tecnologías de la

información, la robótica y la electrónica. Todo ello nos lleva a la situación actual y al ya introducido término de Industria4.0, consistiendo en el cuarto y más reciente paso de la revolución de la industria.

El objetivo de Industria 4.0 consiste en alcanzar una mayor adaptación a las necesidades por parte de la industria, a la vez que una optimización de todos los recursos (inventario, recursos humanos y no humanos) para una gestión más eficiente. Todo ello se traduce en una mayor competitividad y una mayor cooperación en todas las unidades productivas de la economía.

### *Definición del término desde PwC*

Como se ha introducido, no existe una definición única del término Industria 4.0. Por ello, desde PwC se ha elaborado un marco (Ver Ilustración 2) donde encuadrar las distintas áreas que la componen y acotar el término.



Fuente: PwC

**Ilustración 2. Marco de referencia de PwC con estructura de los temas clave involucrados en Industria 4.0**

Como puede observarse en la figura superior, los modelos de negocio digitales están erigidos por cinco pilares distintos, así como asentados sobre el conjunto de las distintas herramientas ofrecidas por la digitalización. Cada uno de los pilares agrupa distintas áreas o capacidades contenidas dentro del concepto de Industria 4.0:

- Fabricación Inteligente se refiere a técnicas de fabricación aditiva como impresión 3D, realidad virtual, visión aumentada, sistemas de comunicación máquina a máquina, o mantenimiento predictivo.
- Smart Supply Chain recoge la integración de las cadenas de suministro, dotando de una visibilidad completa de la misma de principio a fin:

desde los clientes hasta los proveedores. Así mismo, las Smart Supply Chain también se refiere a la automatización de la misma y de la logística y almacenes que la alimentan.

- Ingeniería Digital engloba la relación, y nuevamente integración, del mundo productivo físico con el mundo del diseño, mediante el desarrollo de entornos visuales y simulaciones de los procesos de fábrica, así como los PLM (Product Lifecycle Manufacturing) de desarrollo de producto, modelos de prototipado rápido, y en definitiva soluciones para la preparación de la fabricación de manera que se acorten tiempos en llegar a las líneas de producción.
- La digitalización del portfolio de productos y servicios tiene la finalidad de transferir información del estado de los mismos: los datos sobre su desempeño, estado y condiciones del proceso en que se están desarrollando. La finalidad de esta digitalización es el desarrollo de análisis de datos y su empleo para la mejora y optimización de los procesos.
- La interacción multicanal de los clientes busca una mayor participación de los mismos en los procesos. Lograr un mayor feedback y una comunicación más directa mediante plataformas de interacción y canales empleados para integrarlos

En la base de la definición de Industria 4.0 nos encontramos las herramientas necesarias que sustentan esta digitalización:

- Realizar los cambios en el modelo operacional y cómo gestionar los cambios hacia la digitalización (como la creación de nuevas figuras responsables y departamentos).
- Una arquitectura de las Tecnologías de la Información y el desarrollo de soluciones de software que dé cabida a temas como la seguridad requerida o la gestión del riesgo.
- El ya introducido análisis de datos que, como se ha introducido, supone la base para la toma y generación de información de los procesos que permita la optimización de los mismos de un modo cuantitativo y basado en hechos medibles.

## *Características principales*

A día de hoy, se están rozando los límites de productividad con las herramientas actuales, en un mercado cuya demanda exige cada vez una fabricación a un coste menor. Industria 4.0 y la fabricación avanzada ofrecen unas nuevas herramientas para hacer frente a dichas exigencias. Es por ello que la industria se encuentra abocada y necesita de una transformación digital.

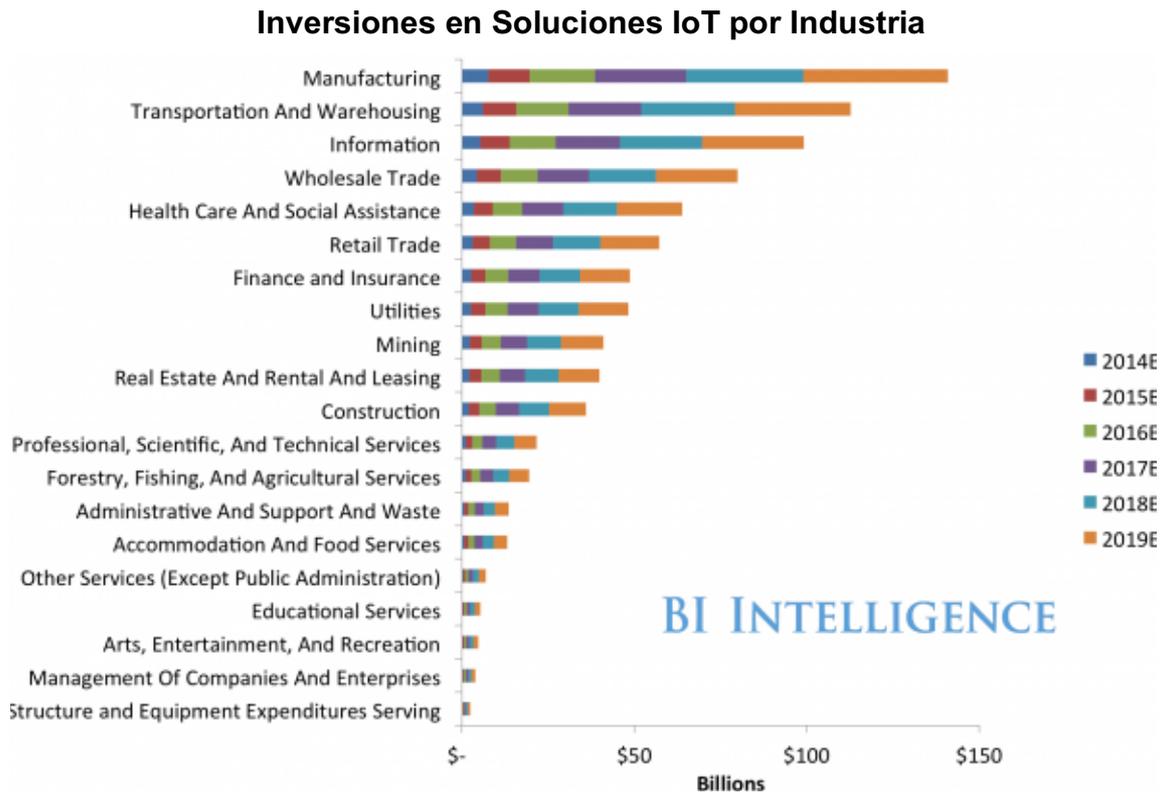
Capturar, analizar y actuar sobre los datos en tiempo real está en el corazón de la industria 4.0. Mediante sensores, actuadores y otros dispositivos se miden los datos clave, transparentes para todos los socios de la Cadena de Suministro –

---

desde los proveedores de materias primas hasta los proveedores o fabricantes encargados de la prestación de servicios.

Se observa que en la propia definición de las áreas del apartado anterior existen relaciones entre las mismas, necesitándose y complementándose entre ellas. De ese modo, para ser posible la constitución de esta base y este empleo del Big Data en la toma de decisiones, (el análisis, la integración y el tratamiento de la información cada vez más compleja), es necesario el empleo de otra de las áreas introducidas: la digitalización de los sistemas, desarrollándose el *IoT* (*Internet de las cosas*, *IoT* por sus siglas en inglés). Mediante dicho *IoT* se realiza la interconexión de los distintos sistemas, de manera que se permita esa transmisión de información para su tratamiento, consiguiendo así que las cosas “cobren vida”. En definitiva, se conforma una red de objetos físicos que disponen de electrónica embebida en ellos, esa capa física necesaria, con sensores y software que permita la conectividad a dicha red de intercambio de información.

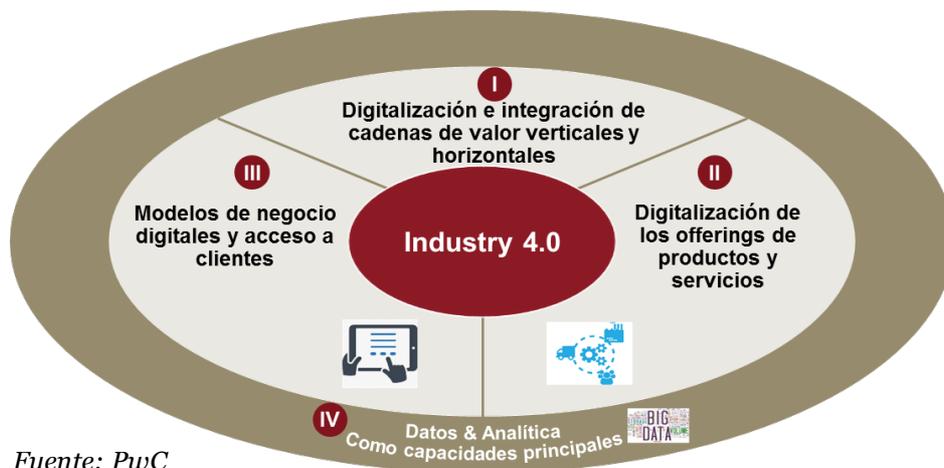
Las empresas ya comienzan a ser conscientes a día de hoy de esta necesidad de controlar los distintos dispositivos y captar datos. Según un informe publicado por *Business Insider* (Greenough, 2014), la compra de dispositivos *IoT* por parte de las empresas se va a producir durante los próximos años a gran escala, observándose beneficios a una velocidad suficiente rápida como para estimular nuevas inversiones. De hecho, estiman que el mercado de *IoT* de las empresas privadas sea el mayor de entre los tres mercados identificados (empresas, doméstico y gubernamental/sector público), suponiendo un 40% del total de aproximadamente 23.300 millones de dispositivos que conformarán los tres en 2019. Adicionalmente y ampliando esas 3 categorías, resulta relevante el hecho de que dentro del total del mercado de empresas, el sector industrial y empresas de fabricación, (tratado en nuestro estudio), se postula como líder actualmente en el empleo de dichos sistemas (Ver Ilustración 3), lo cual a priori muestra un interés positivo por parte del mismo hacia la Industrialización 4.0 en su conjunto que a lo largo del estudio va a analizarse.



Fuente: BI Intelligence Estimates

**Ilustración 3. Inversiones en soluciones IoT por Industria desglosadas por sectores (Greenough, 2014).**

Industria 4.0 no se refiere como vemos exclusivamente al ya conocido término *Big Data*. Por el contrario, I4.0 abarca todos los campos expuestos de cara a alcanzar la idea de Industria Inteligente, apoyándose en numerosas ramas tecnológicas: Internet de las Cosas, sistemas ciber-físicos, Supply Chains inteligentes, Integración Vertical y Horizontal, etc. (Ver Ilustración 4). Por tanto, la industria se encuentra ante un novedoso paradigma manifestado en la incorporación masiva del IoT y la digitalización a los procesos industriales.



Fuente: PwC

**Ilustración 4. Áreas de enfoque de Industria 4.0**

Conectando al personal, objetos y sistemas con los datos, las Cadenas de Suministro pueden transformarse en redes de mayor valor y flexibilidad, con capacidad de respuesta en tiempo real, auto-organizativas y permitir así una producción rentable y de calidad.

A pesar de ello, no se trata tampoco de un concepto que englobe exclusivamente el área de fabricación y producción de las industrias. I4.0 engloba la totalidad de las áreas en una compañía, yendo desde la relación con clientes hasta proveedores, incluyendo también las relaciones transversales con empresas con las que se colabora.

## 2. ¿Por qué implantar la digitalización e Industria 4.0?

Como se ha introducido, se trata del cuarto y actualmente último escalón en la revolución llevada a cabo por la industria. Haciendo acopio de las herramientas que esta transformación digital ofrece, como Big Data, Internet de las Cosas o integración de las cadenas de valor, las empresas serán capaces de dar respuesta a las nuevas necesidades y barreras que aparecen en sus procesos productivos.

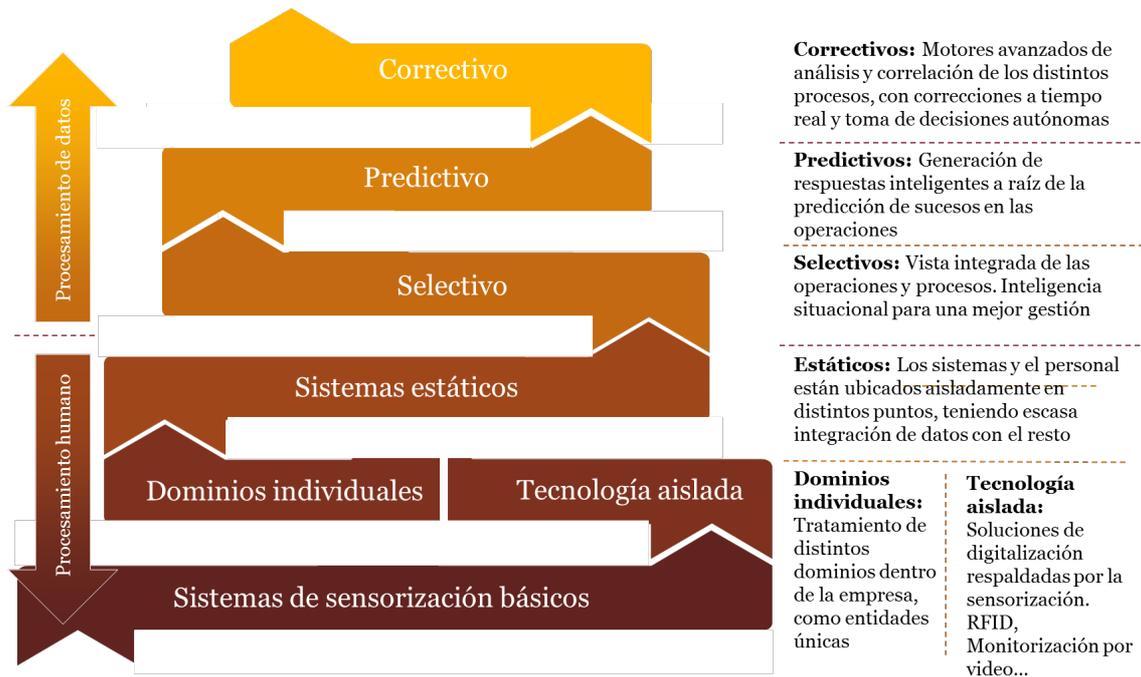
¿A qué se refieren estas barreras o retos mencionados? Hoy en día la totalidad de la industria es ya consciente de la existencia de un limitado número de recursos y de la necesidad de incrementar la eficiencia en el uso de los mismos. Así mismo, debe maximizarse la eficiencia de los procesos en general, logrando así una mayor competitividad. Mediante la digitalización de las compañías se busca dar respuesta a estas búsquedas de soluciones en términos de eficacia, presentes en todos los sectores.

En segundo lugar, mediante la digitalización las empresas son capaces de gestionar un mayor flujo de información, no solo captando los datos, sino interrelacionándolos y empleándolos para la creación de información útil. Mediante este mayor input y posterior empleo de los mismos en forma de información es posible un respaldo mayor en la toma de decisiones, aumentando la velocidad y el peso cuantitativo de las mismas. Del mismo modo se permite una mejor definición de las tareas y los requerimientos necesarios de las mismas, tanto funcionales (esto es, el qué ha de hacerse), como no funcionales (es decir, el cómo ha de hacerse, cuanto tiempo ha de emplearse en ello, que recursos resultan los óptimos, etc.). De hecho, a pesar de que el estudio está centrado en el ámbito de la industria, este empleo de la digitalización en la toma de decisiones es aplicable al total de empresas. Un ejemplo de esta “digitalización de las decisiones” es la empresa Geoblink: *“a día de hoy otro estudio de PwC revela que el 80% de los directivos de las grandes empresas de distribución aún se basan en la intuición en vez de buscar respaldo de datos objetivos para su toma de decisiones”*. Dando solución a ello, están apareciendo empresas como la mencionada que mediante la inteligencia artificial se está dejando de lado el azar en la toma de decisiones en el sector, captando todo tipo de datos de los consumidores para tomar la decisión de la apertura de nuevas tiendas (Ferrando & Ripoll, 2016).

Mediante la instrumentación de las empresas puedo saber lo que está pasando. Es necesario posteriormente el correcto manejo de este dato: hace falta una “caja” y red de comunicaciones para hacerlo llegar. Finalmente ha de existir una capa de inteligencia en el nivel superior que permita la transformación de dicho dato en la información útil mencionada.

En la Ilustración 5 aparece un esquema donde se reflejan los distintos escalones, de complejidad creciente, llevados a cabo en la digitalización de los sistemas. Posteriormente, en el apartado “

Qué es el Big Data y cómo implementarlo en los procesos”, se profundizará sobre dichos niveles.



Fuente propia. Adaptación al modelo de sensorización de plantas del modelo de Smart Cities (Díaz-Plaza Sanz, 2015).

**Ilustración 5. Grados de análisis de los procesos y sistemas.**

Como puede observarse en el esquema, en un nivel inferior aparece el procesamiento humano e individual, donde se encuentra la instrumentación de los sistemas, su ensamblaje en soluciones de digitalización y dominios individuales, hasta la configuración de sistemas estáticos. Es a partir de entonces cuando el procesamiento de datos toma el papel principal, y mediante la denominada “capa de inteligencia” se tiene una visión más selectiva y agrupada. Es aquí donde se desarrollan las capacidades para hacer la toma de decisiones analítica y llegarse hasta análisis correctivos e incluso prescriptivos de los procesos apoyándose en investigación estocástica.

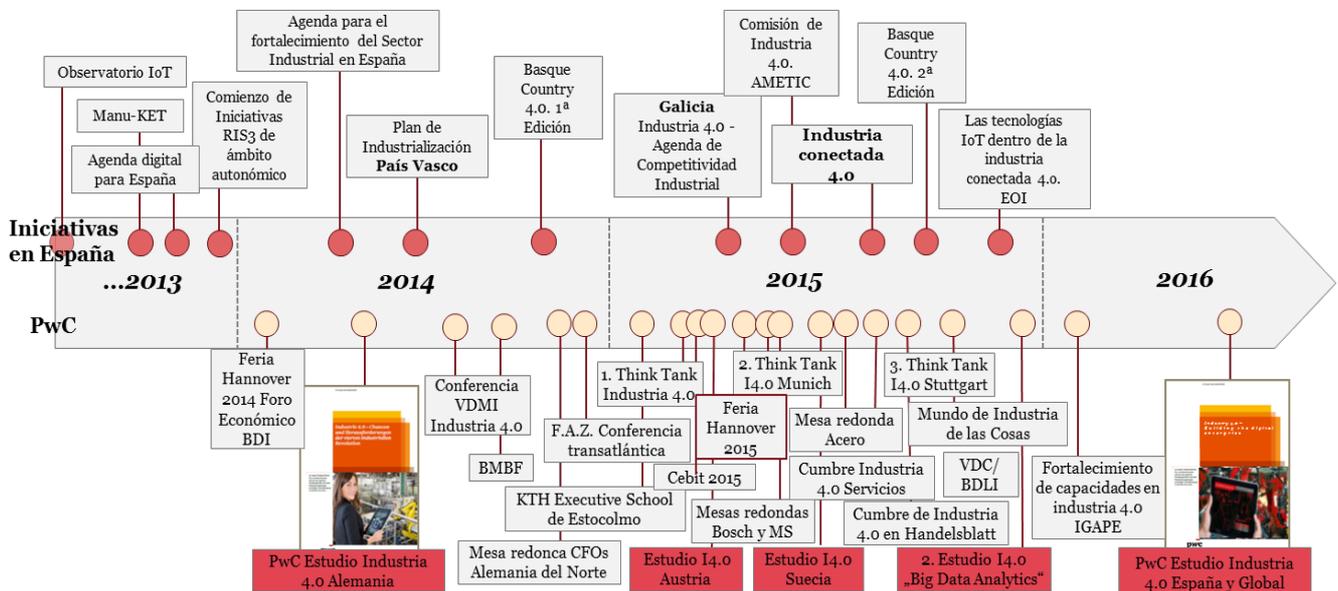
En definitiva, mediante investigación operativa tomo los mejores juicios basándome en toda la información que tengo y las variables existentes. De este modo se adquiere una visión holística de la empresa sobre la que optimizar de un modo integro la toma de decisiones y los procesos.

Como posteriormente se profundizará, Industria 4.0 y su contribución a las compañías no es un tema de TI (Tecnologías de la información) y el simple hecho del uso de ordenadores para almacenar, analizar y manipular datos; sino que se trata de un tema de negocio que abarca a toda la organización. La consecución de los objetivos de las empresas y la correcta definición de los requerimientos funcionales necesarios, definidos en la estrategia a seguir por las mismas, ha de apoyarse ahora en dicha transformación y las nuevas herramientas que ésta brinda.

### 3. Iniciativas existentes en Industria 4.0 en España

Para hacer frente a esta nueva revolución industrial se han desarrollado iniciativas de cara a impulsar la industria y concienciar sobre la necesidad de cambiar la manera de competir de un modo disruptivo, desarrollando nuevos procesos y modelos de negocio, permitiendo así mantener la competitividad del país.

Incluso antes de propiamente definirse el concepto de I4.0, comienzan a aparecer iniciativas con el objetivo de aumentar la competitividad de la industria española, cubriendo distintas áreas de la ahora conocida como *Industria 4.0*.



Fuente: Elaboración propia. Datos inferiores facilitados por PwC

Ilustración 6. Evolución temporal de iniciativas I4.0

En 2010, como parte de la iniciativa *OpenThins Lab*, se establece el *Observatorio del Internet de las Cosas* (IoT, Internet of Things) (Tecnalia, 2010), cofinanciado por el ministerio de Industria, Turismo y Comercio y el Gobierno Vasco (área española donde actualmente se encuentra más desarrollada la Industria4). La finalidad de dicho observatorio es servir de plataforma donde plasmar los avances y vanguardias en las distintas áreas de IoT (como Arquitectura TI, Big Data, Sistemas de almacenamiento y recuperación de datos, etc.), sirviendo de escaparate de las mejores prácticas desarrolladas por las empresas en los distintos bloques de IoT definidos por el Observatorio (Ver Ilustración 7).

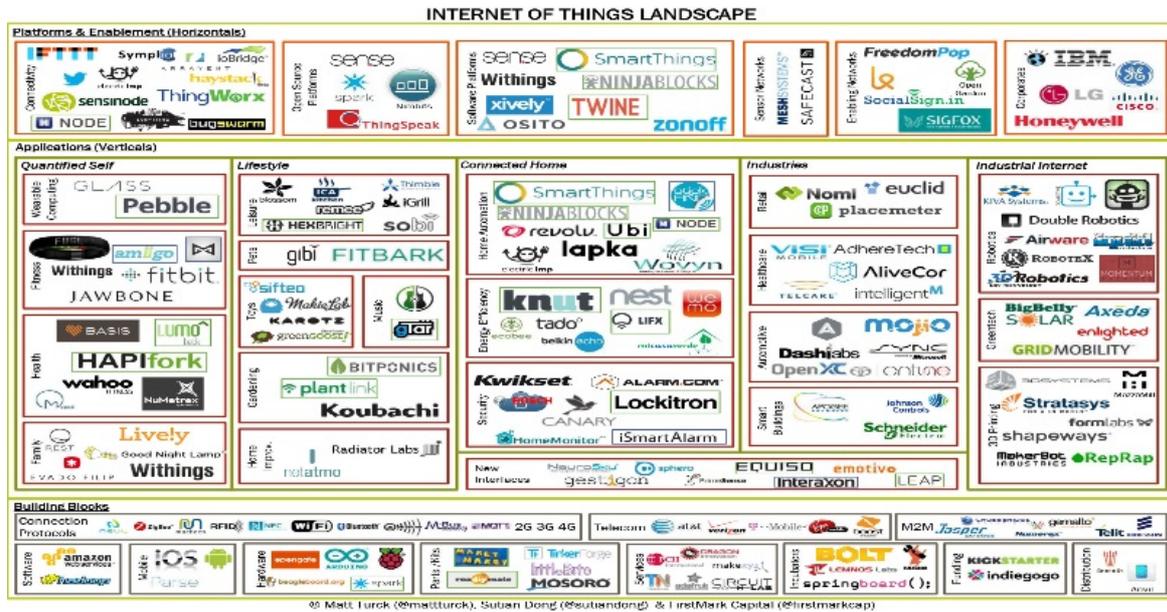


Ilustración 7. Ejemplos de empresas escaparate de mejores prácticas (Observatorio IoT, 2013)

Por otro lado, desde el sector privado se han comenzado a desarrollar iniciativas tanto internamente dentro de las propias empresas, adaptando la organización de las mismas y dando cabida a figuras y departamentos responsables de esta nueva área en las empresas, así como externamente, colaborando en proyectos público-privados, como el previamente mencionado, creando entornos de colaboración multidisciplinar y apareciendo plataformas tecnológicas, donde las empresas puedan volcar el estado del arte desarrollado en este ámbito y beneficiarse mutuamente de los avances desarrollados, creando sinergias.

En 2013 se crea Manu-Ket, (Manu-KET, 2013), plataforma tecnológica española de fabricación avanzada, donde se plasman los avances desarrollados en las Tecnologías Facilitadoras Clave (KET, Key Enabling Technologies), consistiendo (tal y como se describe desde la plataforma) en: Biotecnología, Micro y Nanoelectrónica, Fotónica, Materiales avanzados y Nanotecnología. Dichas tecnologías se relacionan con las tecnologías de producción gracias a los equipos de innovación transversales, habiéndose identificado los siguientes seis (Ver Ilustración 8): *Los procesos de Fabricación Avanzados, los Sistemas de Fabricación Inteligentes y Adaptativos, las Empresas Digitales, Virtuales y Eficientes en cuanto al Consumo de Recursos, la Colaboración Persona-Máquina, la Fabricación Sostenible y la Fabricación centrada en el Cliente.* Las interrelaciones entre las KETs y los Equipos de Innovación anteriores permiten el desarrollo de los productos y servicios del futuro relacionados con los sistemas de fabricación avanzada e industrialización 4.0.

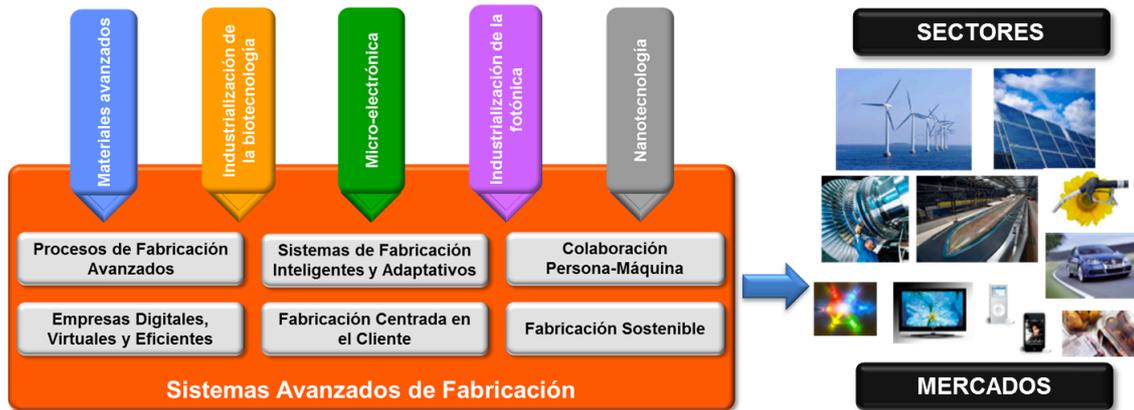


Ilustración 8. KET y equipos de innovación transversal (Manu-KET, 2013)

Las mencionadas exponencialmente nuevas tecnologías actúan como catalizador de soluciones individuales, optimizadoras de costes y flexibles en los procesos industriales. A días de hoy, los procesos ya requieren de un elevado grado de automatización. Mediante la digitalización y la robótica avanzada, existe el potencial de aumentar aún más dicha automatización y autonomía de los procesos, acelerando la flexibilización e individualización de los mismos. Dentro de las KET, destacan los nano-sensores y nano-materiales, los cuales permiten su uso en el control de la producción, aumentando su eficiencia, y permitiendo la aparición de la nueva generación de robots colaborativos, capaces de trabajar interfiriendo en el entorno humano con seguridad. Adicionalmente, la fabricación aditiva mediante tecnología 3D es otra de las tecnologías clave que está acelerando la industria 4.0. Con ella se están alcanzando nuevos modelos de producción y soluciones en la cadena de suministro (como serían una reducción en los tiempos de entrega y en niveles de inventario). Así como se ha alcanzado un elevado rango de materiales capaces de implementar esta impresión, no todos han alcanzado unos estándares y niveles de calidad requeridos por la industria. En los casos en los que dichos niveles han sido alcanzados, ya existe un desarrollo de los procesos, incorporando este nuevo modo de fabricación a los ya existentes y dando así cabida a nuevos modelos de producción.

Al mismo tiempo que se desarrolla Manu-Ket, en 2013, se plantea el hecho de que España se enfrenta al reto digital y la necesidad por parte de las empresas de conocer y saber utilizar las tecnologías digitales e Internet, con el fin de permanecer competitivas. Por ello se crea desde el MINETUR (Ministerio de Industria, Energía y Turismo) la Agenda Digital para España, (Gobierno de España. MINETUR, 2013), en la cual se refleja la necesidad afrontar este nuevo reto digital mediante una transformación que va desde las administraciones públicas hasta el sector privado. Dicha agenda se plantea como un catalizador, que permita nuevamente la creación de sinergias público privadas y que consiga el proyecto de transformación digital sea un proyecto a nivel país. Con ello, según el Ministerio, las áreas donde queda focalizada la actuación de dicha Agenda son las siguientes:

1. El desarrollo del mercado único digital en España y en Europa que permita recuperar la competitividad del sector TIC y desarrollar nuevas industrias de economía digital.
2. La promoción de la inclusión digital de ciudadanos y empresas, especialmente las PYME, porque el entorno digital debe ser para todos y en él deben estar todos.
3. Las iniciativas para la empleabilidad en el sector de la economía digital.
4. El despliegue de la banda ancha ultrarrápida como pilar fundamental para el desarrollo de la economía digital en España.

En 2014, consciente del papel que desempeña el sector Industrial en la recuperación económica española, MINETUR pone el enfoque de dicha Agenda Digital en este sector mediante una nueva Agenda para el fortalecimiento del sector industrial en España (Gobierno de España . MINETUR, 2014), donde dirige esa transición digital del sector.

Estas dos iniciativas nacionales presentadas por MINETUR culminan en octubre de 2015 con la iniciativa “*Industria Conectada 4.0*” (Gobierno de España. MINETUR, 2015), alineada y es complementaria a ellas, y que surge justificada por las importantes oportunidades y retos a nuestra economía que están planteando los nuevos desarrollos tecnológicos, la hiperconectividad y la globalización de la economía. Con esta iniciativa se pretenden conocer las oportunidades y nuevas herramientas y tecnologías disponibles para, en base a ellas transformar nuevamente los procesos actuales y posicionar la industria como un sector fuerte, competitivo y de referencia internacional. Se trata de un marco en el que las empresas españolas sean capaces de desarrollarse en todo su potencial de cara a enfrentarse a la nueva era de la Industria Digital. La garantía del conocimiento, la colaboración entre empresas de distintos sectores, el impulso de una oferta de habilitadores digitales, y el establecimiento de actuaciones y estándares adecuados en base a las anteriores; son las líneas de actuación planteadas en esta iniciativa de cara al desarrollo de competencias por parte de la industria que permitan implantar la Industria 4.0 a lo largo de toda ella.

Así mismo, desde *AMETIC (Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Contenidos Digitales)* anticipándose, en Julio de 2015, a la invitación de la *Comisión de Industria, Energía y Turismo* a debatir sobre la necesidad de sumarse España al IoT e Industria 4.0, se pone en marcha su Comisión de Industria 4.0 (AMETIC, 2015). Dicha Comisión permite un gran avance y movilización hacia la I4.0 dadas las características de los sectores y empresas involucrados, considerados una palanca para el desarrollo y un enorme motor de convergencia hacia la Economía Digital.

Paralelamente se han desarrollado numerosas iniciativas no solo a nivel nacional, sino también con un fuerte impulso a nivel autonómico y regional para afrontar esta realidad y fomentar el desarrollo de las áreas inmersas en Industria 4.0.

En diciembre de 2013 se presenta desde la Comisión Europea el plan de estrategias nacionales y regionales de innovación para la especialización inteligente (RIS3, National/Regional Innovation Strategies for Smart Specialization), (Consejo de la Unión Europea, 2014), que tiene el objetivo de convertir a la Unión Europea en una economía inclusiva, sostenible e inteligente. Dichas estrategias buscan que las regiones se centren en sus áreas con ventajas competitivas y mayor potencial de excelencia. En dichas iniciativas se destaca la necesidad de la divulgación, la adaptación de la formación académica y laboral, la creación de entornos de colaboración multidisciplinar y de ámbito europeo, el impulso del desarrollo de una oferta de tecnologías 4.0 a partir del I+D y el apoyo a empresas tecnológicas. Para ello, se impulsa el apoyo a la innovación en tecnología y en prácticas, así como una digitalización de las empresas, siendo ello una prioridad para todas las regiones; y se estimulan las inversiones en el sector privado mediante un alineamiento entre las políticas y financiaciones del programa Europeo Horizonte2020, (impulsado en España desde el Ministerio de Economía y competitividad).

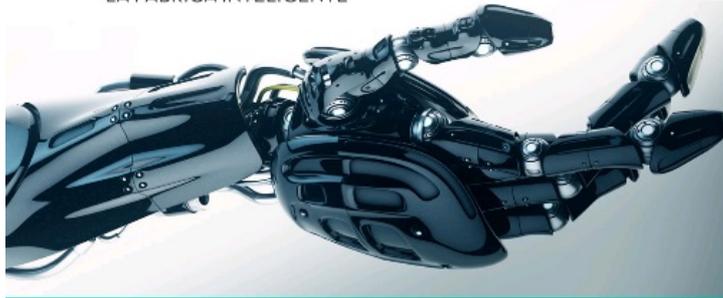
Comunitariamente, este impulso de la digitalización e innovación queda especialmente alineado a la industria en Galicia y País Vasco, dada su fuerte presencia industrial.

En el caso del País Vasco, región donde la industria aporta el 23,6% de la riqueza generada<sup>3</sup> (Vadillo, 2016), este aspecto se ve fortalecido por el hecho de ser una de las Comunidades Autónomas que más invierte en I+D, siendo en 2014 la tercera con mayor inversión en esta área (10,2%), solo por detrás de la Comunidad de Madrid y Cataluña (36,6% y 24,1% respectivamente) (INE, 2015). En 2014, como parte de la Estrategia 4i (Innovación, Inversión, Internacionalización e Industrialización) (Gobierno Vasco, 2014), se inició el plan de industrialización del País Vasco (Gobierno Vasco. Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad. Viceconsejería de Industria., 2014). En dicho plan se pone especial atención en la fabricación avanzada, la cual necesita de sistemas avanzados de fabricación, cada vez más inteligentes, automatizados y digitalizados. Como resultado, se ha fomentado la aparición de iniciativas de digitalización e industrialización 4.0 en esta región, como las jornadas anuales Basque Industry 4.0 (Ver Ilustración 9) (Grupo SPRI: Agencia Vasca de Desarrollo Empresarial, 2014), habiéndose celebrado ya 2 ediciones (2014 y 2015), donde la estrategia regional de adaptación de las empresas se encuentra ya directamente dirigida a la Cuarta Revolución Industrial y a la implantación de las fábricas inteligentes.

---

<sup>3</sup> *Afirmación realizada por Javier Zarraonandia, Vice consejero de Industria, Desarrollo Económico y Competitividad del Gobierno Vasco. 09/03/2016. Jornada de La transformación de la Economía Digital, Bilbao*

**BASQUE**  
**INDUSTRY 4.0**  
LANTEGI ADIMENDUA  
LA FÁBRICA INTELIGENTE



**Ilustración 9. Congreso Anual de INDUSTRIA 4.0 para Euskadi.**

La incorporación de Galicia, impulsada desde la *Consejería de Economía, Empleo e Industria* de la *Xunta de Galicia*, a esta industrialización 4.0 ha sido algo posterior, aprobándose su *Agenda de Competitividad Industrial – Galicia Industria 4.0* en Mayo de 2015. Dicho plan de impulso, al igual que la iniciativa del País Vasco, constituye el Plan Director de la Industria de Galicia 2015-2020, orientado nuevamente a la adaptación de su tejido industrial a la fabricación inteligente y digitalizada.

Finalmente, de un modo adicional a las iniciativas planteadas para la impulsión de la Industrialización 4.0, se está comenzando a particularizar ya dentro de dicho concepto en los distintos ámbitos que lo abarcan. Desde la *Escuela de Organización Industrial (EOI)*, se publicó a finales del año pasado el informe *Las Tecnologías IoT dentro de la Industria Conectada 4.0* (Cruz Vega, y otros, 2015), poniendo el foco en el internet de las cosas y el papel particular que juega este en el mercado global.



**Ilustración 10. El IoT dentro de la Industria 4.0 (Cruz Vega, y otros, 2015)**

En vista de dichas iniciativas, numerosas empresas ya se están movilizandoy posicionando como pioneras digitales, iniciando procesos de transformación y creando departamentos destinados a ello. Un ejemplo es el caso de la farmacéutica *Merk*, la cual está destinando sus mayores inversiones en su filial española, sobre la que se ha iniciado un proceso de digitalización pionero para la firma global, el cual proyectan acabar a finales de año, para posteriormente escalarlo al resto de la compañía (Vigario, 2016).



## 4. Objetivos y motivaciones del estudio

La reestructuración y digitalización industrial de la que se habla en Industria 4.0 fue tratado en la feria industrial *Hannover Messe* en 2011 por primera vez (Societäts-Medien, 2014).<sup>4</sup> En dicho momento, el concepto estaba etiquetado de moda publicitaria, dada su fuerte promoción en el mercado. Sin embargo, hoy en día ha llegado y se trata de una realidad.

De acuerdo a un estudio precedente realizado por PwC en Alemania en 2014, (Koch, Geissbauer, Schrauf, & Kuge, 2014), presentado en dicha feria industrial: *Hannover Messe*, la industria alemana invertirá en estos ámbitos 40 mil millones de Euros al año hasta 2020. Los principales drivers de esta revolución y justificantes de dichas inversiones son:

1. El primero es la oportunidad de integrar, vertical y horizontalmente (Smart Supply Chain), y mejorar la gestión de las cadenas de valor. Las empresas que participaron en el estudio esperan mejoras de más del 18% a través de la digitalización de procesos de media en Europa.
2. La digitalización e interconexión de productos y servicios- IoT, es el segundo driver. Contribuirá significativamente a la creación y sostenimiento de las ventajas competitivas generando ingresos adicionales entre el 2% y el 3% de acuerdo a las empresas estudiadas.
3. El tercer driver son los nuevos modelos de negocio, en muchos casos disruptivos que ofrecen la oportunidad de crear un valor adicional a los clientes a través de soluciones personalizadas que se apoyan un aumento de la colaboración horizontal y las capacidades analíticas de grandes cantidades de información (Big Data).

Dadas las proyecciones anteriores, mediante este estudio se ha pretendido conocer la situación actual en España. Para dicho fin se ha buscado la participación de empresa con una fuerte relevancia industrial y que supusieran una mezcla heterogénea, capaces de reflejar una foto representativa de la industria española. Dicha foto se ha formado contando con la integración de los distintos sectores industriales en la misma, así como los distintos volúmenes de facturación existentes en el mercado como posteriormente se detalla en el apartado de “*Enfoque y dimensionamiento del estudio*”.

Con ello, y basándose en los temas clave que conforman el concepto de I4.0 (Ver Ilustración 2, marco con temas de referencia para la elaboración del estudio), se ha observado la mencionada situación actual y la percepción de la relevancia de Industria 4.0, permitiendo realizar un diagnóstico y comparativa de posicionamiento con respecto a otras empresas a nivel global. Así mismo, se han analizado las tendencias existentes, las soluciones preferidas y prioridades establecidas según el carácter de las empresas. Finalmente, queda también

---

<sup>4</sup> Fue en dicha feria donde apareció el término por primera vez en 2011.

---

recogido el target que se buscan alcanzar junto con el impacto proyectado a raíz de estas mejoras en digitalización.

Los mencionados análisis y comparativas se han desarrollado en las distintas posibles áreas de digitalización, observando aquellos puntos donde se encuentra más digitalizada y aquellos aspectos que necesitan una mayor implementación y esfuerzo para ser competitivos y llegar a dichos objetivos.

Dentro de este estudio, en primera instancia se ha abordado la situación en I4.0, analizando posteriormente en mayor detalle el Big Data y análisis de datos. Este segundo enfoque y mayor énfasis sobre esta área es debido como se viene introduciendo a la fuerte significación de la gestión, análisis y uso de datos como instrumento clave en la digitalización de las empresas.

Así mismo, se ha buscado la cuantificación y repercusión económicas de dicha digitalización, analizando los ingresos en facturación adicionales que suponen las mejoras en Industria 4.0 con respecto a la situación actual, los ahorros en costes, así como las inversiones necesarias y esperadas para llegar a las deseables metas individualizadas que sean fijadas.

En último lugar, la estandarización de la información así como de las conclusiones obtenidas, que posteriormente podrá ser unificada con el estudio individual de otros países y obtener una visión global de la situación en Europa y a nivel mundial.

# 2

---

## *Operaciones Digitales.*

*¿Dónde se encuentran las empresas actualmente y cuál es la tendencia?*



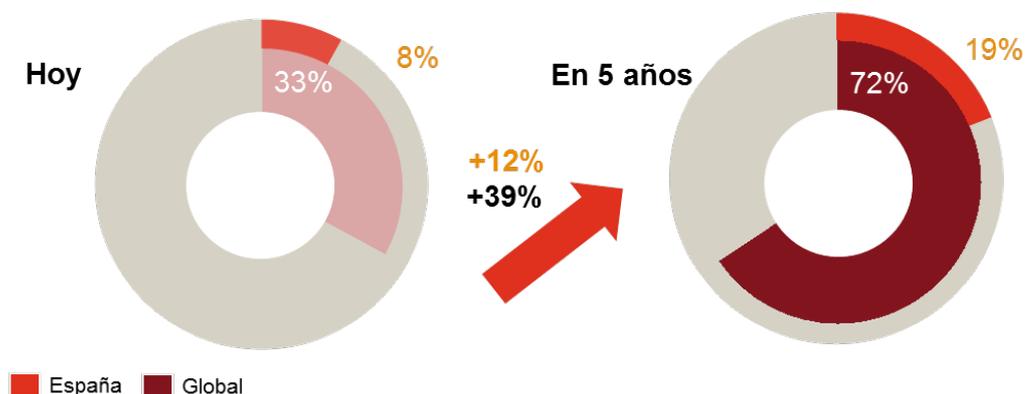
## 1. Nivel de digitalización actual y crecimiento esperado

En su conjunto, la industria española actualmente es consciente de su situación en relación a la digitalización e integración industrial, sabiéndose en una posición medio-baja respecto a la misma. Las competencias requeridas en 3-5 años se encuentran en parte relacionadas con el existente punto de partida.

En términos de crecimiento, si se compara el nivel de digitalización actual con el proyectado a 5 años se espera un aumento de las capacidades digitales, aumentando en torno al 12% el número de empresas catalogadas como avanzadas en digitalización, situando ello a la Industria española en una posición avanzada en términos de digitalización.

Contrastando la situación Española frente a la media global, esta última tiene una visión más aventajada a día de hoy, situándose un tercio de las compañías ya en una posición con un elevado grado de digitalización. En lo que se refiere a la visión de futuro, ambas tendencias son análogas, existiendo una postura con pretensión a la digitalización y catalogándose los niveles de digitalización mundiales en una posición avanzada

**Nivel Actual y en 5 años vista de la digitalización e integración de las empresas a nivel global**



*Mostrado: Porcentaje de compañías entrevistadas mostrando elevado grado de digitalización e integración (4 o 5 en una escala de 1 "muy bajo" a 5 "muy avanzado")*

### Ilustración 11. Porcentaje de empresas en un nivel elevado de digitalización e integración de empresas en España y a nivel global<sup>5</sup>

A nivel mundial se prevé que el número de empresas que presenten en 2020 un elevado grado de digitalización aumente a más de doble de las existentes actualmente, alcanzando esta categoría un 39% adicional de la muestra total entrevistada. En el caso de España, se observa una visión más conservadora

<sup>5</sup> Datos globales a los que se hace referencia a lo largo del documento extraídos de: PwC Strategy & Encuesta Mundial Industria 4.0 2016, incluyéndose en los mismos los datos de España. Fuente de los gráficos de resultados de España: elaboración propia.

---

respecto a los niveles actuales de digitalización, considerándose solo un 8% ya a la vanguardia de la digitalización. Sin embargo, las tendencias existentes son similares, potencialmente aumentando el número de empresas consideradas con un elevado grado de digitalización a más del doble del actual.

Se observa por tanto una acogida favorable a la digitalización, así como una notable percepción sobre su importancia y sobre la necesidad de movilizarse a fin de seguir en línea y no quedarse atrás. Es importante *“no dejarse asustar por la cuarta revolución industrial. (...) Hay que adelantarse una vez más al cambio y quitar el miedo (como en el pasado reto de internacionalización)”*<sup>6</sup> (Vadillo, 2016).

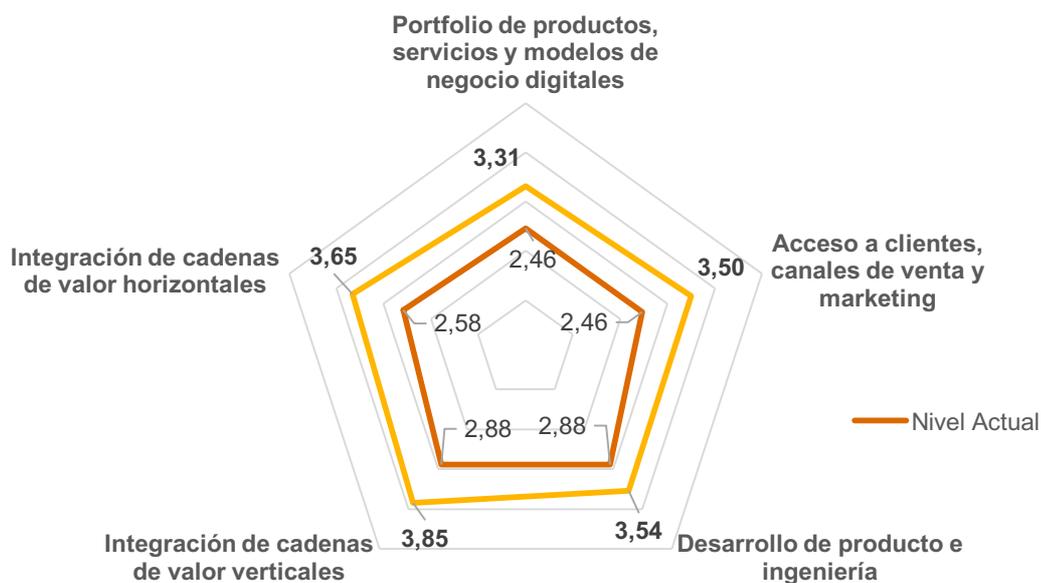
El nivel de dirección de las empresas debe apoyarse en la digitalización e industria 4.0, estableciendo estrategias de colaboración y estandarizando los procesos. Los primeros en moverse se están posicionando fuertemente para superar al mercado y cambiar los fundamentos del panorama competitivo.

Profundizando dentro de las distintas áreas objeto de digitalización (Ver Ilustración 12), en España destaca una preocupación especial hacia las cadenas de valor industriales, consideradas una de las llaves de la digitalización. En particular, existe una preocupación en aumentar el nivel de digitalización de las cadenas de valor verticales, yendo desde la planificación de la fabricación hasta la logística y servicio; pero sobre todo se destaca y se hace énfasis en la necesidad de digitalizar e integrar las cadenas horizontales, enlazando y aumentando la conectividad con los proveedores, clientes y socios de la cadena de valor más relevantes y esenciales.

---

<sup>6</sup> Alberto García Erauzkin. Presidente de Innobasque. Jornada de la transformación de la economía digital, 09/03/2016.

## Nivel de Digitalización e Integración de las Empresas Españolas



*Mostrado: Media obtenida en evaluación del grado de digitalización de 1 a 5 (siendo: 1 “muy bajo” - 5 “muy avanzado”)*

### Ilustración 12. Evaluación del nivel de digitalización de las Empresas

Mediante la integración vertical de las cadenas de valor se consigue una respuesta más rápida y eficaz a los cambios en la demanda y frente a contratiempos. Así mismo, dicha integración no permite exclusivamente la mejora en los ritmos y gestión de la producción, sino que va acompañada de una optimización del mantenimiento: los estados de los procesos de producción pueden ser registrados, grabándose las discrepancias que pudieran surgir, y pudiendo actuar más rápidamente frente a fallos de maquinaria o desviaciones en nivel de calidad. En definitiva, se produce una reducción de desperdicios, y un aumento en la eficiencia de los recursos materiales, energéticos y humanos.

Mediante la integración horizontal de las cadenas de valor se logra una mayor transparencia en las mismas, desde el proveedor, pasando por la empresa y hasta el cliente. Las adaptaciones específicas para clientes se desarrollan no solo en la planta de producción, sino también en las fases de diseño y desarrollo, pedidos y órdenes, planificación, ensamblaje; y distribución. Ello conlleva un incremento de la flexibilidad para responder más rápidamente a los problemas y conseguir de ese modo una optimización global mayor, permitiendo a la vez una gestión de calidad, precio, tiempos, riesgos y sostenibilidad a tiempo real y en todos los estados y puntos de la cadena.

Otra área priorizada en esfuerzos y aumento de digitalización son los medios de acceso a clientes, junto con el aumento de los canales de ventas, así como una mayor fuerza del marketing. Todo ello precisa de un impulso digital, el cual se proyecta que aumente las capacidades de dichas áreas en un 21% en los próximos 5 años.

Por otro lado, el desarrollo de productos e ingeniería se percibe actualmente en un nivel de digitalización avanzado con respecto al resto de áreas y se espera un menor crecimiento que el existente en el resto de las áreas. Así mismo, los modelos de negocio digitales y el portfolio de productos y servicios son las áreas donde se percibe una menor necesidad de digitalización a 5 años vista, quedando en una posición ligeramente rezagada respecto al resto de áreas. Sin embargo, se observa que sigue siendo necesario volcar esfuerzos sobre los mismos y sigue siendo un área donde impulsar la digitalización, ya que en parte los ingresos del futuro “llegarán con nuevos modelos de negocio”<sup>7</sup> (Vadillo, 2016).

Por consiguiente, puede observarse que las tecnologías de Industria 4.0 presentan numerosas combinaciones y áreas sobre las que traer beneficios, facilitando una mayor colaboración y volúmenes de información útil, generando unos mejores resultados.

---

<sup>7</sup> Agustín J.Sáenz. Responsable de Industria y transporte de Tecnia. Jornada de la transformación de la economía digital, 09/03/2016.

## **2. Beneficios esperados de la digitalización industrial y costes de los mismos**

*¿Qué nuevos productos y servicios se esperan introducir que generen más del 10% adicional de ingresos en los próximos 5 años?*

Como se observa, la digitalización de los productos y servicios es necesaria de cara a garantizar los ingresos y el éxito futuros de las compañías. El 77% de las compañías Españolas esperan un aumento significativo en los ingresos debido a la digitalización planificada en los próximos 5 años. Si miramos esa cifra globalmente, las previsiones son incluso más favorables, ascendiendo hasta el 86%.

Comparando con datos pasados externos disponibles para España, observamos un fuerte aumento en intención de innovación. Según la última encuesta de innovación en las empresas, con datos del 2014, por el Instituto Nacional de Estadística, el 28,6% de las empresas españolas de 10 o más asalariados fueron innovadoras en el periodo 2012-2014<sup>8</sup>. Respecto a dichas empresas innovadoras, el 13,3% de las empresas fueron innovadoras tecnológicas de producto o proceso en el periodo 2012-2014. Por su parte, las empresas con innovaciones tecnológicas en curso o no exitosas (EIN) representaron el 15,5%, (INE, 2015).

Dentro de las distintas áreas, digitalizar el existente portfolio de productos se presenta como la mayor prioridad en relación al incremento de ingresos (Ver Ilustración 13). En España, el 42% de las empresas esperan aumentar más de un 10% adicional sus ventas en los próximos 5 años mediante la digitalización de los mismos.

---

<sup>8</sup> Si bien es cierto que no se trata de la misma muestra y este estudio del INE abarca empresas componentes de un mayor número de sectores, (no solamente la Industria a pesar de ser el principal componente), si puede observarse un elevado aumento en intención de Innovación debido a la digitalización.

### Iniciativas de digitalización rentables de las compañías en los próximos 5 años



Nota: Cifras en porcentaje. Respuesta múltiple posible.

#### Ilustración 13. Porcentaje de empresas de la muestra española logrando ingresos de un 10% adicional o más en las citadas áreas durante los próximos 5 años

Adicionalmente, las empresas observan una fuerte necesidad en incrementar la centralidad en torno a los clientes, profundizando en sus servicios digitales y de análisis de datos hacia ellos. Dichos clientes van a ser la base en los cambios en las cadenas de valor, productos y servicios, por lo que es necesario ganarlos y aumentar las relaciones existentes.

Poner al cliente en el centro es un factor clave para el aumento de ingresos y la bajada de costes, es por ello que el 38% de las empresas tienen fijadas iniciativas de digitalización orientadas hacia los mismos. Las empresas ganadoras necesitarán disponer de plataformas y medios de análisis que les permitan controlar el acceso a dichos clientes. Aquellas empresas situadas a la cabeza ya se encuentran en proceso de emplear Industria 4.0 con el objetivo de expandir e innovar en su oferta a los mismos. En relación a dichas plataformas, de cara a situar al cliente en medio y generar una *mayor vinculación con el mismo, mejorar su experiencia o sencillamente fidelizarlo* se están implantando y tomando un papel muy relevante los sistemas CRM (Customer Relationships Management) (Sabater, 2016).

Centrar las iniciativas de digitalización en los clientes es también uno de los motores del crecimiento digital (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015), y va en línea con realizar un enfoque de los modelos desde afuera hacia adentro, donde las iniciativas de innovación se apoyan en aumentar la información de dichos clientes externos y ajenos al grupo. Ello permite emplear posteriormente dicha información para analizar y aplicar nuevas ideas en términos de digitalización y nuevos usos de la tecnología, evaluar tecnologías emergentes, y apalancándose en el conocimiento de otros innovadores.

Por otro lado, a pesar de tener una sólida percepción sobre la industrialización 4.0, la introducción de nuevos productos digitales aparece como la última de las 4 prioridades planteadas. Ello va en línea con que solamente un 1% de los directivos ve la disrupción de su propia u otras industrias como la principal

expectación en términos de inversiones en digitalización, mientras que el 25% lo hace con el fin de aumentar la experiencia del cliente (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015).<sup>9</sup>

### *¿Cómo se esperan percibir dichos beneficios gracias a la digitalización?*

Con respecto los canales de entrada de beneficios debidos a la digitalización (Ver Ilustración 14), se esperan alcanzar unos beneficios adicionales del 11,1%<sup>10</sup> de media en España durante los próximos 5 años en términos de ganancia de eficiencia, mediante una mayor utilización de los activos y una mayor calidad en el uso de los mismos.

Por otro lado, Industria 4.0 permitirá reducir los costes a lo largo de toda la cadena de valor en la industria, desde la fabricación y la cadena de suministro hasta el coste de acceso a los clientes, y suponiendo ello un aumento medio de los beneficios del 10,4%<sup>11</sup>.

Los beneficios no acaban ahí; se espera que estos aumenten de media en un 5,5% nuevamente a través de la digitalización de los productos y servicios en las empresas.

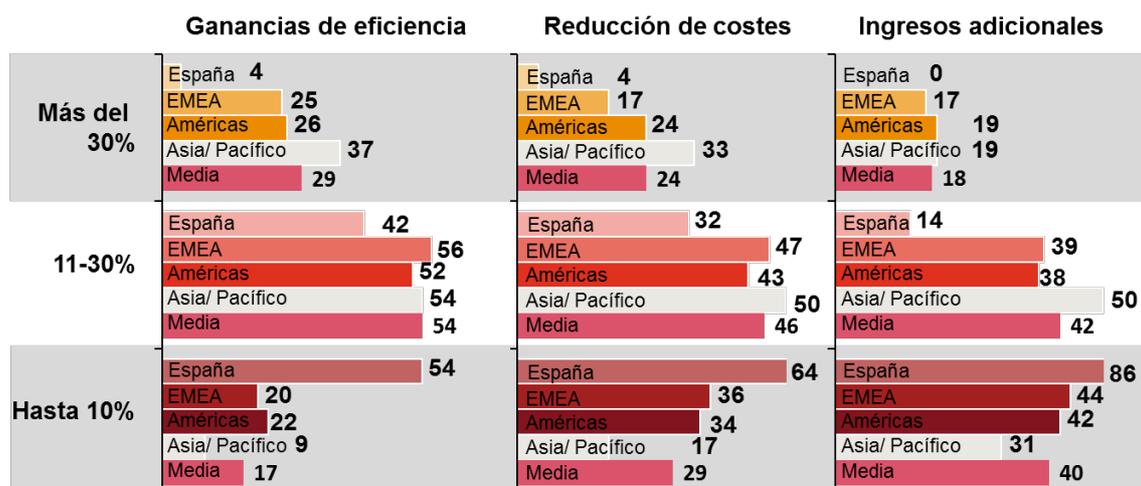
---

<sup>9</sup> Pregunta del Estudio I4.0 a la que se hace referencia: “¿Qué valor esperas de tus inversiones en empresa digital? Selecciona las 3 principales en orden de prioridad.” Primera prioridad seleccionada.

<sup>10</sup> Pregunta Estudio I4.0: “¿Qué beneficios acumulados debidos a la digitalización espera en los próximos 5 años?: (Porcentaje acumulado en los 5 años) A) Ganancias de eficiencia.

<sup>11</sup> Pregunta Estudio I4.0: “¿Qué beneficios acumulados debidos a la digitalización espera en los próximos 5 años?: (Porcentaje acumulado en los 5 años) B) Reducción de costes.

## Beneficios acumulados de la digitalización esperados en 5 años



EMEA: D, AT, CH, DK, E/PT, FI, FR, IT, NL, PL, S, UK, SA, ME

Américas: BR, CA, MX, US

Asia/Pacífico: CN, IN, JA, AU, SG

### Ilustración 14. Beneficios acumulados de la digitalización esperados desglosados por regiones

Estos beneficios son relativamente bajos en comparación con la media mundial: la mayoría de empresas Españolas proyecta beneficios en las distintas fuentes mayoritariamente en el rango del 1 al 10%, frente a la media a nivel mundial, que se sitúa en un rango entre el 11 y 30%, (tanto para ganancias de eficiencia, reducción de costes como ingresos adicionales).

Se observan por tanto unas previsiones de futuro ligeramente inferiores en el caso de España frente al nivel mundial. Éstas pueden tener una lectura de proyecciones más desfavorables debido a un mayor potencial de crecimiento existente en otras regiones, o ser debidas al hecho de tener una visión más conservadora que la media en términos de beneficios debidos a la digitalización. Dicha diferencia queda enfatizada por el hecho de no contar con una presencia significativa de participantes en España que justifiquen beneficios superiores al 30% de manera individual en cada uno de los campos, los cuales mundialmente son debidos mayoritariamente a proyecciones en Asia y en segundo lugar América, quedando Europa rezagada y alineada a la visión en España.

Los beneficios expuestos se refieren a mejoras de eficiencia económicas o reducciones de costes del mismo ámbito. Adicionalmente, si se incluyen externalidades, las empresas mediante la digitalización son capaces no solo de alcanzar beneficios en el ahorro, sino generar adicionalmente un impacto en la sociedad y el ecosistema a su alrededor (Díaz-Plaza Sanz, 2015). Un ejemplo de ello sería la potencial optimización del consumo que acarrea directamente una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Al igual que con los económicos, estos nuevos beneficios son posibles si instrumento y tengo la analítica necesaria para llevarlos a cabo.

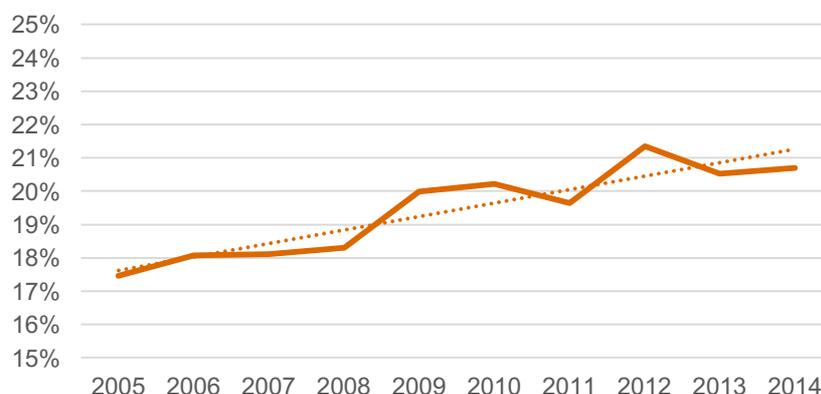
## ¿Qué inversiones son necesarias para alcanzar dichas proyecciones?

De cara a alcanzar las proyecciones presentadas, existe una necesidad de invertir en un ecosistema industrial que avanza y se encuentra en pleno crecimiento digital. Es importante comparar dichas ganancias adicionales con los esfuerzos necesarios para ello y el tiempo en que se espera recuperar la inversión realizada en I4.0.

Así como los beneficios potenciales son algo que ha sido analizado con mayor detenimiento, hay un mayor desconocimiento con respecto a las inversiones que van a ser necesarias para alcanzar estos resultados: el coste potencial que implican dichos beneficios es algo no visto con claridad por la mayoría de las empresas. En España, el 62% de los entrevistados desconoce cuan grandes han de ser los mismos en proporción al incremento de ingresos.

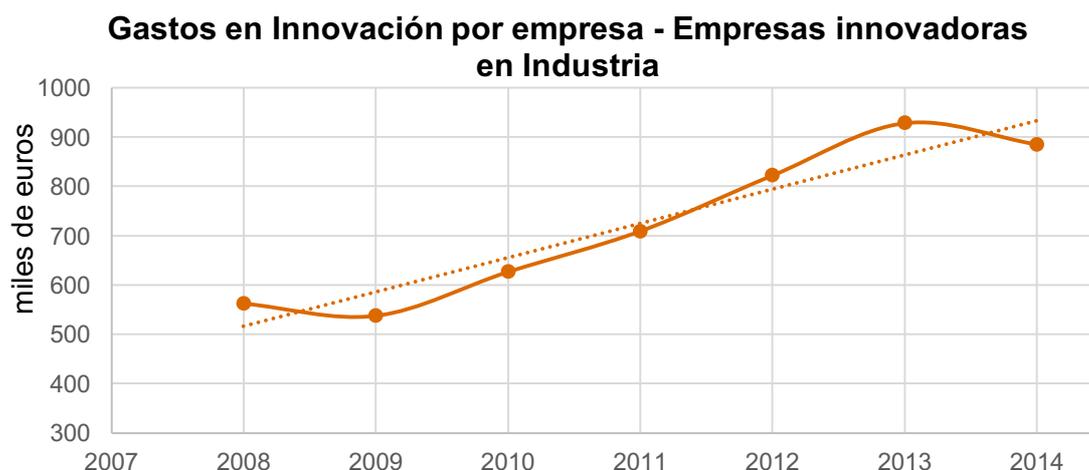
Sin embargo, sí que se observa una tendencia positiva tanto en el número de empresas que realizan inversiones en I+D (Ver Ilustración 15), aumentando el porcentaje de las mismas con respecto al total; como en el número de inversiones en innovación por empresa (refiriéndonos a dichas empresas innovadoras) (Ver Ilustración 16). A pesar de observar que el gasto en innovación tecnológica descendió un 8,9% en la Industria en 2014 con respecto al año anterior, la tendencia mostrada es favorable e indica una predisposición hacia la digitalización e Industria 4.0.

### Porcentaje de empresas que realizan I+D



Realización propia. Datos extraídos del INE. Eje de ordenadas: “Empresas innovadoras: Total” vs. “Total Industrial”

**Ilustración 15. Porcentaje de empresas que realizan I+D en España.**



*Realización propia. Datos: extraídos del INE: Eje de ordenadas: "Gastos en Innovación por empresa"*

**Ilustración 16. Inversiones en innovación por empresa dentro de las catalogadas como empresas innovadoras en industria.**

Ligando dichas cifras con las inversiones a realizar directamente en industria 4.0 y soluciones de operaciones digitales, estas están también aumentando. Mundialmente, la media de inversión en 2016 en este ámbito se encuentra en un 5% de los ingresos anuales.<sup>12</sup>

Es importante destacar que el mero hecho de realizar dichas inversiones y aumentar la capacidad de análisis no es siempre garantía de éxito de su funcionamiento en las empresas. Por el contrario, es también vital el cómo dichas inversiones son llevadas a cabo y el dónde son ejecutadas, planificando de un modo integral los proyectos que permita superar los desafíos a medida que se presenten. De lo contrario existe un riesgo de que dichas inversiones acaben malgastándose debido a una mala ejecución. Es por tanto necesaria la creación de modelos de desarrollo propios y aplicarlos con consistencia, alineados con las necesidades de los clientes y la estrategia de negocio, (Rel, 2016).

En relación al cómo y dónde dichas inversiones son llevadas a cabo, se está produciendo una evolución en las áreas donde se llevan a cabo. Las inversiones tecnológicas están ganando peso fuera de los departamentos de TI, habiendo aumentado en 2015 un 21% con respecto al año anterior la presencia fuera de los mismos, (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015; Curran, PwC, 2014 Digital IQ Survey, 2014).

Con todo ello, los primeros inversores digitales ya se están movilizandoy existen fuertes argumentos para realizar la inmersión en la digitalización industrial: en

<sup>12</sup> PwC Strategy & Encuesta Mundial Industria 4.0 2016. Pregunta: ¿Cómo de elevadas son las inversiones actuales y futuras de su compañía en soluciones de operaciones digitales?

España la mayoría de empresas entrevistadas, el 65%, prevé recuperar la inversión en menos de 2 años, situándose por encima de la media mundial del 55%.

De media la industria española prevé un ROI para las inversiones digitales de 2,11 años. Alrededor de la mitad, el 57%, de las empresas esperan ver recuperadas estas inversiones en digitalización en un periodo de 1 a 2 años, mientras que el 35% permite un margen de recuperación sobre dichas inversiones hasta 5 años. Cabe destacar que apenas el 8% de la muestra espera un ROI menor al año y no existe representación que espere una recuperación en más de 5 años.

### Retorno de la inversión (ROI) esperado de inversiones digitales



**Ilustración 17. ROI estimado de inversiones digitales por la industria española.**

Relacionando los apartados anteriores, con miras a 2020 las empresas (tanto a nivel mundial como en España), esperan reducir sus costes aumentando sus beneficios al mismo tiempo. Ya no existe esa necesidad de centrarse en los ingresos brutos o resultados finales, sino que pueden mejorarse sendos al mismo tiempo.

Por otro lado, no todo queda reducido a reducciones de costes o aumentos de ingresos tangibles en el corto plazo. A estas métricas tradicionales, como sería el ROI, para realizar el seguimiento del rendimiento de las inversiones, se están sumando nuevas medidas capaces de analizar inversiones más disruptivas. Las directivas están ampliando sus miras, de contar solo con medidas basadas en el riesgo hacia “cibermedidas” más amplias (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015).



### 3. Mayores retos o inhibidores para establecer capacidades en operaciones digitales

La Industrialización 4.0 implica la realización de ajustes en el modelo de negocio por parte de las empresas y la obtención de nuevas capacidades. Mirando las preocupaciones existentes, se trata más de un tema de gente y de cómo llevar a cabo la transformación del negocio que de un tema de tecnología. Bien es cierto que aparece un binomio entre las empresas y la tecnología que la transformación digital ofrece. Sin embargo, esta tecnología se presenta más como una commodity necesaria para llevar a cabo los ajustes que permitan lograr la digitalización, girando los principales retos en torno a los activos humanos de las empresas y su adaptación a este nuevo paradigma industrial. De cara a hacer frente a dichos ajustes, existen tres niveles de preocupación en los que se pueden clasificar las áreas a las que las empresas han de hacer frente con el fin de alcanzar dichas capacidades, (indicados en la Ilustración 18):

#### Mayores retos o inhibidores para construir capacidades de operaciones digitales



Nota: Cifras en porcentajes, hasta 3 posibles menciones

#### Ilustración 18. Retos o Inhibidores para establecer capacidades en operaciones digitales

En primer lugar, destaca principalmente la ausencia de formación y cultura digital interna, y por tanto, las medidas necesarias para entrenar y capacitar a los empleados. Esto se debe a que una nueva formación es necesaria con la revolución digital, la cual trae consigo una demanda de profesionales con distintos perfiles de los actuales, y nuevas habilidades técnicas. Dicho

---

entrenamiento o formación deberá apoyarse en los datos, los cuales “*también servirán para preparar formaciones personalizadas*”<sup>13</sup> (Vadillo, 2016).

Le sigue una falta de visión y apoyo a las operaciones por parte de la cumbre de las administraciones, junto con la incertidumbre en los beneficios económicos de las inversiones digitales en determinadas áreas, suponiendo dichas áreas más del 50% de los inhibidores y retos percibidos por parte de las empresas de cara a la implantación de Industria 4.0.

Es por ello que ha de hacerse énfasis a estas 3 áreas, y la justificación de la aparición como líneas de acción prioritarias de las 2 primeras mencionadas en la mayoría de iniciativas actuales de adaptación a la digitalización industrial. Ambas preocupaciones van fuertemente ligadas en el proceso de implantación de la digitalización: para alcanzar una posición sólida en soluciones inteligentes y automatizadas es necesario tener una estrategia claramente definida (como se ha ido comentando), y contar con una plantilla capaz de dar soporte al procesamiento humano necesario en estas transformaciones.

En segundo lugar, nos encontramos tres áreas que preocupan a un porcentaje ligeramente superior a una quinta parte de la industria. Estas son:

- Cuáles son las altas inversiones necesarias para llevar a cabo la digitalización en las compañías.
- El nivel de incapacidad de las empresas colaboradoras en torno a la creación de soluciones digitales y el grado de conexiones con valor añadido de las que se es miembro
- Disponer de un talento insuficiente para llevar a cabo esta transformación.

Finalmente, el resto de áreas planteadas, no son percibidas como un gran reto o inhibidor al que hacer frente, no llegando a alcanzar un nivel de preocupación siquiera del 20% del total de empresas entrevistadas. Dichas áreas comprenden:

- La falta de estándares, certificaciones y normas. Bien es cierto que la regulación va por detrás de la tecnología. Ello se ha visto por ejemplo en casos como la búsqueda de incorporar a las vías coches autónomos, o la transformación de sectores tradicionales como el transporte público de personas con nuevos modelos posibles gracias a las nuevas tecnologías de los Smartphones, creando modelos de economía colaborativa (como *Blablacar*) o simplemente otros modelos sustitutivos (Como *Uber* y su sistema *God View* para la optimización de los recursos). A pesar de este desequilibrio temporal entre regulación y tecnología, ello no se ve como un fuerte inhibidor o reto al que hacer frente en la digitalización del

---

<sup>13</sup> Agustín J.Sáenz. Responsable de Industria y transporte de Tecnalía. Jornada de la transformación de la economía digital, 09/03/2016.

sector industrial, sino simplemente como un tema adicional que considerar en el proceso de transformación.

- Una lenta expansión de las tecnologías de infraestructura básicas, (como por ejemplo la banda ancha). La Industria 4.0 requerirá la adaptación de las instalaciones actuales y en algunos casos completos modelos nuevos de infraestructuras. Adicionalmente, existe un rango de segmentos de negocio, como I+D, compras, producción o logística; con un fuerte peso en soluciones TI, difiriendo en cuanto a las soluciones particulares, y han de ser consideradas conjuntamente de cara al desarrollo de una red común y una conexión que permita la comunicación entre los distintos sistemas.
- Preocupaciones en relación con la pérdida de control sobre la propiedad intelectual de la compañía
- Preguntas pendientes a cerca de la seguridad y privacidad de los datos en conexión con el uso de datos externos. Que la seguridad de los datos no se plantee como un inhibidor no quiere decir que haya que descuidarla. Es necesario mantener el ritmo en asuntos de seguridad y privacidad dentro de los ecosistemas en los que desarrollan su actividad las compañías. A medida que surgen nuevas tecnologías, socios, dispositivos, clientes y datos, aparecen más interdependencias y amenazas frente a las que protegerse y a las que hacer frente. Estas amenazas y riesgos de seguridad pueden afrontarse mediante soluciones de gestión del riesgo individualizadas y una estrategia de seguridad apropiada para los mismos.

-

## **4. Mayores preocupaciones existentes en términos de seguridad de los datos.**

El uso extensivo de datos y el hecho de compartir los mismos aumentará enormemente las necesidades en términos de seguridad. Garantizar la seguridad en la implantación de la digitalización se muestra por tanto como un requisito indispensable. Las empresas son conscientes de los riesgos existentes en seguridad de datos y es algo a gestionar. En ningún caso se percibe como un impedimento que imposibilite su uso, sino una barrera necesaria de superar y a la que hacer frente para el empleo fiable y sin riesgos del Big Data. Del mismo modo que se espera que la gestión de la información pase a ser una base de los procesos, la seguridad de los mismos ha de acompañarle.

Es imprescindible plantearse el cómo coordinar e integrar de un modo seguro estas nuevas tecnologías con las tecnologías de producción actuales, los sistemas de TI y el conjunto de datos ya existentes. Los nuevos productos, la propiedad intelectual, y en general los datos de las compañías, deberán protegerse frente al uso abusivo o no autorizado de los mismos, debiendo así mismo analizar la creación de soluciones robustas para las nuevas redes de información. La estandarización en el proceso de digitalización y del servicio en sí es algo que ayudará a mitigar estos riesgos en seguridad.

Con esta mayor sofisticación de la analítica, las máquinas son capaces de tomar decisiones no solo basadas en matemáticas, sino también en la variabilidad. Bajo esta nueva forma de tomar decisiones existe un mayor abanico de posibilidades, que lleva implícita una mayor incertidumbre. Es por ello por lo que surge el principal reto de la tecnología: cómo enfrentarse a este nuevo paradigma.

Por ello, es necesario hacer énfasis en la seguridad, destacando cuales son los puntos que suponen un mayor reto y preocupación para las empresas (Ver Ilustración 19). Análogamente a los retos anteriores, las preocupaciones existentes pueden ser catalogadas en tres niveles de relevancia. El ranking de mayores preocupaciones, aquellas que preocupan por encima del 40% de las empresas, se encuentra liderado por las alteraciones o interrupciones de los procesos debidos a brechas (64%). Le sigue la extracción o modificación de datos sin autorización internamente dentro de las compañías, así como las responsabilidades acarradas por la pérdida de datos.

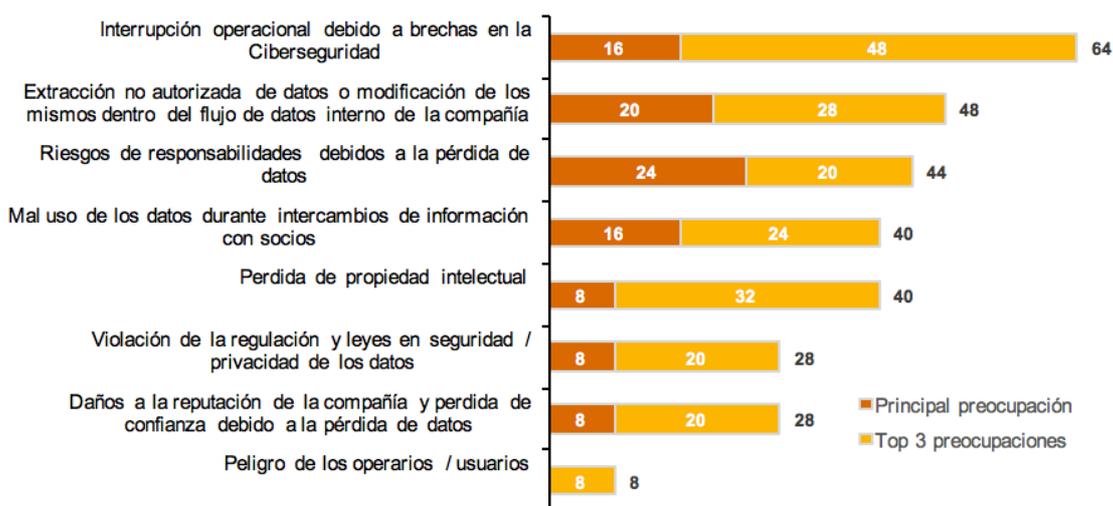
En segundo lugar, nos encontramos temas que preocupan entre el 20% y 40% de las empresas, encontrándonos en esta categoría:

- El uso indebido de datos por parte de socios y colaboradores.
- Preocupaciones debidas a la potencial perdida de propiedad intelectual
- Violaciones de la regulación y leyes de seguridad, junto con asuntos relacionados a la privacidad de los datos
- Daños a la reputación de la compañía y pérdidas de confianza debido a la pérdida de datos.

De cara a hacer frente a las preocupaciones mencionadas, es necesario disponer de una robustez y solidez en las soluciones *Open Data* entre los colaboradores, esto es, en los datos abiertos y accesibles entre los mismos, contando con medidas como licencias o tipos de permisos que jerarquicen sus distintos niveles de autorización de empleo y tratamiento.

Finalmente, no existe una preocupación percibida hacia la seguridad de los usuarios y operarios, ni peligros en este ámbito en los que se pueda incurrir debido a la digitalización.

### Principales preocupaciones en términos de seguridad de datos



Nota: Hasta 3 menciones posibles; cifras en porcentajes

### Ilustración 19. Preocupaciones existentes en seguridad de datos

Adicionalmente a las preocupaciones mostradas, la Ciberseguridad debe también abordarse con el fin de buscar cómo puede ayudarse a *crear una imagen de marca, una ventaja competitiva y generar valor para el accionariado* (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015). Las empresas más digitalizadas son normalmente también aquellas que más proactivamente evalúan y planifican la privacidad y seguridad precisamente en los proyectos de digitalización. Un modo del que realizan esta planificación es mediante la asignación rutinaria de encargados de gestionar el riesgo y líderes en seguridad en los procesos de desarrollo de nuevos productos y servicios, especialmente aquellos que hagan uso de las tecnologías emergentes, como por ejemplo el Internet de las Cosas.

En relación a esa gestión y supervisión, las expuestas son preocupaciones sobre datos ya recogidos. Es importante garantizar que estos son captados de un modo y en un momento adecuado, es decir, debe existir un entrenamiento de los sistemas que garantice que la toma de información está siendo la correcta para tomar decisiones. Si por ejemplo existe un sensor descalibrado, todo un proceso podría estar aparentemente trabajando completamente optimizado y funcionando de un modo idóneo, estando en realidad realizando acciones no deseadas.

Proyecto fin de master

## 5. Percepción de posicionamiento en capacidades digitales frente a los competidores

A día de hoy nadie en España se postula como un gran avanzado frente a sus competidores en capacidades de formación de operaciones digitales, aunque tampoco existe una fuerte visión de retraso o desventaja frente a los mismos. Por el contrario, la mayoría cree crecer en capacidades digitales al mismo ritmo que sus principales competidores.

Estas cifras (Ver Ilustración 20) representan los pesos presentes en el seguimiento de tres estrategias distintas posibles de cara a afrontar la digitalización industrial.

### Posición de la compañía en términos de construcción de capacidades de operaciones digitales



Ilustración 20. Nivel considerado en capacidades de operaciones digitales por parte de las empresas en comparación con sus principales competidores

En el caso más aventajado nos encontramos las empresas posicionadas a la vanguardia de la digitalización, introduciendo Industria 4.0 en sus modelos de negocio a mayor velocidad, con el mayor riesgo que ello implica, y con la posibilidad de participar en la creación de estándares.

En segundo lugar, aparecen aquellas con capacidad de adaptarse rápidamente, capaces de aprender de las empresas líderes en un corto tiempo, pero que como desventaja cuentan con el hecho de no poder hacer uso de todo el potencial ni adquirir una ventaja competitiva por una pronta incorporación. Esta segunda línea es la seguida por prácticamente la mitad de las compañías en España.

Finalmente, las empresas rezagadas incurren en un menor riesgo de inversión en digitalización, capaces de verificar los resultados de rentabilidad, observar la utilidad y los beneficios reportados por la Industria 4.0 a la competencia. Sin embargo, aparece otro riesgo mayor: el quedarse atrás de la competencia global en un mundo en permanente cambio y ser incapaces de adentrarse en los procesos de digitalización de la compañía debido al existente miedo al cambio.



# 3

---

## *Beneficios y retos del análisis de Big Data*



## 1. Qué es el Big Data y cómo implementarlo en los procesos

Como se ha introducido, Big Data es una de las áreas que engloba el concepto de Industria 4.0 estudiado. Big Data consiste en el procesamiento y análisis de grandes volúmenes y variedades de datos (provenientes de distintas fuentes y en distintos formatos), captados por los sistemas, traduciendo los mismos en información útil. La finalidad es el posterior empleo de esta información para respaldar la toma de decisiones, buscando de ese modo una optimización del sistema de un modo conjunto.

Es necesario que exista una buena interconexión entre los sistemas, entendimiento y compatibilidad de los datos, así como una velocidad que garantice que la información es recibida y analizada lo suficientemente deprisa como para poder actuar y tomar las acciones necesarias en el momento óptimo (Barranco Fragoso, 2012).

¿Cómo realizar dicho análisis efectivo? En la Ilustración 21 se ilustra un esquema de los niveles necesarios para llevarlo a cabo desde un punto de vista de los procesos industriales<sup>14</sup>.

1. Siguiendo los niveles presentados en el esquema de abajo a arriba, en primer lugar es necesaria la presencia de elementos en el sistema capaces de reportar cual es la situación de los procesos dentro del mismo y recolectar datos de una manera estructurada, como medidores de tensión eléctricos, tecnología RFID o elementos sensorizados acoplados a los aparatos industriales para la captación máquina-a-máquina. Mediante la integración de dichos sensores (por ejemplo de posición, peso, distancia, composición, color de piezas, de detección de fallos, temperatura, grado de humedad, etc....) es posible conocer a tiempo real el estado del sistema.
2. Es necesario que esos datos se encuentren accesibles y se encuentren optimizados para su propósito. Por ello, estos elementos encargados de captar el estado han de estar integrados en las distintas máquinas, facilitando de manera conjunta toda la información necesaria. Así mismo, son necesarios sistemas que verifiquen que se están tomando las medidas correctamente: no solo la toma de medidas y seguimiento de variables, sino el garantizar que estas son las correctas y que son recogidas por captadores correctamente calibrados y compatibles con el resto.
3. En un nivel superior, los datos de estado en cada punto de las cadenas han de ser compartidos y cotejados con el resto de elementos, gestionándose conjuntamente con una visión global sobre los mismos. Esta interconexión entre las máquinas y la transferencia de datos entre ellas es la aplicación en el ámbito industrial del conocido como Internet de las Cosas. Ello es necesario ya que una falta de visión conjunta se

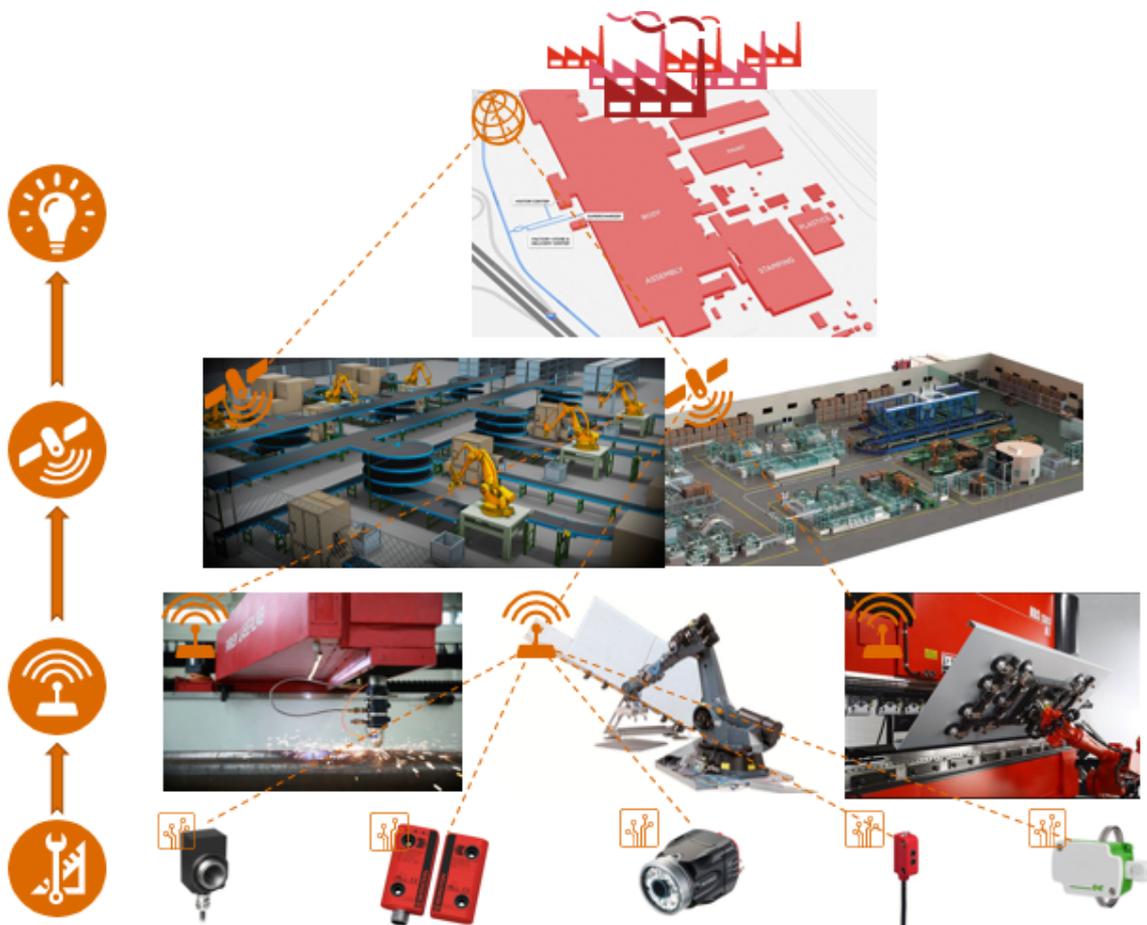
---

<sup>14</sup> Adaptación al ámbito industrial y particularización para las empresas del modelo de interconexiones planteado en SmartCities (Díaz-Plaza Sanz, 2015).

traduciría en la incapacidad de suministrar la solución óptima buscada en el siguiente nivel. Causas de ello serían por ejemplo redundancias entre los sistemas y sus requerimientos de recursos, aumento del presupuesto o mayores tiempos totales.

4. En una última capa es necesaria una dotación de inteligencia, encargada de la traducción de los datos en información y del entendimiento del funcionamiento del proceso conjunto. Es en dicha capa donde finalmente el Big Data es realmente implementado, evaluando y dando peso a los distintos inputs de información, coordinando a la vez los recursos y procesos implicados y realizándose la optimización conjunta del sistema.

### Niveles para llevar a cabo la analítica de datos



Fuente: Elaboración propia. Fuentes de donde han sido extraídas las imágenes individuales: (Direct Industry, 2016), (Zolfagharifard & Mark, 2016), (Javelin-Tech, 2016), (Tatatechnologies.com, 2015)

**Ilustración 21. Niveles presentes necesarios para implantar la analítica de datos. Realización propia.**

Dentro de la capa de inteligencia mencionada, donde se encuentra el análisis de la información de los procesos, existen distintos grados de análisis de la misma y sofisticación (Ver Ilustración 22).

## Niveles de sofisticación de la analítica

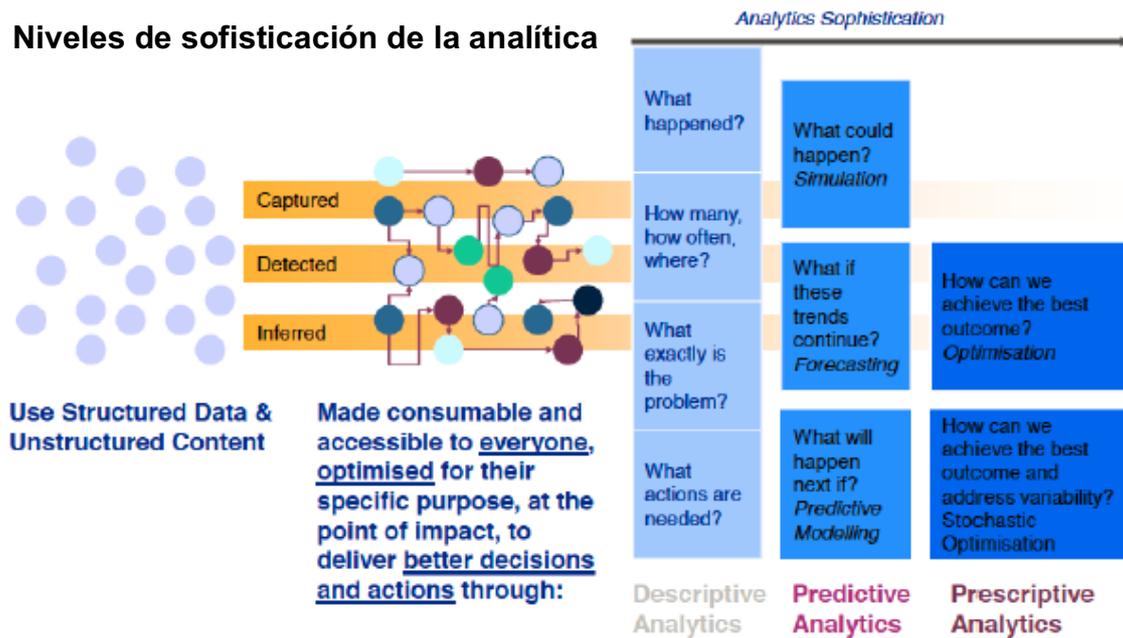


Ilustración 22. Toma de decisiones basada en la analítica. Fuente: (Díaz-Plaza Sanz, 2015)

En un nivel básico se encuentra la analítica descriptiva, encargada de reportar la situación existente: qué ha ocurrido, los problemas existentes, la frecuencia de los mismos, así como las medidas que han de llevarse a cabo para ello...

En un segundo nivel aparece el análisis predictivo, el cual simula situaciones potenciales a partir de dichos datos mediante simulación, como predecir qué podría ocurrir, el resultado de que una tendencia se prolongue o los potenciales resultados y escenarios ante distintas acciones posibles a tomar.

Finalmente se encuentra la Analítica prescriptiva, el máximo potencial para la toma de decisiones de la capa de inteligencia mencionada. Mediante esta analítica y una optimización estocástica, se es capaz de optimizar los sistemas. Es decir, de un modo no determinista donde las decisiones se basan en las acciones predecibles así como factores aleatorios. Es posible con ello observar entre los distintos escenarios modelados de un modo predictivo anteriormente el cómo se puede alcanzar el mejor resultado.



## 2. Importancia de la captación, análisis y uso de datos en la toma de decisiones.

La digitalización de las compañías, así como la gestión, análisis y uso de datos en la toma de decisiones dentro de las mismas es un tema ya destacado y enfatizado en la totalidad de la industria. Ello se debe a que dicha analítica de datos a gran escala o 'Big Data', se muestra como un prerequisite indispensable para la implementación con éxito de Industria 4.0. Es a día de hoy, por tanto, ya una parte importante dentro de la cultura de las empresas, dando un fuerte salto adicional de cara al 2020: se espera que el uso del Big Data en la toma de decisiones aumente su significación en un 25% de aquí a 5 años.<sup>15</sup>

Si bien la situación actual refleja una preocupación media en el uso del *Big Data*, su significación y relevancia, como se ha introducido, tiene una clara tendencia ascendente durante los próximos cinco años. El *Big Data* pasa a situarse en una posición de elevada/muy elevada importancia para la toma de decisiones dentro de las compañías, siendo considerado un elemento crítico y compartiendo esta visión más del 80% de las empresas (Ver Ilustración 23) tanto en España como a nivel global. "La fábrica 4.0 supondrá la puesta online de todos los procesos fabriles, con actuaciones inmediatas. Será la monitorización global, que se extenderá durante las 24h del día. Cualquier información física, como niveles de temperatura o colores, será digitalizada al instante. Y todo estará correlacionado" (Vadillo, 2016)<sup>16</sup>.

Importancia de la captación, análisis y uso de datos en la toma de decisiones dentro de las compañías



Mostrado: Porcentajes de compañías entrevistadas declarando elevados grados de digitalización e integración (4 o 5 en una escala desde 1 "muy bajo" a 5 "muy avanzado")

**Ilustración 23. Porcentaje de empresas percibiendo un nivel elevado de importancia en el uso del Big Data para la toma de decisiones, tanto en España como a nivel global**

<sup>15</sup> PwC Encuesta España Industria 4.0 2016. Pregunta: ¿Qué significación tiene la captación, análisis y empleo de datos en la toma de decisiones en su compañía? (Hoy y previsiones para dentro de 5 años)

<sup>16</sup> Antón Pradera. Presidente de CIE Automotiva. Jornada Jornada de la transformación de la economía digital, 09/03/2016.

Por otro lado, a pesar de percibir la importancia del *Big Data* y estar volcando esfuerzos en la introducción del mismo en sus procesos, a día de hoy todavía existen empresas que no se encuentran propiamente implementándolo. Un 8% de los encuestados admite encontrarse analizando datos en distintas áreas aisladamente, sin realmente llegar a considerarlo Big Data.

Existen perspectivas positivas y la tendencia en los próximos 5 años es una disminución de prácticamente la totalidad de empresas rezagadas en el tratamiento de datos y el uso de los mismos en la toma de decisiones, (las cuales suponen hoy en día una quinta parte del total industrial), aumentando su nivel de digitalización en este campo.<sup>15</sup>

El análisis efectivo de los datos captados en máquinas y sensores, y la posterior aplicación de los mismos en la toma de decisiones, permite una más rápida ejecución de las acciones. Ello posibilita una mejora en la seguridad operacional, en los procesos llevados a cabo, en el servicio ofrecido y en el mantenimiento necesario.

### 3. Áreas objeto de uso de Big Data.

De la muestra entrevistada, el 88% tienen claras las áreas en las que planean mejorar sus capacidades de análisis de aquí al 2020<sup>17</sup>. Dentro de dichas áreas de aplicación, se ve un desplazamiento en la priorización de las mismas durante los próximos 5 años (Ver Ilustración 24):

#### Áreas de uso del Big Data

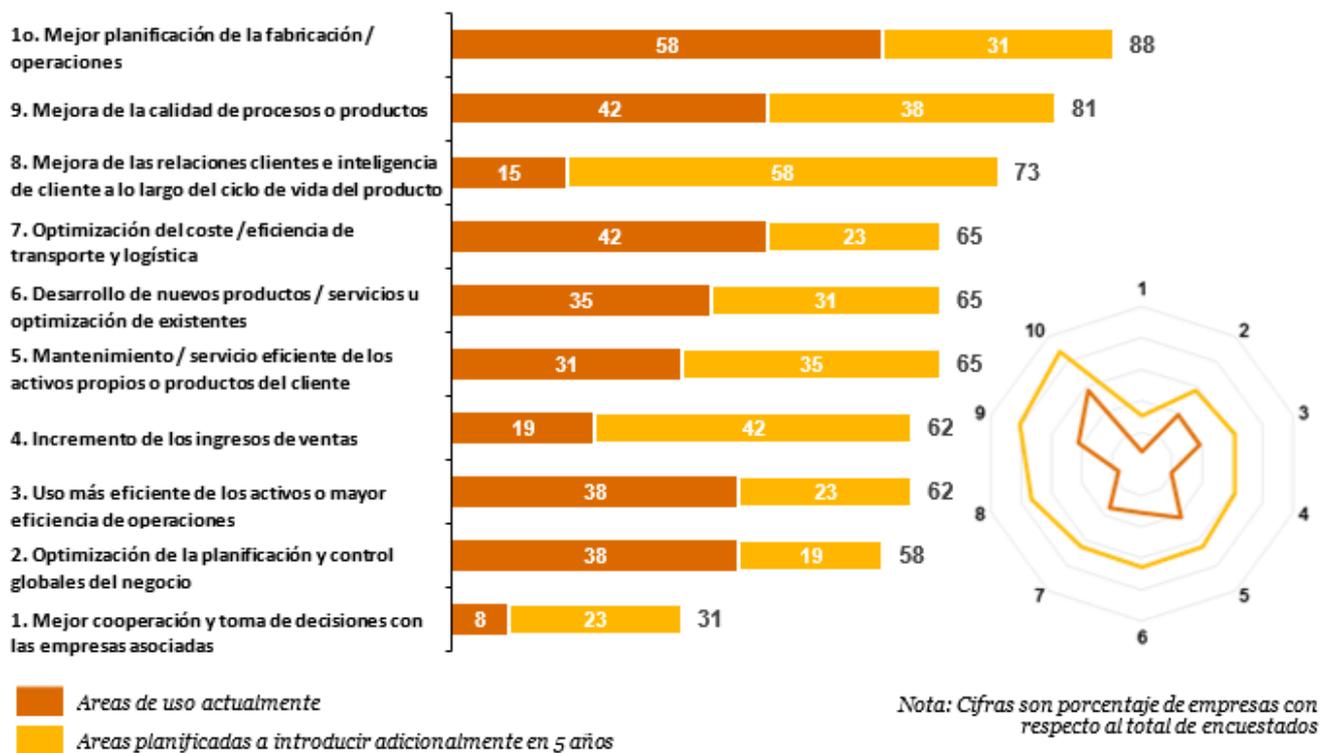


Ilustración 24. Áreas de uso de Big Data.

Actualmente los esfuerzos se encuentran más orientados hacia un conocimiento interno de la empresa, empleando el Big Data con la finalidad de mejorar la planificación y calidad de los procesos, operaciones y productos; así como la optimización de los costes y mejora de eficiencia de la logística y el transporte.

Las proyecciones para dentro de 5 años indican una transición del uso de datos, mirando ahora hacia afuera de la empresa. Los mayores cambios y esfuerzos se desarrollan en aumentar la comunicación y conectividad con el exterior, haciendo más participe al cliente en las actividades de las empresas.

Industria 4.0 comienza con el cliente más que terminar en él, satisfaciendo sus necesidades, cada vez más individuales, mediante el uso de procesos flexibles y

<sup>17</sup> PwC Encuesta España Industria 4.0 2016. Preguntas: ¿En qué áreas está usando el análisis de Big Data actualmente? | ¿En qué áreas adicionales usará su compañía analítica de datos en 5 años?

altamente integrados de operaciones que permitan alcanzar la máxima eficiencia y calidad.

El mayor crecimiento se encuentra en el empleo del Big Data con el fin de mejorar la relación con dichos clientes y la inteligencia de los mismos a lo largo del ciclo de producto, así como la búsqueda de su participación activa de un modo directo en generar un impacto en los ingresos.

Con el horizonte fijado en 2020 y estos nuevos esfuerzos tenidos en cuenta, se observa que las áreas de mayor empleo de tratamiento de datos son aquellas de cara a una mejora de los procesos y productos nuevamente. La mejora se busca tanto mediante un mayor uso de análisis de datos en la planificación como en la calidad de los mismos. Le sigue su uso en la ya mencionada mejora de relaciones con el exterior de las compañías.

Finalmente, el área de uso del Big Data con menor atención prestada se encuentra en las relaciones con las empresas colaboradoras. A día de hoy existe un escaso uso de la automatización y digitalización en el intercambio de información con los colaboradores para la toma conjunta de decisiones, y los esfuerzos futuros proyectados en mejorar dicha cooperación se perciben, del mismo modo, como una de las áreas de menor relevancia entre las presentadas.

## 4. Mayores retos en el uso del análisis de datos.

La implementación del análisis de datos supone un reto real en las organizaciones y, más que un reto tecnológico, se trata de la superación de barreras de comportamiento y aptitudes dentro de las empresas. Los mayores retos que se plantean a las compañías, (Ver Ilustración 25), son la falta de competencias y habilidades por parte de la mano de obra, así como la falta de metodologías y algoritmos a ser aplicados para ello. Ambos puntos son de preocupación para más de la mitad de los participantes.

### Mayores retos en relación con el uso de análisis de datos



Nota: Cifras en porcentajes; Hasta 3 posibles menciones

**Ilustración 25. Retos en la introducción del Big Data**

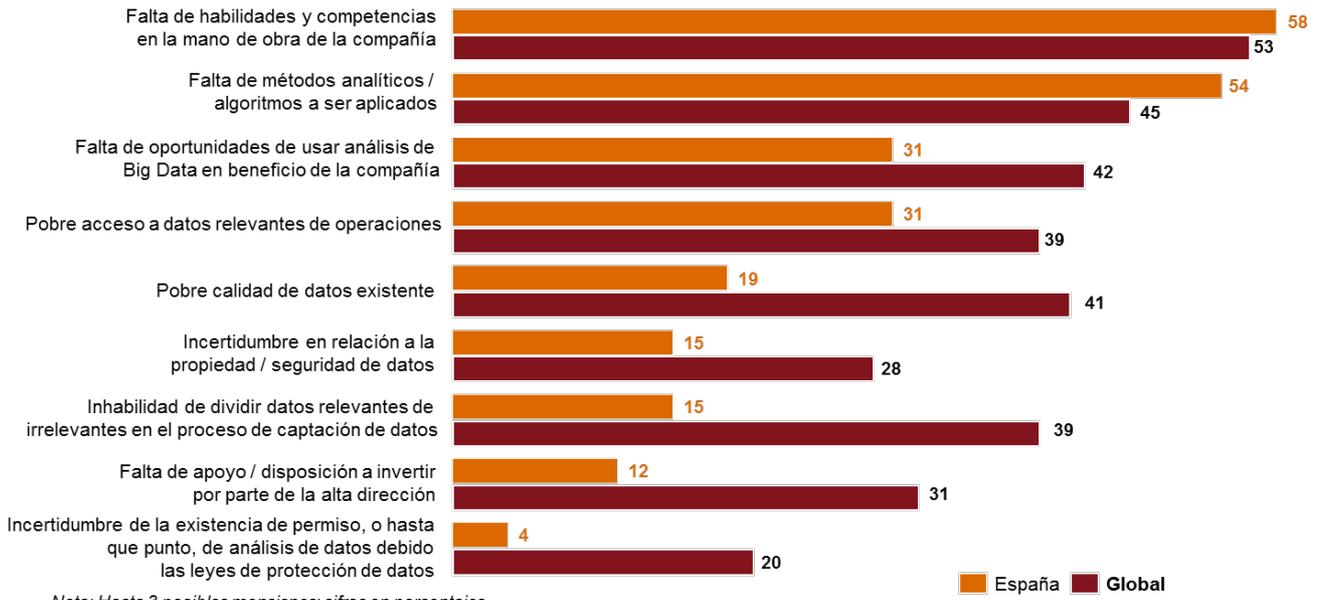
El escaso acceso a datos relevantes de las operaciones, junto con la falta de oportunidades para emplear el Big Data en beneficio de la compañía ocuparía el segundo escalón en materia de importancia, siendo asunto de preocupación de un tercio de los encuestados.

Finalmente nos encontramos con un pool de áreas que, aun sabiéndose necesarias de tener en cuenta, existe una menor percepción de desafío en las mismas. Estas áreas comprenden la baja calidad de los datos existentes, la incapacidad de sesgar los datos y seleccionar aquellos con verdadera importancia, la incertidumbre con respecto a la seguridad de los mismos, la falta de apoyo por parte de la dirección, así como el desconocimiento y falta de claridad de los límites legales en el uso de los mismos.

Si comparamos con la percepción a nivel mundial (Ver Ilustración 26), se ve que estos retos son algo percibido de un modo análogo, estando alineadas las preocupaciones y barreras existentes, especialmente con Europa. Bien es cierto que en términos generales existe una mayor preocupación y percepción de dificultad a nivel mundial que en España; y a pesar de tener una visión similar para los principales retos, existe una mayor preocupación en los retos secundarios, teniendo estos una mayor representación. Las mayores diferencias se encuentran en el grado de desafío percibido en la calidad de los datos captados y la posible inhabilidad de extraer dicha información de calidad y sesgarla de la información irrelevante.

Proyecto fin de master

### Retos en implementación del Big Data.



**Ilustración 26. Comparación de retos en España frente a media global**

## 5. Madurez, organización interna y mejoras planteadas en Big Data

Del mismo modo que con las capacidades de establecer operaciones digitales (pg. 55), ninguna firma se posiciona a día de hoy a la vanguardia en análisis de datos. Más bien, se tiene una visión de encontrarse en línea con la industria, en cierta medida relacionado con la organización que tiene esta área dentro de las compañías.

Se ha comenzado a desarrollar el análisis de datos dentro de las empresas, sin haberse alcanzado todavía una gestión optimizada de los mismos. Existe por tanto aquí un espacio para la mejora y el crecimiento.

El análisis y tratamiento de datos se encuentra sobre todo embebido por funciones específicas, (como el desarrollo de productos, operaciones o ventas), o incluso analizado de manera selectiva por ciertos empleados, sin existir departamentos específicos para su procesamiento y análisis para la totalidad de la firma de manera conjunta (Ver Ilustración 27). Estos departamentos dedicados representan el modo de organización de estas funciones más completo. Mediante un centro de control global que dé servicio a toda la compañía y sus múltiples funciones es posible una visión integradora de todo lo que está pasando en la misma. Esta visión global permite un mayor control de los procesos y una mayor optimización de la actividad de las empresas en función de las situaciones particulares de los distintos departamentos.

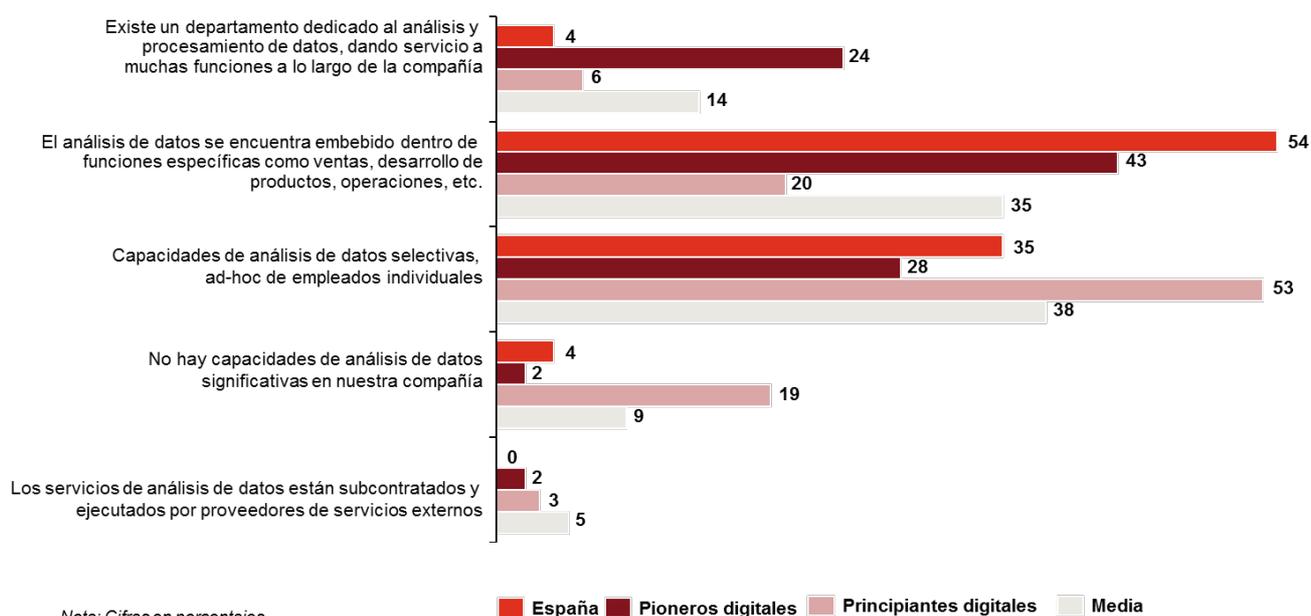


Ilustración 27. Organización del análisis de datos dentro de las compañías

De modo similar a los retos que presenta la digitalización (pg. 73), pueden sacarse conclusiones comparando España con la media mundial en nivel de madurez y organización de las capacidades de análisis. Realizando dicha

comparación (Ver Ilustración 28), nos encontramos que mundialmente existe un mayor porcentaje de empresas que ya cuentan con departamentos dedicados para el análisis de datos, encontrándose España rezagada. Por otro lado, también existe un menor porcentaje de compañías que no cuentan con capacidades significativas que en la media global, situándose España adelantada con respecto a la misma. Una vez acotada la situación española entre los outliers (tanto avanzados como rezagados), existe un mayor peso de departamentos y funciones específicas (como compras o ventas) que de empleados individuales encargados de llevar a cabo el Big Data. Ello sitúa España un escalón más arriba en capacidades de análisis que la media en términos de organización.

### Organización de las capacidades de análisis en las compañías



#### Ilustración 28. Organización de capacidades analíticas en las empresas

Resulta también relevante la distinción entre pioneros y principiantes digitales<sup>18</sup>, donde se verifica una mayor presencia de departamentos dedicados entre los pioneros con respecto a la media. Por el contrario los principiantes se presentan como los responsables de la mayoría de empresas indicando la falta de capacidades digitales de análisis o la realización de las mismas de manera ad-hoc por empleados individualmente. España aparece catalogada entre las 2 categorías, realizando, como se ha introducido, un aporte más moderado que ambos para cada uno de los extremos.

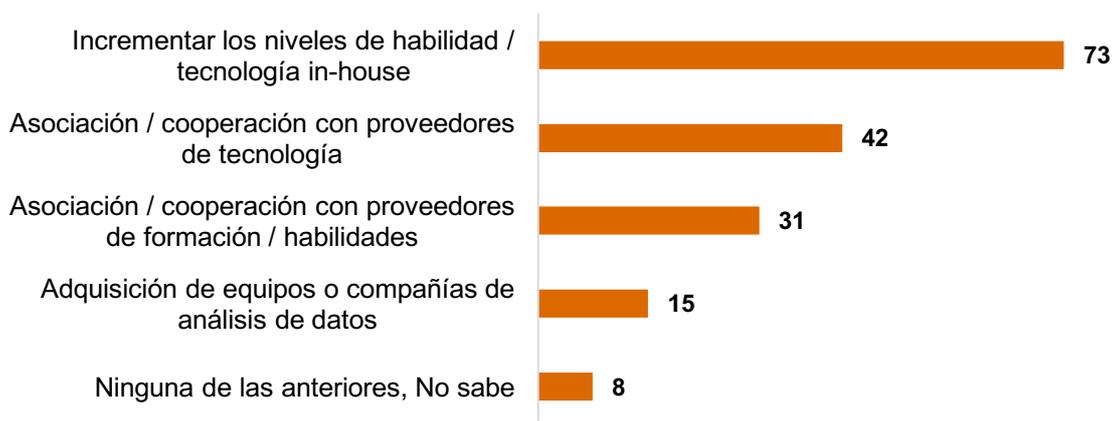
<sup>18</sup> Pionero digitales: Participantes autocalificados como maduros digitalmente que adicionalmente están planeando invertir en ello o ya han invertido fuertemente

Principiantes digitales: Aquellos autocalificados como retrasados digitalmente

Vista la situación existente y tendencia marcada por los pioneros digitales, es necesario que las empresas desarrollen o adquieran unas mayores capacidades propias de análisis de datos. Dichas capacidades han de desarrollarse como una competencia interna principal y sin confiar dicha tarea a proveedores externos: el desarrollo de capacidades in-house se presenta como una ventaja competitiva en el futuro. Prácticamente tres cuartas partes de los encuestados planean mejorar estas capacidades internamente en el futuro (Ver Ilustración 29).

La necesidad de este desarrollo interno de capacidades es debido a la necesidad de que la propiedad intelectual permanezca in-house. Sin embargo, sí que existe la posibilidad de tercerizar trabajo rutinario que permita aumentar las capacidades a la vez que cubrir espacios y necesidades que vayan surgiendo. En consecuencia, la tercerización y outsourcing de estos servicios, y la asociación con empresas especializadas y proveedores de tecnología sí que son consideradas de modo complementario al desarrollo interno en un futuro.

### Mejoras planteadas de capacidades de análisis de datos en el futuro



Nota: Cifras en porcentajes. Múltiple respuesta posible

**Ilustración 29. Mejoras planificadas en capacidades de análisis**



## 6. Plataformas para la gestión del Big Data

En relación a su panorama TI, las plataformas de análisis de Big Data varían en cuanto a cual se presenta como la más adecuada para cada compañía.

La solución más acogida para la gestión de los datos, por más de la mitad de las empresas (Ver Ilustración 30), son las soluciones basadas en ERP, dada su elevada capacidad de mayor extracción de información en tiempo real de los mismos.

### Soluciones empleadas por las compañías para el análisis de datos



Ilustración 30. Soluciones preferidas por las empresas para el análisis de datos



## 7. Beneficios esperados debido al Big Data

El Big Data se presenta como el motor de la Industria 4.0: analizar los datos, crear los algoritmos necesarios y crear los modelos para la mejora del negocio. Obtener valor de los datos extraídos muchas veces significa usarlos para guiar decisiones estratégicas, como emplearlos para decidir si colaborar o no con competidores o para decidir cómo hacer crecer el negocio.

En las operaciones de las compañías, estas no deben hacerlo de un modo aislado para cada tarea, ya que los distintos dominios y áreas interactúan entre sí. Por poner un ejemplo, existe una relación entre la evolución de los precios a los que se es capaz de adquirir las materias primas a lo largo del tiempo (gestionado típicamente desde un departamento de compras), el coste del nivel de almacenamiento e inventario de las mismas (gestionado normalmente desde la planta) o las previsiones de ventas (desde dicho departamento). Los cambios en las condiciones de uno de los departamentos o la variación en, por ejemplo, sus costes condicionan las decisiones óptimas del total de la compañía y las acciones a llevar a cabo por el resto. Mediante el correcto tratamiento y análisis de datos dicha información puede ser gestionada de un modo más completo y llevarse a cabo acciones de adaptación a la nueva situación de un modo efectivo y más rápido. Los dominios interactúan entre sí. No se puede estar enfocado en un solo problema, sino que es necesaria una visión global.

Por ello, los principales beneficios que se esperan en el uso de Big Data y el tratamiento de datos se encuentran en las ganancias de eficiencia, esperándose unos beneficios adicionales del 8,4% de media<sup>19</sup>. Dentro de dichas ganancias de eficiencia se encuentran aspectos como una mayor utilización de los activos y aprovechamiento de los mismos, comentado en el párrafo anterior, o una mayor calidad en la producción. Un ejemplo de cómo lograr esta ganancia de eficiencia esperada debido al Big Data se encuentra en las bases de datos unificadas. Dichas bases de datos se crearán a raíz de la evolución y digitalización, lo cual favorece a las cadenas de suministro, resolviendo problemas como el ilustrado en el párrafo anterior. Esta unificación mejorará las cadenas volviéndolas más transparentes y más eficientes en cada uno de sus estados desde las necesidades particulares del cliente hasta la entrega final.

Otra área donde captar beneficios debidos al Big Data son los procesos logísticos, (tanto de entrada como de salida). Mediante la integración de las distintas tecnologías, el establecimiento de sistemas logísticos flexibles, nuevos modelos de almacenamiento y distribución; y la interconexión de todo ello, es decir, el establecimiento de redes logísticas inteligentes (*Smart Supply Chains*) permitirá beneficios adicionales y el aumento de la competitividad.

---

<sup>19</sup> *Pregunta Estudio I4.0: ¿Qué beneficio acumulado de la analítica de datos espera en los próximos 5 años?*

A ello hay que sumar el 8% adicional que se espera debido al aumento de ventas como consecuencia del fomento de la inteligencia del cliente en el proceso y una mayor particularización de los productos y servicios.

# 4

---

## *Modo de implantación, perfil de las compañías y metodología*



## 1. Modo de implantación

### *Quién ha de encargarse de la transformación digital*

Como se ha introducido, Industria 4.0 no es un tema de tecnología y soluciones puntuales, sino un tema de negocio para las compañías. Es por ello que generalmente son los CEOs y COOs los perfiles con una mayor visión y conocimiento en dicho ámbito. Según el estudio publicado por PwC en Septiembre de 2015 '*Global Digital IQ Survey*', (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015), la participación del CEO como líder de la transformación digital ha ido aumentando desde un 57% en 2013 hasta un 73% en 2015. Por ello, son considerados los interlocutores idóneos en este ámbito y se centra en ellos la participación en el estudio.

Adicionalmente, debido a la creación de nuevos responsables y departamentos en las organizaciones para dirigir la digitalización, como el *Chief Digital Officer* (CDO), el papel de los CIOs está fragmentándose en ámbitos de digitalización (Pwc, 2015). La involucración de los mismos, tanto del CIO como del CDO, así como el compromiso del resto de la directiva (CFO, COO...) en la transformación digital liderada por el CEO son algunos de los indicadores de éxito en dicho proceso de transformación. En este ámbito, España se encuentra mejor posicionada que la media (Fernández, 2015).

Obviamente, la implementación de la digitalización en, por ejemplo, la integración y mayor colaboración de las cadenas de valor horizontales, o en un mayor acceso a los clientes, está también relacionada con las capacidades y habilidades humanas y el cómo usa las mismas. Además, estas colaboraciones también están constituidas por una combinación de patrones y estrategias. Por ello, a pesar de tener una jerarquización clara y ser necesario el liderazgo del CEO en la transformación digital para la correcta implementación, la organización ha de trabajar de un modo unificado, coordinando las distintas áreas y departamentos, niveles jerárquicos y, sobre todo, personas.

Dicho ello, tres cuartas partes de los entrevistados tienen posiciones de ejecutivos de dirección dentro de sus compañías (Ver Ilustración 31), capaces de reflejar la visión estratégica existente en las empresas.



Ilustración 31. Cargo de entrevistados

## Cuál es el esquema a seguir para la implantación

Como se ha introducido, es necesario conocer los requerimientos funcionales que han de existir. Por ello, ha de definirse el modelo de empresa “to be”, ver donde te encuentras realmente ahora mismo y cómo vas a llegar a esa meta definida. Es necesario tener una visión del marco de tiempo completo y no mirar únicamente hacia el corto plazo inmediato.

Dentro de ese cómo llegar, existen infinidad de itinerarios y es importante analizar el óptimo. Por ejemplo, si cuentas en la actualidad con un centro de control inteligente, como sería un SCADA, con alta probabilidad no te interese tirarlo dado su buen funcionamiento ante faltas, por ejemplo, pero vas a conectar sobre el mismo los distintos sistemas específicos muy especializados y capaces para tener una visión común más completa y dinamizada (Díaz-Plaza Sanz, 2015). La llegada al “estado del arte”, e implantación de Industria 4.0 en las empresas es, por tanto, un proceso que ha de desarrollarse a medida para cada empresa.

La palabra clave en esta transformación es “integración”. No existen intereses concretos individuales, sino una visión global. Como se ha introducido, una empresa constituye un sistema a su vez estructurado por otros subsistemas. Han

de controlarse bien todos los procesos para poder ponerlos en común e integrarlos entre sí. Del mismo modo, como sistema, se trata de una entidad dinámica, que debe ser mantenida de un modo continuo, sin descuidar los nuevos procedimientos y retos digitales, como la Ciberseguridad.



## 2. Perfil de las compañías

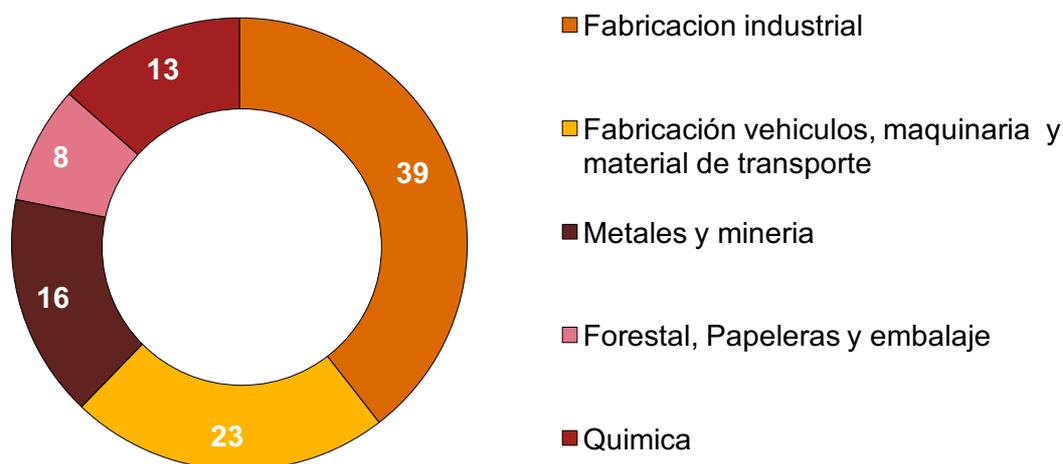
Con respecto a las empresas en las que se ha centrado el estudio, se ha buscado la heterogeneidad y diversidad industrial, tanto a nivel de facturación como en diversidad de sectores y regiones, garantizando una foto que plasme la realidad existente de la industria actual en España.

### Sectores incluidos en el estudio

El estudio se ha centrado en las industrias con una producción vinculada. No se han considerado sectores relacionados con servicios y sin una producción asociada, al encontrarse en una posición más tangencial al término de Industria 4.0.

Para el grado de representación de los sectores involucrados, de cara a la selección de la muestra de participación, se han buscado las empresas tomando como referencia los últimos datos publicados (2011) del VAB industrial (Valor Añadido Bruto), indicador que representa “*el valor económico generado por una unidad productiva y se obtiene como saldo de la cuenta de producción*” (Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2009), ofreciendo una foto con una distribución de sectores representante de la industria Española. (Ver Ilustración 32).

#### Valor añadido bruto por sectores en España



Nota: Cifras en porcentajes

**Ilustración 32. Porcentajes relativos de los sectores indicados en términos de aportación al VAB.**  
Fuente: Elaboración propia con datos del INE. Metodología y fuente de datos indicadas a continuación.

Los sectores y valores de los mismos que aparecen en el gráfico son agrupación de los siguientes sectores clasificados por el INE (INE, 2011):

- Fabricación Industrial: *Fabricación de muebles, otras industrias manufactureras y reparación e instalación de maquinaria y equipo; Fabricación de productos de caucho y plásticos y de otros productos minerales no metálicos; Industria de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco*
- Fabricación vehículos, maquinaria y material de transporte: *Fabricación de material de transporte, Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos, fabricación de material y equipo eléctrico, fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.*
- Metales y minería: *Metalurgia y fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo.*
- Forestal, Papeleras y embalaje: *Industria de la madera y del corcho, industria del papel y artes gráficas.*
- Química: *Coquerías y refino de petróleo, industria química, fabricación de productos farmacéuticos.*

Con la referencia de las aportaciones al VAB anteriores, la distribución de la muestra del estudio queda de la siguiente manera:



Nota: Cifras en porcentajes

**Ilustración 33. Porcentaje de empresas incluidas en los distintos sectores**

## Regiones incluidas en el estudio

Empleando nuevamente el VAB industrial como referencia, se ha buscado la diversidad de empresas en términos de localización, conformando una muestra que explicase la situación y visión existentes en las distintas regiones Españolas en proporción a su aportación de valor a la industria. Con ello se ha evitado centrarse simplemente en las 2 regiones con mayor volumen de concentración

Proyecto fin de master

de empresas y mayor aportación al PIB en términos generales (Madrid y Barcelona). (Expansión | Datosmacro.com, 2015).

Los datos del VAB industrial empleados (Ver Ilustración 34. Aportación al VAB industrial de las distintas CCAA en 2009. Fuente: Elaboración propia con los datos del Gobierno de España Ilustración 34) datan del 2009, siendo los últimos publicados de manera oficial en la página del gobierno (Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2009).

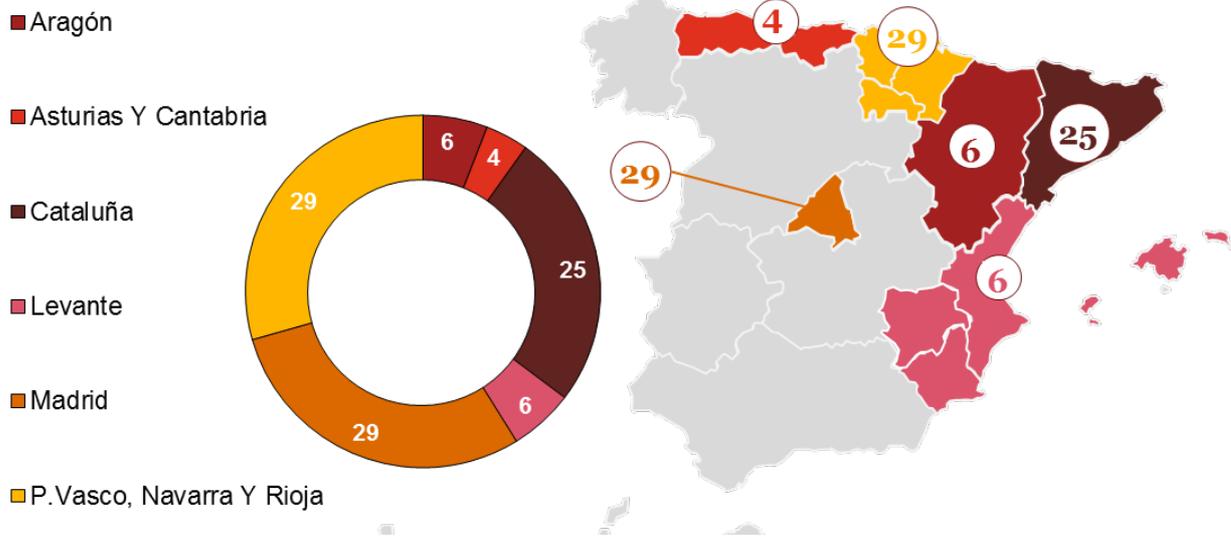
### Aportación al VAB industrial por CCAA



**Ilustración 34. Aportación al VAB industrial de las distintas CCAA en 2009. Fuente: Elaboración propia con los datos del Gobierno de España citados arriba.**

Con ello, la muestra target final de empresas sobre las que realizar el estudio queda de la siguiente manera (Ver Ilustración 35). Es importante destacar que en ella se está representando a las empresas ubicándolas donde se encuentra su principal sede en España, existiendo en la mayoría de casos más de una sede de producción. Adicionalmente, de cara a la selección de empresas para la confección de la muestra final, se han desestimado las comunidades con una aportación mínima al VAB industrial (como Canarias y Extremadura, en torno al 1%)

### Localización de empresas a las que se les ha lanzado el estudio



Nota: Cifras en porcentajes. Estas cifras representan aquellos que han dado confirmación de interés en participar en el estudio.

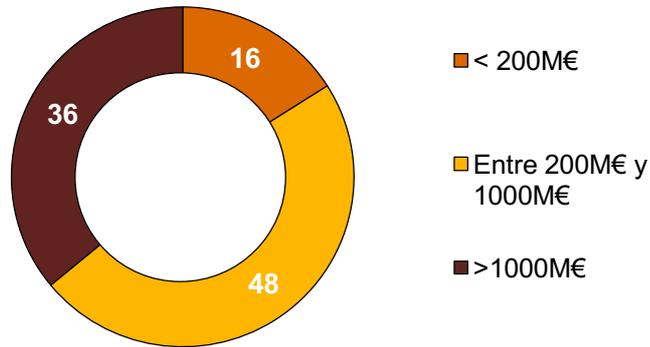
Ilustración 35. Muestra de participantes iniciales en el estudio<sup>20</sup>

### Tamaño de las empresas incluidas en el estudio

De modo análogo, en la segmentación realizada se ha buscado una representación significativa de todo el abanico de grandes empresas a nivel de facturación y número de empleados en España.

<sup>20</sup> Dada la anonimidad de las respuestas obtenidas y habiendo algunas de dichas empresas que finalmente no han participado, los pesos finales pueden variar en cierta medida respecto a estos porcentajes.

### Ingresos brutos de las compañías del estudio



Nota: Cifras en porcentajes

Ilustración 36. Volumen de ingresos de las compañías

Así mismo, la distribución existente en volumen de empleados queda de la siguiente manera:

### Número de empleados en las compañías

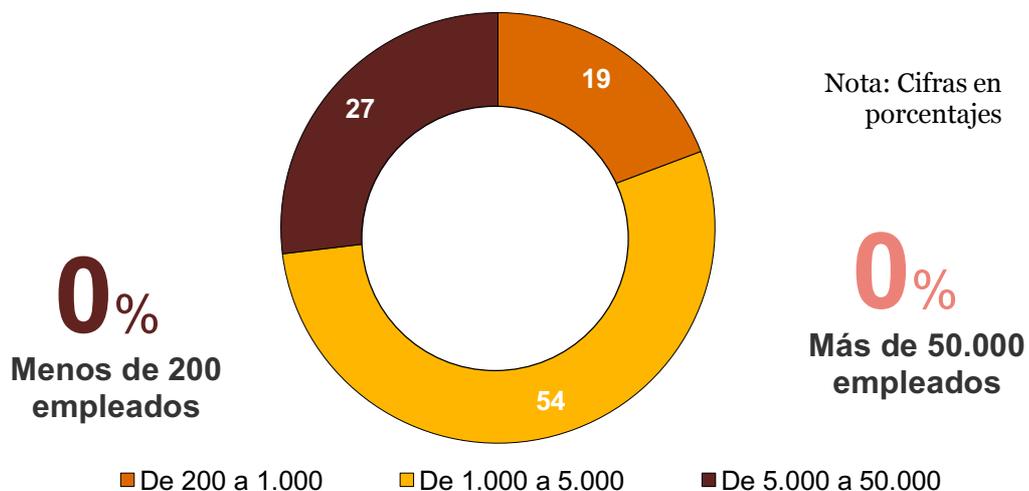


Ilustración 37. Volumen de plantilla de las compañías

Es importante destacar que, como se ha introducido, el target del estudio son las grandes empresas, con mayores capacidades y recursos para gestionar una transformación digital e integrarla de una manera efectiva entre sus distintas áreas. A pesar de existir cabida para las PYMES dentro de los rangos definidos, las cuales comprenden aquellas empresas con menos de 250 trabajadores en

volumen de UTA<sup>21</sup> y volumen de negocio menor a 50 millones de euros (Comisión Europea, 2006), estas no han sido incluidas en el estudio.

---

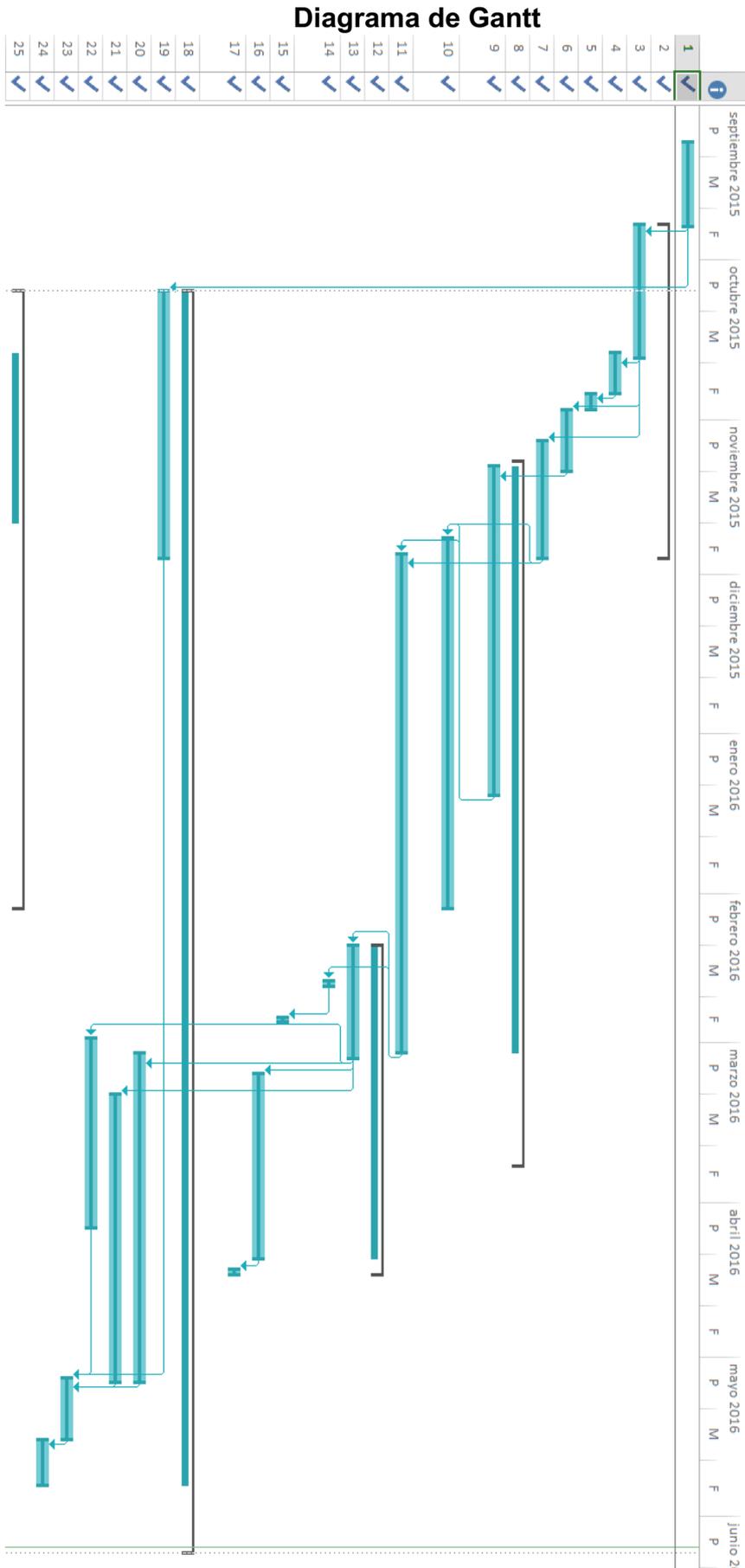
<sup>21</sup> *UTA: Unidades de Trabajo Anual*

### 3. Metodología

#### Cronograma

A continuación se muestra el esquema del cronograma seguido durante el proyecto:

Tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	Documentación proyectos anteriores	12 días	mar 08/09/15	jue 24/09/15	
2	<b>Enfoque y dimensionamiento del estudio</b>	<b>47 días</b>	<b>jue 24/09/15</b>	<b>vie 27/11/15</b>	
3	Selección Empresas y estudio de variables	18 días	jue 24/09/15	lun 19/10/15	1
4	Presentaciones internas	6 días	lun 19/10/15	lun 26/10/15	3
5	Reestructuración Empresas	3 días	mar 27/10/15	jue 29/10/15	4
6	Cambios en presentación y elaboración Dossiers GRPs	8 días	vie 30/10/15	mar 10/11/15	3
7	Elaboración Encuesta Online I4.0	17 días	jue 05/11/15	vie 27/11/15	3
8	<b>Lanzamiento del estudio</b>	<b>89 días</b>	<b>lun 09/11/15</b>	<b>jue 24/03/16</b>	
9	Presentación a GRPs y confirmación de participación de clientes	36 días	mar 10/11/15	mar 12/01/16	6
10	Lanzamiento Encuestas a CEOs y empresas participantes	42 días	mar 24/11/15	mié 03/02/16	7;9
11	Entrevistas y recopilación de resultados	59 días	vie 27/11/15	mié 02/03/16	9;7
12	<b>Informe España I4.0</b>	<b>46 días</b>	<b>jue 11/02/16</b>	<b>jue 14/04/16</b>	
13	Análisis y valoración de resultados	16 días	jue 11/02/16	jue 03/03/16	11
14	Envío de resultados a Alemania para colaboración en estudio global	1 día	jue 18/02/16	jue 18/02/16	11
15	Feedback de Alemania y alineamiento con iniciativa global	1 día	jue 25/02/16	jue 25/02/16	14
16	Preparación de presentaciones I4.0 España	26 días	lun 07/03/16	lun 11/04/16	13
17	Presentación del estudio global en Hannover Messe 2016 World of Technology	1 día	jue 14/04/16	jue 14/04/16	16
18	<b>Redacción informe I4.0 España</b>	<b>165 días</b>	<b>mié 07/10/15</b>	<b>mar 07/06/16</b>	
19	Introducción: Estado del arte, enfoque...	38 días	mié 07/10/15	vie 27/11/15	1
20	Tecnologías Industria 4.0	46 días	jue 03/03/16	jue 05/05/16	13
21	Big Data	40 días	vie 11/03/16	jue 05/05/16	13
22	Perfil compañías	27 días	lun 29/02/16	mar 05/04/16	13
23	Conclusiones	8 días	jue 05/05/16	lun 16/05/16	19;20;21;22
24	Metodología	7 días	mar 17/05/16	mié 25/05/16	23
25	<b>Presentaciones sectores Individuales</b>	<b>76 días</b>	<b>mié 07/10/15</b>	<b>mié 03/02/16</b>	



Proyecto fin de master

## *Enfoque y dimensionamiento del estudio*

El punto de partida del proyecto fue la documentación a cerca del tema, como se ha introducido. A pesar de estarse convirtiendo en una realidad, Industria 4.0 es un tema que está todavía comenzando hoy en día. Por ello, lo primero de cara a la realización del proyecto fue informarse acerca de qué es I4.0 y la digitalización Industrial. Así mismo, la iniciativa global proviene desde Alemania, desde donde se había movilizadado el tema desde su origen en 2014, por ello, una documentación interna a cerca de las iniciativas ya desarrolladas por la firma y ver en qué consistían los estudios previamente realizados fue también necesaria.

En relación a los temas a tratar en el estudio, se ha seguido la línea del estudio de 2014 presentado en Alemania, observando en este caso la situación en España. Las principales diferencias se encuentran en el mayor énfasis realizado en el Big Data en este segundo estudio. Se ha querido recalcar a los mismos dentro de Industria 4.0 y observar su situación al ser considerados un área indispensable para llevar a cabo la digitalización. Así mismo, los temas tratados se han estandarizado con el resto de países permitiendo ello la posterior unificación de todos en el estudio global que se está publicando paralelamente.

Una vez orientado el tema y los objetivos que se perseguían en el proyecto, era necesario dimensionar el mismo y ver qué target de empresas se iba a perseguir. El estudio está enfocado hacia las empresas del sector industrial, es decir, que tengan integrada un área de producción, como por ejemplo automoción, siderúrgica, papeleras, etc. como se detallado en el apartado “*Sectores incluidos en el estudio*”. Se han dejado de lado por tanto sectores como la banca, logística u otros pertenecientes al sector servicios. Toda esta información de las empresas se ha recopilado en una base de datos para la posterior selección.

Se ha perseguido que la muestra fuera suficientemente grande como para ser representativa de la situación de la industria en España, tanto a nivel de los sectores mencionados, de volumen, como de regiones. Para ello, se han iterado las composiciones de empresas incluidas hasta lograr una composición deseada. Dado el target al que se pretendía llegar en cada una de dichas empresas (apartado “*Quién ha de encargarse de la transformación digital*”), se ha introducido internamente en PwC el estudio a los respectivos contactos de cada una de las firmas, pidiendo su colaboración para la presentación del estudio a los C-Level o miembros del equipo de dirección de las mismas. Una vez dada la conformidad por parte de los responsables y mostrado interés en la participación, han sido incluidos en el estudio para participar por una de las distintas vías posibles. Así mismo, en el caso de que las empresas mostraran su disconformidad de cara a colaborar en el estudio, se fue reponiendo la muestra con nuevas firmas que cumpliesen los mismos requisitos.

Según el grado de interés mostrado en el estudio, se ha procedido a buscar su participación a través de una de las vías mencionadas: bien mediante encuestas de evaluación donde pudieran dar su visión y plasmar su situación y previsiones, o bien mediante entrevistas de forma presencial para aquellos

mostrando mayor preocupación, pudiendo profundizar en mayor medida. La recogida final de resultados se ha realizado mediante el software Qualtrics (Ver Ilustración 38), convergiendo en el mismo tanto las respuestas de autoevaluación, como las realizadas de forma presencial.

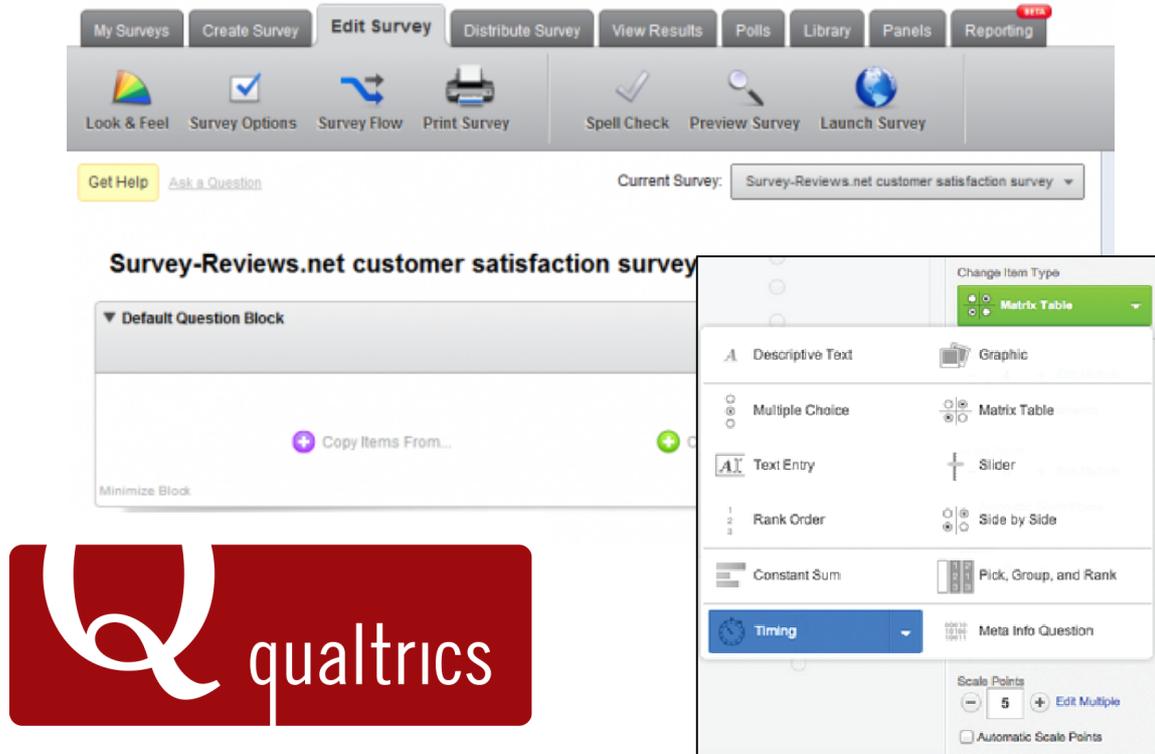


Ilustración 38. Capturas de Qualtrics, software empleado para el envío de encuestas y captación de resultados. Fuente: (Qualtrics, 2016)

## Informe España

Conforme se iban recibiendo los resultados, estos eran recopilados y unificados mediante distintas tablas dinámicas de Excel. A través de las mismas se han observado las tendencias existentes y realizado el primer análisis de la información recibida.

Una vez captados todos los datos, estos fueron también reenviados a Alemania para permitir su análisis análogo de modo global junto al resto de países, realizado por *PwC-Alemania* junto con *TNS Emnid*. Con el feedback recibido de la situación global se procedió a realizar un análisis de comparativa, no solo destacando la situación en España sino también su nivel de desarrollo en comparación con el resto de países, observando las discrepancias existentes, así como aquellas líneas de tendencia seguidas de la misma manera por ambos grupos. Con respecto al estudio global (Geissbauer, Vedso, & Schrauf, 2016), a mediados de abril de este año fue presentado en Alemania, durante la Feria de Hannover, *Hannover Messe 2016*.



Ilustración 39. Feria donde se ha presentado el estudio global. Fuente: (Hannover Messe, 2016)

La presentación de la iniciativa Española (PwC, 2016) fue lanzada una nota de prensa desde PwC el 11/05/2016, apareciendo entre otros en los siguientes medios: *Expansión* (Expansión, 2016), *La Información* (La Información, 2016), *ABC* (ABC, 2016), *El Confidencial* (El Confidencial, 2016), *El Economista* (El Economista, 2016) e *Invertia* (Invertia, 2016).

Paralelamente, se ha colaborado con otros temas de Industria 4.0 en PwC para distintos sectores, ajenos al estudio en cuestión, así como la documentación de otros estudios llevados a cabo<sup>22</sup>, y la asistencia a mesas redondas y ponencias sobre la digitalización e Industria 4.0, obteniéndose información de soporte y opiniones de otros pioneros y expertos en el área, (como se han ido citando a lo largo del documento), para dar soporte a la situación visualizada así como reforzar las conclusiones del estudio.

Finalmente, y con estas nuevas aportaciones ya con un fin académico, se pasó a redactar el documento en un formato para su presentación en la Universidad.

---

<sup>22</sup> Estudios empleados desarrollados por PwC o en los que ha participado anteriormente: (Cruz Vega, y otros, 2015) (Curran, PwC, 2014 *Digital IQ Survey*, 2014) (Curran, Puthiyamadam, Sviokla, & Verweij, 2015) (PwC, 2015) (Koch, Geissbauer, Schrauf, & Kuge, 2014).



# 5

---

## *Conclusiones*



## 1. Conclusiones sobre los resultados

En primer lugar, a día de hoy se observa una preocupación real hacia la digitalización de las empresas. Se trata de un tema de interés para la industria y las empresas se encuentran ya volcando esfuerzos en ello. La industrialización 4.0 toma por tanto un papel fundamental, ya que a través de ella se va a poder alcanzar una mayor productividad. Las compañías en esencia son sistemas consistentes de otros sistemas, y todos ellos han de trabajar correctamente. Dicho ello, la mayoría de factores de fricción existentes entre los mismos pueden ser mitigados mediante tecnologías de digitalización. La razón de dichos esfuerzos, intereses mostrados e inversiones a realizar; son las previsiones favorables proyectadas en la implantación de la Industria 4.0, ya que las mejoras de productividad indicadas van a ir acompañadas de una generación de beneficios adicionales y permitir la optimización y reducción de costes de las compañías.

En cuanto al donde centrar los esfuerzos, se ve un mayor énfasis en torno a las personas que en torno a la tecnología. Como se ha analizado, la tecnología se presenta en la mayoría de los casos como una commodity, siendo la falta de cultura digital, la necesaria formación de personal y el la garantía del apoyo necesario por parte de la alta dirección los principales retos a los que hacer frente. Adicionalmente, en relación a las preocupaciones derivadas de la digitalización, destaca lo relacionado con la Ciberseguridad, siendo necesario prestar atención a la misma con el fin de evitar interrupciones operacionales, extracciones no autorizadas de datos u otras potenciales situaciones no deseadas relacionadas con la gestión indebida de los mismos. Dentro de las áreas donde implantar la tecnología, existe una especial preocupación y necesidad de conectar horizontalmente las cadenas de valor, orientando las mismas más hacia el cliente y permitiendo al mismo participar en los procesos de una manera más activa.

Adentrándose en las ramas y herramientas ofrecidas por la Industria 4.0, se observa que el control y correcta gestión del Big Data es un requisito indispensable para su implantación. Además, mediante este análisis de datos se estiman unos beneficios adicionales, proyectando nuevos ingresos y reducciones de costes. Destaca el hecho de que el análisis de datos se ve como una competencia *Core* que han de tener las empresas, es decir, la gestión de los mismos ha de llevarse a cabo sin tercerizar ni externacionalizar. En línea con esa necesidad de ser una competencia in-house, se observa una necesidad de no solo realizar esa gestión internamente, sino de llevarla a cabo de un modo global dentro de las firmas. Existe una tendencia hacia su gestión en departamentos dedicados para ello donde poder tener una visión conjunta de la compañía en vez de puntualmente en cada máquina o subproceso.

Con respecto al posicionamiento de las empresas que conforman los distintos sectores, el grueso de la muestra se mantiene en línea con la industria, aprendiendo de los First-Movers o pioneros y tomando acción rápidamente. Sin embargo, un cuarto de las empresas se encuentran en una posición rezagada. Cuanto más tarden en movilizarse las empresas, más difícil resultara su

incorporación al tren de la digitalización. Es por ello que dichas empresas incurren en un riesgo de no poderse sumar a esta transformación. Comparando España con la media mundial, España se encuentra en una posición rezagada respecto a la media: en España actualmente un 8% se consideran pioneras en términos de digitalización y en una posición avanzada, frente al 33% mundial. Sin embargo, la tendencia existente es similar en ambas muestras, existiendo una misma percepción sobre la fuerte relevancia y peso que va a tomar la digitalización en los modelos de negocio y actividades de las compañías.



---

## **2. Conclusiones sobre la metodología**

Como se ha dicho, adicionalmente a plasmar una foto de la situación existente en España, se ha realizado una comparación de la situación española y dicha foto frente a la media global. Dicho análisis se justifica por considerar de gran relevancia no solo explicar la situación existente a nivel nacional, sino la posición de la misma frente al resto de regiones.

El estudio global frente al que se hacen las comparativas, (el cual incluye la situación española dentro de su análisis), está realizado sobre 27 países con una muestra de más de 2.000 empresas. Para la comparación con las empresas pioneras<sup>23</sup>, se ha realizado la comparación con las mismas a nivel global, consistiendo en una muestra más fiable y real que la que supondría realizar dicho sesgo en España.

---

<sup>23</sup> Definidas previamente como aquellas empresas que, ya dentro de las auto-catalogadas como maduras digitalmente, se encuentran invirtiendo fuertemente en soluciones digitales o están planeándolo.



### 3. Recomendaciones para futuros estudios

Industria 4.0 es un término que empieza a ser, ya no altamente conocido, sino una realidad como se viene diciendo dentro del sector industrial. Dentro del mismo, y como se ha mencionado en el apartado “*Iniciativas existentes en Industria 4.0 en España*”, incluso desde antes de su concepción, se ha comenzado a indagar en las distintas áreas que lo comprenden. Por tanto, empieza a existir un amplio abanico de estudios especializados, analizando el impacto de las distintas áreas y para las distintas regiones y sectores. En el estudio en cuestión se ha profundizado sobre España y la visión de sus empresas para la gestión de la transformación hacia la digitalización y el papel que juega en la misma el Big Data. Con respecto al abanico mencionado, pueden encontrarse estudios sobre las distintas tecnologías de fabricación disruptivas, peso y grado de implantación del IoT, grado de capacidades digitales, métodos de empleo de las nuevas tecnologías para la toma de decisiones, etc. para distintas regiones y regiones como se viene diciendo.

Sin embargo, se trata de un tema a la vanguardia y existen todavía numerosos nichos que deben ser investigados y sobre los que existe una necesidad de profundizar. Así mismo, se trata de un cambio que las empresas están realizando actualmente, y el posicionamiento de las mismas dentro de unos años variará significativamente en función de su capacidad para adaptarse en mayor o menor medida a los avances que están percibiendo los distintos sectores en I4.0.

Las mayores aportaciones de estudios semejantes deben realizarse ahora, existiendo un elevado potencial de mejora en numerosas áreas. Observando las tendencias existentes de adaptación a la digitalización en los modelos de negocio, tanto a nivel mundial como en España, dentro de unos años las empresas se encontrarán en una posición digital mucho más firme y desarrollada, existiendo un menor margen de mejora.

Este mismo fue el caso de la optimización mediante los métodos de *Lean Manufacturing*, (también conocido como “*Toyotismo*” debido a su origen en Japón en dicha compañía en los años 50) (Proyecta Innovación, 2015); o de la tercera revolución industrial consistente en la automatización de los procesos en los años 70 que se ha introducido (Ver apartado “*Definición y evolución*”). La diferencia existente es que cada vez la ventana de oportunidad para sacar el máximo rendimiento es cada vez más estrecha, siendo necesaria una más rápida respuesta y adaptación.



# Bibliografía

ABC. (11 de 05 de 2016). *Solo el 8% de la industria española se ve digitalmente avanzada, según PwC*. Recuperado el 11 de 05 de 2016, de Noticias agencias de ABC.es: <http://agencias.abc.es/agencias/noticia.asp?noticia=2197938>

AMETIC. (2015). *AMETIC pone en marcha su Comisión de Industria 4.0*. Recuperado el 28 de Enero de 2016, de <http://ametic.es/es/noticias/ametic-pone-en-marcha-su-comisi%C3%B3n-de-industria-40>

Barranco Fragoso, R. (2012). *¿Qué es Big Data?* Recuperado el 18 de Abril de 2016, de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/local/im/que-es-big-data/>

Comisión Europea. (2006). *La nueva definición de PYME*. Recuperado el 14 de Abril de 2016, de <http://www.ipyme.org/es-ES/CPyme/Documents/NuevaDefinicionPyme.pdf>

Consejo de la Unión Europea. (1 de Marzo de 2014). *Estrategias Nacionales y Regionales para la Especialización Inteligente (RIS3)*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/informat/2014/smart\\_specialisation\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/informat/2014/smart_specialisation_es.pdf)

Cruz Vega, M., Oliete Vivas, P., Morales Ríos, C., González Luis, C., Cendón Martín, B., & Hernández Seco, A. (2015). *Las Tecnologías IoT dentro de la Industria Conectada 4.0*. Escuela de Organización Industrial. Madrid: Fundación EOI. Recuperado el 18 de Febrero de 2016, de <https://www.eoi.es/savia/documento/eoi-80491/las-tecnologias-iot-dentro-de-la-industria-conectada-40>

Curran, C. (2014). *PwC, 2014 Digital IQ Survey*. Estudio. Recuperado el 30 de 03 de 2016

Curran, C., Puthiyamadam, T., Sviokla, J., & Verweij, G. (2015). *Global Digital IQ Survey*. PwC. Recuperado el 20 de Enero de 2016

Díaz-Plaza Sanz, E. (5 de Abril de 2015). *Smart Cities Approach and Experiences*.

Direct Industry. (2016). *Direct Industry*. Recuperado el 17 de Marzo de 2016, de <http://www.directindustry.es/>

El Confidencial. (11 de 05 de 2016). *Solo el 8% de la industria española se ve digitalmente avanzada, según PwC*. Recuperado el 11 de 05 de 2016, de El Confidencial: <http://www.elconfidencial.com/ultima-hora-en>

vivo/2016-05-11/solo-el-8-de-la-industria-espanola-se-ve-digitalmente-avanzada-segun-pwc\_906122/

El Economista. (11 de 05 de 2016). *Economía.- El 8% de las compañías industriales españolas considera que su nivel de digitalización es avanzado*. Recuperado el 11 de 05 de 2016, de El Economista: <http://www.eleconomista.es/economia/noticias/7556739/05/16/economia-el-8-de-las-companias-industriales-espanolas-considera-que-su-nivel-de-digitalizacion-es-avanzado.html>

Expansión | Datosmacro.com. (2015). *PIB de las comunidades autónomas*. Recuperado el 28 de marzo de 2016, de <http://www.datosmacro.com/pib/espana-comunidades-autonomas>

Expansión. (12 de 05 de 2016). Digitalización: la asignatura pendiente de las empresas industriales españolas. (R. Arroyo, Ed.) *Expansión*, pág. 30. Recuperado el 12 de 05 de 2016, de Expansión.

Fernández, I. (21 de Octubre de 2015). Las empresas españolas, mejor preparadas que la media global en materia digital pero lejos de las más avanzadas. 3. (I. Fernández, Ed.) Madrid, España: PwC. Recuperado el 21 de Octubre de 2015

Ferrando, R., & Ripoll, E. (27 de Marzo de 2016). La tecnología se impone al corazón a la hora de decidir la apertura de tiendas. *El Mercantil Valenciano*, págs. 1,8-9.

Geissbauer, D., Vedso, J., & Schrauf, S. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PwC. PwC.

Gobierno de España . MINETUR. (2014). *Agenda para el fortalecimiento del Sector Industrial*. Recuperado el 8 de Enero de 2016, de <http://www.minetur.gob.es/industria/es-ES/Servicios/Paginas/agenda-sector-industrial.aspx>

Gobierno de España | Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *Valor añadido bruto (VAB) de la industria*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de [http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod\\_indicador=18&factor=det](http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=18&factor=det)

Gobierno de España. MINETUR. (2013). *Agenda Digital para España*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2015, de <http://www.agendadigital.gob.es/agenda-digital/Paginas/agenda-digital.aspx>

Gobierno de España. MINETUR. (2015). *Industria Conectada 4.0*. Recuperado el 5 de Enero de 2016, de <http://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/Index.aspx>

- Gobierno de España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2009). *Valor añadido bruto (VAB) de la industria*. Recuperado el 08 de Abril de 2016, de [http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod\\_indicador=18&factor=det](http://servicios2.marm.es/sia/indicadores/ind/ficha.jsp?cod_indicador=18&factor=det)
- Gobierno Vasco. (2014). *Programa Marco por el Empleo y la Reactivación Económica (2014-2016)*. Recuperado el 6 de Marzo de 2016, de [https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/4165/resumen\\_programa\\_marco.pdf?1392291212](https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/4165/resumen_programa_marco.pdf?1392291212)
- Gobierno Vasco. Departamento de Desarrollo Económico y Competitividad. Viceconsejería de Industria. (29 de Abril de 2014). *Plan de Industrialización 2014-2016*. . Recuperado el 6 de Marzo de 2016, de [http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/planes\\_programas\\_2010/es\\_planes/adjuntos/Plan%20Industrializacion%202014-2016.pdf](http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/planes_programas_2010/es_planes/adjuntos/Plan%20Industrializacion%202014-2016.pdf)
- Greenough, J. (2014). *The Enterprise Internet of Things Report: Forecasts, Industry Trends, Advantages, and Barriers for the top IoT Sector*. New York: Business Insider Intelligence Digital Media. Recuperado el 4 de Abril de 2016, de [http://www.businessinsider.com/intelligence/research-store?IR=T&utm\\_source=businessinsider&utm\\_medium=report\\_teaser&utm\\_term=report\\_teaser\\_store\\_text\\_link\\_the-enterprise-internet-of-things-market-2014-12&utm\\_content=report\\_store\\_teaser\\_text\\_link&utm\\_campa](http://www.businessinsider.com/intelligence/research-store?IR=T&utm_source=businessinsider&utm_medium=report_teaser&utm_term=report_teaser_store_text_link_the-enterprise-internet-of-things-market-2014-12&utm_content=report_store_teaser_text_link&utm_campa)
- Grupo SPRI: Agencia Vasca de Desarrollo Empresarial. (2014). *Basque Industry 4.0 – La fábrica inteligente*. Recuperado el 06 de Marzo de 2016, de <http://www.spri.eus/es/eventos/euskera-basque-industry-4-0-la-fabrica-inteligente>
- Hannover Messe. (2016). *Hannover Messe*. Recuperado el 21 de Abril de 2016, de <http://www.hannovermesse.de/>
- INE. (2011). *P.I.B. a precios de mercado y valor añadido bruto a precios básicos por ramas de actividad: Precios corrientes por comunidades y ciudades autónomas, magnitud y periodo*. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de <http://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t35/p010/base2008/lo/&file=01001.px&type=pcaxis>
- INE. (2015). *Encuesta sobre Innovación en las Empresas. Año 2014. Resultados definitivos*. Madrid: INE. Recuperado el 5 de Marzo de 2016
- Invertia. (11 de 05 de 2016). *Economía.- El 8% de las compañías industriales españolas considera que su nivel de digitalización es avanzado*. Recuperado el 11 de 05 de 2016, de Invertia: <http://www.invertia.com/noticias/economia-companias-industriales-espanolas-considera-nivel-digitalizacion-avanzado-3123199.htm>

- Javelin-Tech. (2016). *Javelin-tech.com*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de [http://www.javelin-tech.com/main/images/screenshots/custom\\_app2.jpg](http://www.javelin-tech.com/main/images/screenshots/custom_app2.jpg)
- Kirby, C. (2016). *Portal de gestión de Proyectos Fin de Carrera de la ETSI ICAI*. Recuperado el 25 de 04 de 2016, de [http://www.iit.upcomillas.es/pfc/PFC\\_Navigate.php?frmrequestedpage=en\\_curso&requestedtitulacion=MIIND\\_O](http://www.iit.upcomillas.es/pfc/PFC_Navigate.php?frmrequestedpage=en_curso&requestedtitulacion=MIIND_O)
- Koch, V., Geissbauer, R., Schrauf, S., & Kuge, S. (2014). *Industry 4.0 Opportunities and Challenges of the industrial internet*. Munich: PwC.
- La Información. (11 de 05 de 2016). *El 8% de las compañías industriales españolas considera que su nivel de digitalización es avanzado*. Recuperado el 11 de 05 de 2016, de La Información: [http://noticias.lainformacion.com/economia/companias-industriales-espanolas-considera-digitalizacion\\_0\\_915809050.html](http://noticias.lainformacion.com/economia/companias-industriales-espanolas-considera-digitalizacion_0_915809050.html)
- Manu-KET. (2013). *Manu-KET*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de <http://www.manufacturing-ket.com/manu-ket/>
- Observatorio IoT. (2013). *Observatorio IoT*. Recuperado el 28 de Marzo de 2016, de <http://iot-spain.com/?p=1681&lang=en>
- Proyecta Innovación. (8 de Enero de 2015). *Aclarando conceptos sobre Lean Manufacturing*. Recuperado el 25 de Abril de 2016, de <http://www.proyectainnovacion.com/2015/01/08/aclarando-conceptos-sobre-lean-manufacturing/>
- PwC. (2015). *Claves para sacar el máximo partido a la digitalización. Resumen Ejecutivo*. Resumen ejecutivo, Madrid. Recuperado el 26 de marzo de 2016
- PwC. (Abril de 2016). *Industria 4.0. PwC*. Recuperado el 2016, de Sitio web de PwC: <http://informes.pwc.es/industria40/>
- Qualtrics. (2016). *Qualtrics*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2015, de <https://www.qualtrics.com/es/>
- Rel, I. (25 de Febrero de 2016). La inversión en I+D, según y cómo... y dónde. *El País Tecnología*, pág. 18. Recuperado el 25 de Febrero de 2016
- Sabater, J. (12 de Abril de 2016). La transformación digital, en marcha en el 'eShow'. Barcelona, Cataluña, España: *ElEconomista.es*. Recuperado el 13 de Abril de 2016, de <http://www.economista.es/catalunya/noticias/7484417/04/16/La-transformacion-digital-en-marcha-en-el-eShow.html>

- Societäts-Medien. (07 de Abril de 2014). Industria 4.0 en la Feria de Hannover: La senda hacia la “fábrica inteligente” pasa por la Feria de Hannover. *Deutschland'*, 7 de abril de 2014. *Ahí apareció el termino en 2011*, pág. 1. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>
- Tatatechnologies.com. (2015). *Tatatechnologies.com*. Recuperado el 18 de Abril de 2016, de [http://www.tatatechnologies.com/autodesk/wp-content/uploads/2015/04/factory\\_design\\_suite-full.jpg](http://www.tatatechnologies.com/autodesk/wp-content/uploads/2015/04/factory_design_suite-full.jpg)
- Tecnalia. (2010). *Observatorio. Internet de las Cosas*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://iot-spain.com/>
- Vadillo, J. (10 de Marzo de 2016). La revolución digital requiere un nuevo modelo de formación. *CincoDías*, págs. 1, 8-9. Recuperado el 10 de Marzo de 2016
- Vigario, A. (13 de Abril de 2016). Rogelio Ambrosi Director general de la farmacéutica alemana Merck en España “Somos la filial donde Merck más ha invertido en los dos últimos años”. *ElEconomista*, págs. 1,15.
- Zolfagharifard, E., & Mark, P. (23 de Febrero de 2016). *Tesla gives rare glimpse inside its robo-factory: Watch the machines that put the ‘wings’ onto its latest Model X*. Recuperado el 17 de Abril de 2016, de <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3460958/Tesla-gives-rare-glimpse-inside-robo-factory-Watch-machines-wings-latest-Model-X.html>