



Trabajo Fin de Grado

Industria 4.0: aplicaciones en la gestión empresarial

Autor

Jairo Ruiz Cofreces

Directora

Dra. Natalia Dejo Oricain

Grado en Administración y Dirección de Empresas
Facultad de Economía y Empresa
2017

INFORMACIÓN Y RESUMEN

Titulación: Grado en Administración y Dirección de Empresas

Título del trabajo: Industria 4.0: aplicaciones en la gestión empresarial

Industry 4.0: applications in business management

Autor: Jairo Ruiz Cofreces

Directora: Natalia Dejo Oricain

RESUMEN El presente trabajo analiza los aspectos más relevantes en la digitalización de la empresa dentro del marco de la Industria 4.0 o Cuarta Revolución Industrial. La globalización y el avance de la tecnología han dado lugar a una creciente competencia entre empresas. Es por esto que las empresas deben desarrollar nuevos modelos de negocio y mejorar sus procesos con la finalidad de mejorar su competitividad. El objetivo de este estudio es conocer las tecnologías susceptibles de ser integradas en la empresa para obtener mejoras y generar un mayor valor añadido. En primer lugar, se pone en contexto la Industria 4.0 junto con los aspectos más relevantes que sirven de base para la fábrica inteligente. En segundo lugar, se estudian las tecnologías fundamentales en la digitalización de la empresa: Internet de las cosas, Big Data, impresión 3D y realidad aumentada. En tercer lugar, se analizan las aplicaciones en las diferentes áreas funcionales de la empresa. En cuarto lugar, se hace una exposición de casos de estudio sobre empresas que ya están aplicando estas tecnologías en sus procesos para conocer cuáles han sido las mejoras que han obtenido. Por último, se ponen de manifiesto las limitaciones de la digitalización de la empresa.

ABSTRACT This essay analyzes the most relevant aspects in the digitization of the company within the framework of Industry 4.0 or Fourth Industrial Revolution. Globalization and the advancement of technology have led to increasing competition between companies. This is why companies must develop new business models and improve their processes in order to improve their competitiveness. The aim of this study is to know the technologies that can be integrated in the company to obtain improvements and generate a greater added value. First, the Industry 4.0 together with the most relevant aspects that are the basis for the smart factory is put in context. Second, we study the fundamental technologies in the digitization of the company:

Internet of Things, Big Data, 3D printing and augmented reality. Thirdly, applications in the different functional areas of the company are analyzed. Fourth, there is an exposition of case studies about companies that are already applying these technologies in their processes to find out what improvements have been reached. Finally, the limitations of the digitization of the company are revealed.

ÍNDICE

1.	Introducción y presentación del trabajo	5
2.	Industria 4.0, antecedentes y estado actual	6
3.	Base tecnológica y aplicaciones	9
3.1.	Internet de las cosas	9
3.2.	Big Data	11
3.3.	Fabricación aditiva (impresión 3D)	11
3.4.	Realidad aumentada	13
4.	Impacto en las áreas funcionales de la empresa.....	15
5.	Exposición de casos de estudio	25
5.1.	Airbus (fabricación aditiva 3D)	25
5.2.	Mymuesli (personalización masiva)	26
5.3.	Rolls-Royce (mantenimiento predictivo).....	26
6.	Limitaciones y crítica a la Industria 4.0	28
7.	Conclusiones	30
	Bibliografía	32

1. Introducción y presentación del trabajo

El presente trabajo pretende analizar la influencia de la denominada Industria 4.0 en el ámbito empresarial. En concreto, se pretende estudiar el impacto que dicha revolución va a tener en la gestión y el desarrollo de las empresas. Se trata, por tanto, de un tema de actualidad, tanto por su novedad, como por sus implicaciones.

La Industria 4.0 va a marcar un punto de inflexión en el modo en que las empresas gestionan sus procesos y va a favorecer la aparición de nuevos modelos de negocios. El conocimiento y aplicación de las nuevas tecnologías que ofrece la Industria 4.0 son claves para mantener la posición competitiva de cualquier empresa en un mercado global.

En la actualidad, no solo se compite a nivel local o nacional, sino que, a causa de la globalización, las empresas compiten en una dimensión global, con una competencia creciente.

Aquellas empresas que logren conocer, entender y adoptar estas nuevas herramientas lograrán mejorar su competitividad. Por el contrario, aquellas que no hagan el suficiente esfuerzo innovador se quedarán rezagadas y perderán fuerza competitiva frente al resto de empresas de su sector. La mejora o no de la competitividad es consecuencia, inevitablemente, de procesos más eficientes, menores costes, un aumento de la trazabilidad de los procesos y productos en todas sus fases, mayores márgenes y, por ende, mayores beneficios.

El estudio y aplicación de la Industria 4.0 se engloba dentro del ámbito de la administración de operaciones en un entorno global. Los motivos por los que he seleccionado este tema se exponen a continuación.

En primer lugar, se sitúa dentro del área que considero más importante en la gestión de una empresa: la administración de operaciones. En segundo lugar, es un tema de actualidad que concentra muy bien la innovación y la mejora continua necesaria en toda organización para seguir operando de forma competitiva. En tercer lugar, es un área de estudio que no dispone de una literatura extensa debido a su novedad y naturaleza innovadora.

Por último, y a causa de sus potenciales beneficios, se trata de un tema que está suscitando debate entre las instituciones gubernamentales, sindicatos, patronal y organismos académicos. Su importancia es tal que todos ellos ya están estableciendo

planes de acción con el objetivo de conocer y aplicar todas estas herramientas al mundo empresarial cuanto antes.

De esta manera, he fijado los siguientes objetivos que servirán de guía para el desarrollo de este trabajo:

- Conocer qué es Industria 4.0, su contexto y desarrollo, y cuáles son los ámbitos de aplicación en la empresa.
- Investigar sobre las nuevas tecnologías, disponibilidad y coste-beneficio relacionado a las mismas.
- Investigar sobre los procesos en la empresa susceptibles de ser mejorados mediante las aplicaciones de las nuevas tecnologías.
- Conocer cuál es la formación necesaria en el capital humano para una correcta incorporación y funcionamiento de las nuevas herramientas en los procesos productivos.
- Conocer el impacto económico en las empresas.
- Poner de manifiesto casos reales de organizaciones donde ya se aplican las tecnologías de la Cuarta Revolución y averiguar las mejoras que han obtenido.

2. Industria 4.0, antecedentes y estado actual

El concepto de Industria 4.0 está estrechamente relacionado con la Cuarta Revolución Industrial. Con la finalidad de poner en contexto dicha revolución, se pone de manifiesto de forma sintética el impacto que tuvieron las anteriores revoluciones industriales. Antes de comenzar, es necesario conocer qué se entiende por revolución industrial.

El término Revolución Industrial (en mayúscula) se refiere, en palabras de Landes (1979), a “*cualquier cambio tecnológico rápido e importante*”. De este modo, se entiende Revolución Industrial como todos aquellos cambios tecnológicos importantes que favorecen un cambio sustancial en los medios productivos y que facilitan la mejora económica y social en un contexto determinado.

La Primera Revolución Industrial se inició a mediados del siglo XVIII en el Reino Unido. Es un proceso de transformación económica, social y tecnológica. Los principales avances vinieron de la mano de la introducción de la máquina de vapor. El ferrocarril propició la expansión del transporte de mercancías y pasajeros.

De la misma forma, el desarrollo del motor de combustión y la energía eléctrica favorecieron el crecimiento de la industria textil y del carbón. Todos estos avances dieron como resultado un aumento en la renta per cápita, la productividad y la calidad de vida de las personas.

La Segunda Revolución Industrial se sitúa en la primera mitad del siglo XX. Se caracteriza por la utilización de la energía eléctrica y la producción en masa. En esta época se acuñaron los conceptos de *taylorismo* y *fordismo*.

La Tercera Revolución Industrial, también conocida como la “Era del conocimiento”, se da a mediados del siglo XXI. Para Rifkin (2011), la Tercera Revolución se asienta sobre cinco pilares fundamentales:

1) Transición hacia las energías renovables, 2) transformación de los edificios en microcentrales eléctricas que aprovechen las energías renovables, 3) despliegue de la tecnología de hidrógeno, 4) utilización de la tecnología de Internet para transformar la red eléctrica de cada continente en una “interred” de uso compartido, 5) transición de la actual red de transportes hacia vehículos de motor eléctrico.

Destacan el uso intensivo de la electrónica y la aplicación de tecnologías de la información. Se logra un mayor nivel de automatización en la industria.

Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 es un concepto que surge del ejecutivo alemán en 2011, manejándose por primera vez en la Feria de Hannover de ese mismo año¹. Industria 4.0 hace referencia, principalmente, a las fábricas inteligentes y establece los precedentes para la industria del futuro.

Este concepto agrupa procesos y tecnologías que permiten la conexión entre sensores, dispositivos y sistemas para que colaboren entre sí de forma autónoma. La Cuarta Revolución Industrial se caracteriza por la introducción de tecnologías digitales a la industria permitiendo la hibridación entre el mundo físico y el mundo digital, esta relación constituye la base de la industria inteligente. La Industria 4.0 se centra en la digitalización de todos los medios físicos y los integra en un ecosistema que transmite la información de forma constante.

¹ Industria 4.0 en la Feria de Hannover, “La senda hacia la “fábrica inteligente” pasa por la Feria de Hannover”, abril 2014 - <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>

En relación al estudio de la consultora PwC², la Industria 4.0 se construye sobre tres dimensiones bien diferenciadas:

Automatización e integración vertical y horizontal de la cadena de valor

La Industria 4.0 integra y digitaliza todos los procesos de forma vertical dentro de una organización. Esta integración va desde el nivel superior hasta el inferior, desde el diseño y desarrollo de productos hasta la producción, logística y venta del producto. Se puede consultar cualquier proceso o la información de un sensor determinado en tiempo real, todo ello con la finalidad de una mejor toma de decisiones.

En cuanto a la integración horizontal, la organización comparte información interna con los integrantes de la cadena de valor, principalmente proveedores y clientes. Gracias a esta información, se ponen en marcha herramientas de monitorización y rastreo.

Desde el punto de vista del proveedor, se puede consultar el stock disponible y lanzar pedidos automáticamente cuando el inventario llega a un determinado nivel. Se reducen costes de inventario y transacción. Desde la óptica del cliente, la información interna de una organización en tiempo real permite rastrear, de una forma espacial y temporal la localización de un pedido en curso. Mejora la satisfacción del cliente.

Automatización de productos y ofertas de servicios

La digitalización o hibridación de productos y servicios permite la expansión y mejora de productos existentes. Para mejorarlos, se añaden sensores inteligentes que recogen nueva información, integrándose en las herramientas de análisis de datos. Por otra parte, la creación de productos híbridos favorece la creación de soluciones integradas.

El análisis masivo de datos procedentes de estos sensores, permite detectar hábitos, patrones y necesidades que aún no están cubiertas por el mercado. Gracias a los nuevos métodos de recolección de datos en los productos y servicios, las organizaciones son capaces de adaptar sus productos y servicios a las necesidades del cliente final.

² Geissbauer R., Vedso J., Schrauf S., 2016 Global Industry 4.0 Survey, *Industry 4.0: Building the digital enterprise*, PwC, pp. 5-6

Enfoque hacia modelos de negocio digitales y acceso del cliente

Las empresas más innovadoras están adoptando la tendencia de ampliar su oferta de productos y servicios desarrollando soluciones integradas impulsadas por la recolección masiva de datos.

Los nuevos modelos de negocio se centran en generar ingresos adicionales procedentes de las aplicaciones digitales de sus negocios. Los esfuerzos en este ámbito se centran en optimizar la interacción del cliente y mejorar su acceso (desde cualquier dispositivo y lugar).

3. Base tecnológica y aplicaciones

La Industria 4.0 precisa de ciertas tecnologías que funcionan como pilar fundamental en el desarrollo de la misma. Aunque estas tecnologías no son nuevas, su aplicación en la industria y la reducción en los costes de las mismas sí lo es.

A continuación se contempla una lista de las tecnologías que he considerado más relevantes de las que se nutre la Industria 4.0 y cuyo conocimiento es esencial por parte de todas las organizaciones que quieran aplicarlas.

3.1. Internet de las cosas

El término “Internet of Things” se utiliza por primera vez en 1999 para referirse a “*un sistema de objetos físicos que están conectados a Internet por medio de sensores*” (Ashton, 2009).

Es importante mencionar que, en la actualidad, no existe una definición universal de este término. Por ello, y de entre todas las definiciones que he consultado, he seleccionado para este trabajo la definición que ofrece Rose et al. (2015) porque considero que es la que mejor aglutina los conceptos centrales de esta tecnología.

El concepto de Internet de las cosas se refiere ampliamente a “*una extensión de la conectividad y capacidad de computación a objetos, dispositivos, sensores y elementos que no son necesariamente considerados ordenadores. Estos objetos inteligentes requieren mínima intervención humana para generar, intercambiar y consumir datos*”.

Kopetz (2011), en su artículo, explica el auge de esta tecnología consecuencia de la miniaturización y reducción de costes en los dispositivos electrónicos susceptibles de

ser integrados en el Internet de las cosas. Gracias a la reducción de costes en los sensores, cualquier objeto cotidiano es susceptible de integrarse en esta red.

Según Evans (2011), en 2010 se contabilizaban 12.500 millones de dispositivos conectados, se estima que esa cifra se incrementará hasta 50.000 millones en 2020.

Sin embargo, hay otras predicciones más positivas. Morgan Stanley³ sostiene que el número de dispositivos conectados en 2020 alcanzará los 75.000 millones. Estas cifras dan una idea aproximada del potencial y alcance de esta tecnología.

En los próximos años, los sensores inteligentes estarán más presentes en nuestras vidas; carreteras, vehículos, hogares o lugares de trabajo son solo algunos de los ejemplos cotidianos en los que encontraremos estos dispositivos inteligentes. Ahorro de tiempo, mayor eficiencia en el trabajo, medios de transporte más seguros o eficiencia energética son algunos de los beneficios que se obtendrán al recolectar y analizar la información de los sensores inteligentes.

Las oportunidades de negocio para las empresas son amplias y abarcan todos los sectores. Con el objetivo de poner en contexto dichas oportunidades y el impacto económico que pueden tener, he consultado el estudio de la consultora McKinsey Global Institute⁴.

El impacto económico que puede alcanzar el Internet de las cosas se sitúa entre 3,9 y 11,1 billones de dólares, por año, en 2025. El impacto real vendrá determinado por varios factores, destacan la reducción de costes de tecnologías complementarias y el nivel de aceptación entre clientes y empleados.

Por otra parte, y en referencia a las conclusiones del análisis, las fábricas y las ciudades serán las más beneficiadas. Las principales aplicaciones en las fábricas –inteligentes- son la optimización de procesos e inventario, mantenimiento predictivo y seguridad. Las ciudades inteligentes se beneficiarán, sobre todo, en materia de gestión de recursos (alumbrado público, residuos sólidos urbanos), seguridad y movilidad.

³ Danova, T. "Morgan Stanley: 75 Billion Devices Will Be Connected To The Internet Of Things By 2020." Business Insider, <http://www.businessinsider.com/75-billion-devices-will-be-connected-to-the-internet-by-2020-2013-10>

⁴ Manyika et al. "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype." McKinsey Global Institute, junio 2015.

3.2.Big Data

“Big Data” es un concepto que se ha puesto de moda durante los últimos años tanto en artículos académicos como en los medios. Igual que en el caso del Internet de las cosas, no hay una definición única.

Chen et al. (2014) lo define como “*grandes bases de datos, sin estructurar, que necesitan de análisis en tiempo real para entender su valor y que no se pueden procesar con el software convencional en un tiempo razonable*”. La creación de datos, muchos de ellos automatizados, sigue una tendencia exponencial. Según este estudio, el volumen de datos se dobla aproximadamente cada dos años.

Existe una estrecha relación entre Big Data y el Internet de las cosas. Los sensores de esta red están continuamente generando datos que, en su mayoría, no se gestionan o analizan. Esta ingente cantidad de datos es susceptible de analizarse para la obtención de información que facilita la toma de decisiones en las organizaciones.

Los expertos en este área coinciden en que un adecuado análisis de estos datos puede aportar un gran valor a las organizaciones. Tras analizar estos datos, se pueden detectar, entre otros, patrones en un determinado proceso o hábitos en los clientes. Gracias a esta información, las organizaciones pueden ofrecer un tratamiento personalizado a los clientes, como ofertas individualizadas en un determinado momento y lugar. Para el análisis de estos datos se utilizan técnicas de *data mining* y *data analytics*.

Los sistemas más novedosos de Big Data permiten la gestión y análisis de datos en tiempo real. En consecuencia, se pueden detectar procesos ineficientes o anómalos, aumentar la productividad de procesos y aumentar la flexibilidad de los recursos disponibles, gracias a un seguimiento exhaustivo de toda la cadena de valor.

3.3.Fabricación aditiva (impresión 3D)

Consiste en la fabricación de piezas a partir de un modelo 3D. No precisa de moldes de ningún tipo, hace uso de la deposición de capas de material mediante la consolidación posterior por diversos métodos⁵.

Las ventajas que brinda la impresión 3D frente a otras tecnologías son: posibilidad de fabricar cualquier tipo de geometría, permite la personalización masiva

⁵ “*¿Qué es la impresión 3D?*”, de R3ALD, <http://www.r3ald.com/que-es-la-impresion-3d>

de los productos (inherente a la Industria 4.0) y acelera el proceso de diseño, reduciéndose el *time-to-market* para ajustarse de forma inmediata a las exigencias del mercado.

La eficiencia innovadora y el *time-to-market* son indicadores clave de rendimiento (KPIs) a la hora de servir un pedido (Bauer et al., 2015).

De igual forma que las tecnologías mencionadas previamente, la fabricación aditiva tiene un gran alcance y abarca todos los sectores, en especial el industrial. Destacan el sector de la medicina, ingeniería (diseño y desarrollo de productos) y arquitectura.

Las ventajas de utilizar impresión 3D en los procesos productivos son amplias y tangibles. A continuación, cito brevemente tres ejemplos de los beneficios que ya está aportando esta tecnología en algunas empresas industriales.

Boeing, empresa líder en el sector aeronáutico, va a ahorrar alrededor de 3 millones de dólares en la construcción del modelo 787 gracias a la fabricación 3D de componentes estructurales en titanio⁶. No solo se reducen los costes de producción, el tiempo de comercialización se estima que será, en media, un 75% menor.

Por otro lado, Volvo Trucks está reduciendo el tiempo de producción de sus motores en torno al 95%⁷. Más de 30 componentes utilizados en la fabricación de motores ya se están elaborando con fabricación aditiva. Se reduce el tiempo de diseño y producción, reduciéndose sustancialmente de 36 días con los métodos convencionales a solo 2 días.

En el sector automovilístico, Opel está logrando reducir sus costes de utilaje en un 90% gracias a la tecnología de impresión de Stratasys⁸.

El utilaje a medida elaborado mediante técnicas de fabricación 3D permite el ensamblaje de ciertos componentes con una precisión mayor, logrando una mayor calidad y reduciendo los tiempos de fabricación y entrega al cliente final. Pero no solo

⁶ “Boeing ahorrará 3 millones de dólares en cada avión con la impresión 3D en titanio”, de Imprimalia3D, <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/04/12/008980/boeing-ahorrar-3-millones-d-lares-cada-avi-n-impresi-n-3d-titanio>

⁷ “Volvo reduce en 94% sus tiempos de producción gracias a la manufactura aditiva”, de Plastico.com, <http://www.plastico.com/temas/Volvo-reduce-en-94-sus-tiempos-de-produccion-gracias-a-la-manufactura-aditiva+113454>

⁸ “Opel reduce sus costes de utilaje en un 90%, gracias a la impresión 3D”, de Imprimalia3D, <http://imprimalia3d.com/noticias/2015/11/19/005484/opel-reduce-sus-costes-utilaje-90-gracias-impresi-n-3d>

eso, ahora es posible producir elementos de utilaje con formas complejas, algo impensable con los métodos tradicionales.

3.4. Realidad aumentada

La realidad aumentada (RA) es la combinación de elementos físicos tangibles y elementos virtuales, a través de un dispositivo tecnológico, en tiempo real. Estos elementos permiten la visualización de la realidad con mejoras en forma de datos e imágenes superpuestas en 3D (Wikipedia, 2016).

Para completar esta definición y acotar el área de aplicación de esta tecnología, Azuma (1997), sostiene que la realidad aumentada se caracteriza por:

1. Combinar elementos reales y virtuales
2. Interacción en tiempo real
3. Utilización de tecnología 3D

La RA es una de las tecnologías fundamentales en la Industria 4.0 y ofrece múltiples oportunidades. Es muy flexible, se puede utilizar en ordenadores, tablets, smartphones y/o gafas especiales. Se estima que el mercado global para la RA se incremente hasta los 7.500 millones de euros en 2020 (Heng et al., 2015).

Las aplicaciones más importantes en la industria son:

Tareas de mantenimiento: En la actualidad, las fábricas cuentan con un número cada vez mayor de máquinas. Los procesos de montaje, desmontaje, limpieza y mantenimiento son costosos y requieren de personal cada vez más cualificado.

La RA facilita al operario herramientas que le ayudan en la realización de estos procesos, como por ejemplo, el guiado interactivo. Asimismo, es posible tener un visionado en 3D de todas las piezas que constituyen la máquina y añadir etiquetas digitales con comentarios para facilitar las operaciones de mantenimiento posteriores⁹.

Por otro lado, la complementariedad con los drones puede mejorar las operaciones de mantenimiento en exteriores o en aquellos lugares donde las condiciones supongan un riesgo para la seguridad del operario.

⁹ Gracia, M. (2015) “Realidad Aumentada (RA) aplicada al mantenimiento industrial. Caso de uso: desmontaje de un torno”, de ITAINNOVA, <http://www.itainnova.es/blogs/visualizacion-inmersiva-e-interactiva-para-industria/realidad-aumentada-ra-aplicada-al-mantenimiento-industrial-caso-de-uso-desmontaje-de-un-torno/>

Interfaz de usuario: Asiste a los empleados en los pasos a seguir en una determinada tarea (indicándoles qué útiles o piezas utilizar). Se permite la posibilidad de dar acceso a material adicional y complementario: planos, manuales y videos explicativos, entre otros. Mejora la curva de aprendizaje de la plantilla.

En el sector logístico, ya se está probando esta tecnología en operaciones de *picking*. El casco que utilizan los operarios muestra la información más relevante para localizar los productos en el almacén de una forma más rápida y precisa. Además, el casco registra automáticamente las ID de los productos sustraídos con el objetivo de realizar un seguimiento, en tiempo real, del stock.

Entre otros beneficios, la tasa de error se ha visto reducida en un 40%¹⁰. Las ventajas directas son un aumento de la flexibilidad de la planta, una gestión más eficiente de los recursos y una reducción en los tiempos de respuesta de la empresa, hecho que repercute en un incremento del nivel de satisfacción del cliente final.

Formación y aprendizaje: Supone un enfoque totalmente novedoso en contraposición al aprendizaje convencional. Los empleados pueden formarse en cualquier situación y contexto para un determinado proceso, repitiéndolo tantas veces como sea necesario. Por poner un ejemplo, en la construcción de un motor se pueden ver los pasos a seguir y los componentes que lo constituyen antes de enfrentarse a una situación real. En general, se reducen los errores de producción, mejorando la calidad del producto. Los tiempos de formación de la plantilla se acortan considerablemente.

Visualización de objetos: Especialmente importante en ingeniería y arquitectura. En las etapas de diseño y desarrollo de un producto se pueden manipular *in-situ* cualquier pieza en 3D. Gracias a ello, se logra una visión real más ajustada del diseño en sí que a través de una pantalla.

Las empresas de e-commerce también se beneficiarán de estas ventajas. El usuario digital demanda cada vez productos más personalizados, a buen precio y con tiempos de entrega cada vez menores. El cliente podrá ver, desde el lugar que desee, un producto y personalizarlo a su gusto dentro de una infinidad de posibilidades.

¹⁰ Baur C., Wee D., (2015): “Manufacturing’s next act”, de McKinsey&Company, <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>

En conjunción con la fabricación aditiva (teniendo en cuenta que ambas tecnologías están conectadas en la misma red) la producción y el envío serán inmediatos.

De nuevo, la empresa mejora sus tiempos de respuesta, a la vez que mejora la satisfacción del cliente. En relación a los costes operativos, estos se reducirán. La fabricación aditiva no precisa de grandes volúmenes de producción para amortizar la maquinaria, esto se debe a que este tipo de fabricación no necesita de grandes moldes que producen muchas unidades por serie.

Los sectores más beneficiados por esta tecnología, en función de las predicciones actuales, serán: ingeniería, videojuegos, entretenimiento digital, atención sanitaria, eventos en directo, logística y bienes raíces¹¹.

4. Impacto en las áreas funcionales de la empresa

En este epígrafe se pretende estudiar las aplicaciones de las tecnologías consideradas previamente en los distintos departamentos de la empresa. Debido a la naturaleza de estas tecnologías y de su ámbito de aplicación, habrá departamentos que obtendrán mayores beneficios y sinergias. Por el contrario, algunos departamentos se beneficiaran en menor medida.

En líneas generales, todos son sujeto de potenciales beneficios. Es cierto que las nuevas herramientas pueden generar mayores sinergias en las áreas de logística o producción en contraposición a las áreas comerciales o de recursos humanos de las empresas. Aun así, las posibles mejoras dependerán en gran medida del sector en el que se encuentre la empresa en cuestión, del grado de integración de la tecnología y de la implicación por parte de la alta gerencia y los empleados.

Con el objetivo de analizar el impacto en las diferentes áreas de la empresa y para homogeneizar el estudio, he clasificado los departamentos de una empresa prototípica en las siguientes áreas funcionales: administración de operaciones, contabilidad y finanzas, comercial (marketing y ventas), distribución y recursos humanos.

¹¹ Verhage, J. (2016) “Goldman Sachs Has Four Charts Showing the Huge Potential in Virtual and Augmented Reality”, de Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-13/goldman-sachs-has-four-charts-showing-the-huge-potential-in-virtual-and-augmented-reality>

A continuación se profundiza, de una forma más detallada, los aspectos de estos departamentos susceptibles de mejora en relación al tema central de este trabajo, la digitalización de la industria.

Departamento administración de operaciones

Es una de las principales funciones de cualquier organización y sirve de guía para el resto de áreas. La administración de operaciones se entiende como “*el conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados*” (Heizer y Render, 2009). Comprenden aquellas tareas que definen qué productos ofertar y en qué forma se diseñan.

La administración de operaciones engloba, además, otros conceptos importantes en la gestión y desarrollo de una organización que pueden ser intangibles y difícilmente identificables. Dentro de estos conceptos se puede señalar la misión, visión, estrategia, la forma de organizar el trabajo y plantas de producción, cultura e identidad corporativa, flexibilidad y desempeño de los empleados.

La conjunción de todas ellas genera una identidad única en cada empresa y marca el camino a seguir para el resto de áreas funcionales de la organización. En el caso que nos ocupa, aquellas empresas donde la administración cuente con una motivación clara hacia la mejora continua, favorable a la digitalización y la integración de nuevas soluciones y herramientas en sus procesos, serán las más beneficiadas y lograrán mejorar su competitividad en el sector. Por el contrario, aquellas organizaciones reticentes al inevitable cambio de paradigma que ya está ocurriendo se quedarán rezagadas perdiendo competitividad y reduciendo sus beneficios.

Como se ha visto con anterioridad, las herramientas que pone a disposición la nueva revolución tienen distintos beneficios y aplicaciones. De las referencias que he consultado en la literatura a este respecto, parece existir un consenso general en que estas mejoras giran en torno a: disminución de costes, aumento del valor añadido en los productos y servicios, reducción del *time-to-market* y aumento de productividad. Cabe destacar que no todo son ventajas y también existen algunas limitaciones que más adelante detallaré.

El acceso a la información de productos y servicios es cada vez mayor por parte de los consumidores. En la actualidad, se observa una tendencia clara donde los clientes exigen una mayor calidad, personalización y sofisticación en los productos así como un

mayor conocimiento de la procedencia y procesos que se han seguido en la producción de dichos bienes. La transparencia en los procesos es una exigencia cada vez más elevada por parte de los consumidores.

La sociedad y el mercado están en un proceso cambiante de necesidades, esto, unido a unos ciclos de vida de los productos más cortos hacen que las empresas deban ser rápidas, flexibles y eficientes en generar productos y servicios que se adapten al mercado en un tiempo reducido. Las nuevas tecnologías permiten que los tiempos de estos procesos se reduzcan considerablemente, detectando, por un lado las necesidades y aportando, por otro, soluciones adecuadas que cubran dichas necesidades.

Las empresas tienen ahora una oportunidad única de detectar y retener ese valor gracias al desarrollo tecnológico.

Se espera que, gracias a estas tecnologías, las decisiones de la administración de operaciones sean más rápidas. La digitalización en la administración de las organizaciones y la puesta en marcha de propuestas por parte de los gobiernos en este campo va a fomentar esta tendencia.

La modernización de la administración presupone una digitalización de todos los documentos de la organización y facilita la automatización en los procesos administrativos. Se reduce el impacto de los costes burocráticos en los procesos administrativos tales como solicitud de permisos y licencias, constitución de sociedades para proyectos conjuntos (*joint-venture*) o publicación de los Estados Financieros Anuales en el Registro Mercantil, entre otros.

Las consecuencias son una de toma de decisiones y de aprobación de documentación más rápida. Anteriormente, la aprobación de permisos y licencias para nuevos proyectos podía dilatarse en el tiempo varias semanas, ahora, el tiempo de tramitación burocrática se reduce a escasos días o, en algunos casos, se realiza de forma casi instantánea.

El paradigma del consumidor pasivo se está transformando en un consumidor activo, crítico, que comparte información con el resto de consumidores y exige calidades cada vez más elevadas a precios más competitivos.

Por un lado, las mejoras en el ámbito del diseño de bienes y productos vienen de la mano de la innovación colaborativa. Existe una tendencia en auge hacia una colaboración estrecha entre los principales agentes de la cadena de valor.

Estos agentes incluyen a empresas (tanto del mismo sector como de otros sectores), centros académicos y de investigación y clientes.

Todos ellos son susceptibles de aportar conocimientos e ideas innovadoras a los procesos de diseño y fabricación de bienes y servicios con el objetivo de potenciar la innovación. Cuantas más personas u organizaciones participen en estos procesos de desarrollo, más ideas y diversidad es posible capturar y, por tanto, mayor es la tasa de éxito del producto o bien. El objetivo es desarrollar productos que se ajusten a las demandas de los consumidores.

Las tareas de desarrollo abarcan varias dimensiones de los bienes. Diseño, formato, packaging o distribución son solo algunos ejemplos de las áreas donde se pueden conseguir avances. Los conceptos seleccionados son fácilmente replicables en diseños automatizados (CAD) para, posteriormente, fabricar prototipos reales en tiempo reducido gracias la tecnología de impresión aditiva 3D. Se reducen los tiempos de conceptualización y desarrollo del producto y se permite generar innovaciones de producto en un tiempo menor.

La tecnología de impresión 3D también va a posibilitar una mayor personalización e individualización de los productos haciéndolos únicos para las especificaciones de cada cliente.

En lo referente a la producción y debido a su carácter técnico e industrial, esta es probablemente una de las áreas que más cambios van a sufrir en el contexto de la Industria 4.0.

En primer lugar, el avance de la robótica va a presentar cambios considerables en la organización de las plantas. Si bien es cierto que la robotización de la industria ya está presente en la gran mayoría de empresas del sector desde hace años, el avance tecnológico va a suponer ir a un paso más allá. Los robots son cada vez más autónomos e inteligentes y se espera que en un futuro cercano puedan tomar decisiones propias de acuerdo a condiciones de la producción. El *machine learning*, muy ligado al Internet de las cosas y el Big Data, va a permitir mejorar la eficiencia y productividad de estas máquinas.

Machine learning (aprendizaje automático) se refiere a “el subcampo de las ciencias de la computación y una rama de la inteligencia artificial cuyo objetivo es

*desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender*¹². Es la técnica por la cual las máquinas van aprendiendo, de acuerdo a registros históricos y en base a modernos algoritmos, a mejorar su desempeño para que el uso de los recursos productivos sea cada vez más eficiente, aumentando su productividad.

No hay que olvidar que todos los procesos de producción no van a ser llevados a cabo solo por máquinas. Una mayor robotización de la industria viene acompañada de una estrecha interacción máquina-operario. Aunque las máquinas sean autónomas en un mayor o menor grado, siempre tiene que haber un operario controlando las operaciones y ejecutando tareas de mantenimiento en caso de error o rotura.

En segundo lugar, la aplicación de las nuevas tecnologías pasa por el auge del mantenimiento predictivo y mantenimiento remoto. Consecuencia de una red de información integrada por sensores inteligentes y al tratamiento Big Data, se puede predecir, con un grado de acierto bastante elevado, el momento de mantenimiento de las máquinas antes de que se produzca una parada de la máquina. Las mejoras en este ámbito son menores tiempos de inactividad.

La realidad aumentada tendrá importantes aplicaciones en los procesos de mantenimiento y reparación, guiando paso por paso a los operarios encargados de realizar dichas actividades y reduciendo la tasa de error considerablemente.

Se estima una reducción en los costes de mantenimiento de entre un 10% y un 40% y de las pausas de las máquinas de entre un 30% y un 50%¹³.

La interoperabilidad de todos los objetos, máquinas y personas es el aspecto fundamental de la fábrica inteligente. Los dispositivos inteligentes serán capaces de detectar defectos en la producción y delegar esas tareas en otras máquinas consiguiendo unos tiempos de inactividad cercanos a cero.

Gracias a una flexibilidad elevada en los medios productivos, las organizaciones pueden hacer frente a las demandas de los consumidores, cambiantes y cada vez más individualizadas y únicas en sus características.

¹² Wikipedia (2017) – Aprendizaje automático, consultado 23 de mayo 2017, https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_autom%C3%A1tico

¹³ Caylar P., Naik K., Noterdaeme O. (2016), “Digital in industry: From buzzword to value creation”, Exhibit 1, de McKinsey&Company, consultado el 25 de mayo 2017, <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-in-industry-from-buzzword-to-value-creation>

Los nuevos modelos de producción, apoyados en la tecnología de fabricación 3D, pueden dar respuesta a la fabricación de diferentes series o incluso de productos individualizados en la misma planta, todo ello con el objetivo de tener una oferta más competitiva en el mercado.

En el contexto de la digitalización, los medios productivos son monitorizados y controlados sin interrupciones. En consecuencia, la gestión de la calidad total va a progresar considerablemente. Los controles de calidad pueden realizarse *in-situ* en cada etapa de producción. La miniaturización de los sensores inteligentes y una disminución en sus costes de adquisición abre la posibilidad de incluir sensores en todas las máquinas. En las fábricas inteligentes, las piezas pueden pasar los controles de calidad en el mismo momento en que son fabricadas.

Las máquinas que realizan la producción contarán con sensores que analizarán si una pieza determinada cumple con las especificaciones establecidas para su producción. En caso de defecto, la pieza será retirada y se detectará, de una forma rápida, qué máquina y porqué se ha incurrido en ese error. Gracias al feedback generado por los datos, se pueden realizar iteraciones en los procesos y máquinas y será viable alcanzar el error cero en la producción, es decir, calidad total en todos los procesos y productos con una precisión sin precedentes.

Gracias a los sensores inteligentes conectados en red, cuando surjan necesidades de materias primas, se pueden lanzar pedidos automáticamente al proveedor sin intervención humana. Se podrán consultar en tiempo real estos pedidos, ver su estado, localización y disponer de las facturas al momento.

El lanzamiento automatizado de pedidos entre cliente y proveedor solo es posible cuando exista un alto grado de integración vertical entre todos los agentes de la cadena de valor. No hay que olvidar que tanto la integración vertical como la integración horizontal de la cadena de valor es una de las bases fundamentales de la digitalización de la empresa.

La combinación de los aspectos mencionados supone un aumento de productividad y unos menores costes de calidad.

Las estimaciones (según sector y nivel de digitalización) sugieren un aumento de la productividad que va desde el 3% hasta el 5% y una reducción en los costes de calidad de entre un 10% y un 20%¹⁴.

Departamento contabilidad y finanzas

En el contexto de la Industria 4.0, el departamento de contabilidad y finanzas proporcionará mejoras en las tareas de control y auditoría interna. Las organizaciones que apuesten por la digitalización deberán desarrollar nuevos modelos de control adaptados a las nuevas tecnologías.

Los sistemas ciberfísicos permiten la creación continua de datos. Gracias al avance tecnológico, estos datos pueden ser analizados en tiempo real. Se obtiene información más precisa y detallada de todos los centros de costes y beneficios. La toma de decisiones se enfoca a mejorar aquellos procesos o productos que resultan deficitarios.

Asimismo, el departamento contable también tendrá que hacer frente a retos importantes para alinearse con el resto de áreas funcionales de la organización para satisfacer al cliente. La aplicación de nuevas tecnologías supone un cambio transversal en los métodos utilizados hasta el momento y se deberán desarrollar nuevas metodologías e ideas para hacer frente a estos retos.

Aunque los profesionales contables van a seguir siendo indispensables, habrá requerimientos de otras disciplinas. Empleados con habilidades estadísticas y de análisis avanzado serán muy valorados por este departamento. La inmensa cantidad de datos hace que el análisis agregado sea la única forma de obtener patrones y predicciones. Los datos agregados permitirán conocer la eficiencia y productividad de la organización en relación a los costes y beneficios. El pago de impuestos o la liquidación del IVA por vía telemática reducen los costes de transacción.

¹⁴ Ibíd., Exhibit 1

Departamento comercial (marketing y ventas)

El departamento comercial se encarga de generar la demanda para la empresa. Es decir, conocer qué quiere el consumidor, cómo, cuándo y en qué forma.

El Big Data va a permitir hacer análisis predictivo de las necesidades de los clientes. Se trata de predecir demandas futuras para organizar la producción, necesidades de materias primas, stock y procesos logísticos¹⁵.

Las empresas cuentan con bases de datos de las compras históricas de sus clientes. Estas bases de datos pueden ser analizadas mediante técnicas avanzadas para predecir nuevas tendencias. Además, se pueden utilizar las mismas técnicas en redes sociales o foros de discusión. Las técnicas más avanzadas permiten conocer, partiendo de datos agregados, cuáles son los atributos del producto más valorados, menos valorados y ver si los comentarios tienen connotaciones positivas o negativas respecto a un producto determinado. Si se establecen planes de acción, esta información aporta valor intrínseco al consumidor.

Si se conoce cuáles son los atributos más valorados por el cliente, estos se pueden potenciar. Si por el contrario hay aspectos negativos o atributos que los consumidores quieren tener en el producto, se puede actuar en consecuencia para incluirlos en modelos futuros. Es cierto que no todos los consumidores participan en internet o redes sociales pero considero que es un filón que las empresas deben explorar en la era digital.

En relación a las ventas, se pueden ofrecer servicios adicionales que aporten valor añadido al producto. Uno de los más importantes es el mantenimiento predictivo. En productos industriales con un carácter altamente especializado, la integración de sensores inteligentes en estos productos puede anticipar el mantenimiento antes de que se produzca un fallo. Estos servicios posibilitan que el cliente no sufra parones en su actividad, disminuyendo sus costes operativos y de mantenimiento. Por otra parte, el mantenimiento remoto permite ahorrar desplazamientos innecesarios a la empresa. En algunos casos, el mantenimiento de maquinaria industrial puede darse en un contexto internacional.

¹⁵ Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2016). Industria Conectada 4.0 (*La transformación digital de la industria española – informe preliminar*), pp. 29 y 32

Por último, la automatización y el Big Data permiten lanzar ofertas personalizadas a cada cliente en contextos determinados y cuando se cumplan ciertas condiciones.

Departamento de distribución

Junto con la producción, la digitalización de la industria tendrá un impacto especialmente importante en la distribución. La logística se encarga del almacenaje, transporte y posterior distribución a los puntos de venta del producto. El principal reto es adaptar los modelos logísticos a las nuevas tendencias y exigencias del mercado.

Los consumidores exigen plazos de entrega más cortos y mayor rapidez en los procesos de distribución. Tal como sostiene el informe Industria Conectada 4.0¹⁶, los factores clave para la adaptación de los modelos logísticos son: personalización, mayor flexibilidad en las rutas, acceso a la información y fraccionamiento de la cadena de valor.

Las redes de información van a garantizar una mayor trazabilidad a lo largo de la cadena de suministro, producción más personalizada, métodos de pago automatizados, previsión de la demanda y stocks reducidos.

En la era digital, la cadena de suministro se gestiona en tiempo real. Los suministros de materias primas para la producción y el envío a distribuidores y clientes se realizan en función de las necesidades de cada momento y de las previsiones de venta. En un futuro cercano, solo se producirá bajo pedido (*build to order*), dejando atrás la fabricación de grandes lotes que luego se almacenan esperando a ser expedidos. La tendencia en este aspecto es reducir el stock al máximo, tanto de productos terminados como de materias primas. A este respecto toma especial importancia el concepto de *just-in-time*.

Se pueden distinguir dos vertientes en la logística de la empresa: interna y externa. En relación a la logística interna se pueden conseguir avances mediante la optimización de los procesos logísticos. En concreto, mediante la reducción de stock, eliminación de movimientos ineficientes de material y producto dentro del almacén y procesos de picking más eficientes.

¹⁶ Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2016). Industria Conectada 4.0 (*La transformación digital de la industria española – informe preliminar*), pp. 31

Las tareas de picking van a mejorar sustancialmente gracias a la realidad aumentada, disminuyendo, por un lado, los movimientos de los operarios en estas operaciones y por otro, los errores. Esto se traduce en unos menores tiempos de preparación de pedidos y disminución de costes.

En el ámbito externo de la logística, las tendencias sugieren una mayor sensorización de los productos y material en la cadena de suministro.

El avance de la tecnología ha permitido la miniaturización de dispositivos de control y rastreo que pueden ser integrados en casi cualquier soporte: productos, cajas, palés, contenedores y/o medios de transporte. Así, la trazabilidad de la mercancía es total en la cadena de suministro y se puede realizar un seguimiento de flotas. La información se almacena en la nube y es tratada por técnicas Big Data, también puede ser consultada por cualquier participante en la cadena de suministro: proveedores, productores, distribuidores o clientes. Gracias a estas aplicaciones se genera un mayor valor añadido.

Departamento de recursos humanos

Una mayor complejidad en los procesos precisa de personal más especializado. La digitalización de la industria ya está generando demanda de perfiles cualificados en distintos campos: ingeniería, tecnología, matemáticas y análisis avanzado, entre otros.

Los empleados de las fábricas inteligentes deberán tener habilidades multidisciplinares con un conocimiento avanzado en tecnologías de la información y alta flexibilidad.

Las aplicaciones de las nuevas tecnologías no se van a llevar a cabo de forma adecuada si no existe un capital humano competente que las apoye. Así, uno de los principales retos del departamento de recursos humanos será disponer de trabajadores cualificados para las diferentes áreas, algunas de ellas, en la actualidad, con déficit de profesionales. La búsqueda y retención de talento va a ser suponer otro reto importante para este departamento.

5. Exposición de casos de estudio

El objetivo de este epígrafe es exponer tres casos prácticos de empresas que en la actualidad están aplicando tecnologías de la Industria 4.0 en sus procesos productivos. Pretendo hacer hincapié, sobretodo, en la tecnología que utilizan, ventajas que proporcionan y departamentos a los que afecta.

5.1. Airbus (fabricación aditiva 3D)

Airbus es un fabricante europeo de aeronaves que opera en el sector aeronáutico. La empresa está utilizando la fabricación aditiva para la producción de piezas de su modelo A350 XWB¹⁷.

La aplicación de esta tecnología tiene su origen en la necesidad de la empresa de mejorar la flexibilidad de su cadena de suministro para cumplir con los plazos de entrega. Los pedidos en el sector aeronáutico suelen ser bastante ajustados y en muchas ocasiones las entregas no se realizan a tiempo. Es por esto que Airbus fijó la mejora de la flexibilidad de su cadena de suministro como una decisión estratégica.

En colaboración con Stratasys, líder en el sector de tecnología de impresión 3D, ya se han producido miles de piezas en tiempo reducido, hecho impensable con los métodos de producción convencionales.

Así, la manufactura aditiva posibilita la producción de piezas complejas y en materiales muy diversos. Por otra parte, la calidad de las piezas cumple con los estrictos estándares de calidad del sector aeronáutico. Además, gracias a esta tecnología se permite la descentralización de la producción. Ahora, la fabricación de piezas se realiza bajo demanda y se puede trasladar a localizaciones estratégicas cercanas a la línea de ensamblaje.

El impacto en la empresa son menores tiempos de producción, reducción de los costes de inventario y transporte, derivados de la producción bajo demanda y la cercanía entre planta de producción y planta de ensamblaje y un menor desperdicio de materias primas en comparación con la manufactura tradicional, lo que supone un aumento de la productividad. Los departamentos que se ven afectados son el de producción, distribución y comercial.

¹⁷ “Airbus utiliza la impresión 3D de Stratasys para la fabricación de sus piezas de aeronaves” de Metalmecánica, consultado el 30 de mayo 2017, <http://www.metalmecanica.com/temas/Airbus-utiliza-la-impresion-3D-de-Stratasys-para-la-fabricacion-de-sus-piezas-de-aeronaves+105474>

5.2.Mymuesli (personalización masiva)

Mymuesli es una compañía alemana de cereales que opera en el sector de la alimentación. Es la primera compañía alimentaria que ha tenido éxito en la personalización masiva de comida. La empresa ofrece a sus clientes la posibilidad de personalizar su muesli en base a un menú de 18 ingredientes (cereales, manzana, plátano, chocolate, etc.). Las posibles combinaciones para un muesli ascienden a millones¹⁸.

El consumidor puede confeccionar el muesli a su gusto desde la página web. Una vez formalizado el pedido, se imprime en la fábrica y el producto va pasando por una línea de máquinas expendedoras donde solicita los ingredientes necesarios (interoperabilidad producto-máquina de forma autónoma).

Por un lado, la empresa se adapta a la hiperconectividad del cliente, facilitando el proceso de orden de un pedido, desde cualquier lugar, momento y dispositivo. Por otro, permite satisfacer las necesidades individuales de todos los consumidores a un coste reducido.

La empresa logra reducir sus costes de inventario, produciendo solo bajo pedido. Los tiempos de producción son menores y se consiguen unos plazos de entrega reducidos, la fabricación del paquete y el envío son instantáneos. Por último, se adapta a las nuevas tendencias del mercado y logra poner en marcha, de una forma flexible y eficiente, modelos de negocio totalmente novedosos. Son los departamentos comercial, de distribución y en mayor medida de producción los más afectados por la aplicación de esta tecnología.

5.3.Rolls-Royce (mantenimiento predictivo)

Rolls-Royce es mundialmente conocida por fabricar los coches más lujosos del mundo, pero su principal línea de negocio se sitúa en el segmento de motores y turbinas para aeronaves y barcos. En la actualidad, sus motores y turbinas están presentes en miles de aviones y barcos a lo largo de todo el mundo. Así, se trata de un producto con un componente tecnológico altísimo, tanto por su naturaleza como por sus implicaciones en materia de seguridad.

¹⁸ Ruiz E., “La cuarta revolución industrial llega desde Alemania”, El País, consultado el 29 de mayo 2017, http://ccaa.elpais.com/ccaa/2014/10/15/paisvasco/1413383975_967198.html

En los motores y sistemas de propulsión se encuentran integrados cientos de sensores que miden hasta el más mínimo detalle de las actividades operativas.

Estos datos son analizados por los ingenieros que programan planes de mantenimiento cuando es necesario. La irrupción del Big Data ha permitido a Rolls-Royce mejorar su servicio postventa, conocido como *Total Care*¹⁹.

Gracias al análisis avanzado de cantidades masivas de datos, Rolls-Royce puede identificar problemas antes de que se produzca un fallo y realiza acciones de mantenimiento días o incluso semanas antes de que se produzcan. Así, las aerolíneas pueden planificar las tareas de mantenimiento predictivo sin afectar a las frecuencias de los vuelos o a la experiencia de sus clientes. El análisis de datos Big Data también favorece la reducción en los costes de combustible y la programación de vuelos en rutas más eficientes. Los sistemas de control y reparación de averías ya suponen el 70% de los ingresos de la compañía²⁰.

La empresa ha sabido adaptarse a los cambios del mercado y ha modificado su modelo de negocio previo hacia un modelo novedoso con una base netamente digital. El Big Data ha supuesto un gran impacto en las áreas de diseño, producción y servicio postventa.

¹⁹ Marr B. (2015), “How Big Data Drives Success At Rolls-Royce”, Forbes, consultado el 22 de mayo 2017, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/06/01/how-big-data-drives-success-at-rolls-royce/>

²⁰ Prieto M., García J. (2016), “La Industria 4.0 despega en España”, Expansión, consultado el 28 de mayo 2017, <http://www.expansion.com/economia-digital/companias/2016/12/02/583dc18a46163fbc3b8b45c3.html>

6. Limitaciones y crítica a la Industria 4.0

Si bien es cierto que la Industria 4.0 ofrece grandes oportunidades a las organizaciones, también existen ciertas limitaciones que van a frenar su adopción en el tejido industrial. He seleccionado cuatro aspectos fundamentales que considero son las más importantes: necesidades de capital, ciberseguridad, formación del capital humano y empleo.

En el caso de España, la mayor parte del tejido empresarial lo constituyen pequeñas y medianas empresas (PYMES). La digitalización de la empresa precisa de cuantiosas inversiones en infraestructuras, software y personal especializado. El reducido tamaño de gran parte de estas empresas supone una barrera en la concesión de financiación por parte de las instituciones bancarias. A este respecto, los responsables de finanzas de las empresas tendrán que valorar con suma cautela los riesgos asociados a estos proyectos innovadores. Planteamientos erróneos junto con un alto endeudamiento pueden hipotecar la situación actual y futura de la empresa, pudiendo empeorar su rentabilidad y capacidad competitiva.

Además, muchos empresarios aun no tienen claro cuáles son los beneficios y mejoras que van a obtener al integrar estos nuevos sistemas en sus medios productivos. Hay que tener en cuenta que muchas de estas empresas aún están en proceso de adopción de las tecnologías de la Tercera Revolución.

Por otro lado, la ciberseguridad es un tema que en la actualidad genera mucha aversión por parte de muchos directivos, incluidos los pertenecientes a grandes corporaciones. Integrar soluciones de la Cuarta Revolución implica interoperabilidad y una mayor integración digital tanto vertical como horizontalmente. Las redes de información integradas hacen que bases de datos e información interna de una organización sea compartida con el resto de la cadena de valor.

La integración de la empresa en redes conectadas de forma continua da lugar a posibles brechas de seguridad y filtración de datos y documentación especialmente sensible. Las consecuencias son pérdidas económicas importantes e incluso deterioro al prestigio e imagen de la marca. No se puede olvidar, muy relacionado con este aspecto, el ciberespionaje y el robo de información. Los sectores especialmente sensibles a este tipo de prácticas son: bancario, farmacéutico, aeroespacial y defensa.

Así, en este ámbito el desarrollo de la ciberseguridad será crucial para todas aquellas organizaciones que apuesten por modelos de negocio digitales, lo que implica, a su vez, mayores inversiones.

La formación del capital humano también genera ciertas limitaciones en una eficiente introducción de las nuevas tecnologías en la empresa. Los procesos serán cada vez más innovadores. A causa de ello, surgirán nuevos perfiles profesionales, aumentando su demanda por parte de todos los sectores. Los empleados que ya forman parte de la fuerza laboral deberán formarse en consecuencia para estar alineados con las necesidades de la industria.

Los gobiernos centrales deben establecer planes de actuación en el sistema educativo para mejorar la formación de futuras generaciones, desde la escuela hasta la universidad. Una baja cualificación en el capital humano supone una pérdida significativa de competitividad frente al resto de países.

Por último, el empleo en la nueva revolución suscita críticas y genera opiniones diferenciadas. Se espera que el efecto neto en la ocupación sea positivo, como ocurrió en las anteriores revoluciones industriales. Aun así, los robots desempeñarán las tareas más repetitivas y menos cualificadas, dejando fuera del mercado laboral a aquellos sin la formación necesaria para participar en un mundo globalizado y cambiante.

Existe en este supuesto una amenaza de carácter social con profundas implicaciones. Tanto instituciones públicas como privadas deben apostar por la ciencia y la innovación a nivel nacional para que la aplicación de la Industria 4.0 llegue a todos los colectivos. Si la digitalización de la industria afecta solo a una parte de la población, capacitada y multidisciplinar, se corre el riesgo de generar una brecha social de consecuencias imprevisibles.

Con el objetivo de mitigar el efecto de la robotización en la ocupación, sería conveniente que las organizaciones pusieran en marcha planes integrales de formación a los empleados que se encuentran en una situación de menor cualificación. Los planes de formación pueden hacer uso de las nuevas tecnologías, por un lado, para poner en contacto a los empleados con las nuevas herramientas y, por otro, para acelerar los procesos formativos. Las instituciones públicas deben apoyar estas iniciativas y favorecer, en la medida de lo posible, su implementación real en las empresas.

7. Conclusiones

La Industria 4.0 es el siguiente paso en la evolución de la industria gracias al avance tecnológico. La Cuarta Revolución pone a disposición de las organizaciones las herramientas y tecnologías para cimentar las bases de la fábrica inteligente.

Todos los sectores son susceptibles de integrar estas soluciones en sus procesos productivos aunque es cierto que el sector industrial, por su condición técnica, va a ser el más beneficiado.

Gracias a una creciente integración tanto vertical como horizontal en lo digital, todos los agentes de la cadena de valor trabajan de forma colaborativa, proponiendo ideas innovadoras que favorecen la creación de un mayor valor añadido. Además, las nuevas tecnologías están permitiendo que las empresas reorganicen y desarrollen sus procesos para acercarse a un consumidor hiperconectado, con necesidades cambiantes, para poder ofrecer soluciones que se adapten a ellos.

Asimismo, los tiempos en los procesos de diseño, desarrollo y prototipado de productos se reducen considerablemente. A tal efecto, la tecnología de impresión 3D juega un papel crucial, posibilitando la fabricación de prototipos de forma rápida y flexible así como la manufactura de piezas complejas en materiales muy diversos. Igualmente, la fabricación aditiva logra unos niveles de desperdicio de materia prima menores que los procedimientos convencionales. También se facilita la descentralización de la producción.

Por otro lado, el desarrollo de la robotización en la fábrica inteligente en combinación con el Internet de las cosas y el Big Data está favoreciendo la personalización masiva de productos a precios de producción en masa, un enfoque que considero ganador. De igual forma, estas tecnologías están más cerca de alcanzar la excelencia en los procesos: producción y calidad con cero errores.

La realidad aumentada va a tener importantes aplicaciones en operaciones logísticas como el picking pero donde va a sobresalir de forma notoria es en las tareas de mantenimiento.

De importante mención son las utilidades de estas tecnologías en la administración de operaciones. Gracias a la automatización y sensorización de prácticamente todos los activos de una empresa, los administradores de operaciones

tienen una visión holística y en tiempo real de la organización para la toma de decisiones.

En el área de producción, la automatización y el mantenimiento predictivo van a reducir los tiempos de inactividad de las plantas de producción. Los principales beneficios son unos menores costes, mayor productividad y una reducción del *time-to-market*. Respecto al área de distribución, la integración de sensores inteligentes va a permitir una trazabilidad total en la cadena de suministro.

En lo referente al capital humano, la formación necesaria en los empleados será multidisciplinar. Los requerimientos en los perfiles profesionales pasan por un alto conocimiento en tecnologías de la información, flexibilidad, capacidad de trabajo en equipo y adaptación al cambio, gestión del tiempo, resolución de problemas y profundos conocimientos en análisis y logística.

La capacidad de adaptación de las empresas en la era digital será fundamental para su supervivencia en una economía globalizada y cada vez más competitiva. Las organizaciones tienen que apostar por la integración de las tecnologías de la Industria 4.0 ya que solo así podrán mantener y aumentar su cuota de mercado y rentabilidad. Los avances conseguidos hasta el momento son solo el principio de todo lo que está por venir. Este es el momento para poner en marcha propuestas que aseguren la adaptación eficiente de la empresa a la era digital.

Bibliografía

- Ashton, K. (2009): That ‘Internet of Things’ Thing. *RFID Journal*
- Azuma, R. (1997): A Survey of Augmented Reality, *Teleoperators and Virtual Environments 6, 4 (1997)*, pp. 355-385.
- Bauer et al. (2015), Transforming to a hyper-connected society and economy – towards and “Industry 4.0”, *Procedia Manufacturing 3 (2015)*, pp. 417-424
- Baur C., Wee D., (2015): “*Manufacturing’s next act*”, de McKinsey&Company, consultado 26 de abril 2017, <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-s-next-act>
- Blanco M., (2016): “Beneficios y amenazas de la Industria 4.0”, de ctxt, consultado el 30 de mayo 2017, <http://ctxt.es/es/20160831/Firmas/8157/Industria-tecnologia-revolucion-mercado-digital.htm>
- Caylar P., Naik K., Noterdaeme O. (2016), “Digital in industry: From buzzword to value creation”, Exhibit 1, de McKinsey&Company, consultado el 25 de mayo 2017, <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/digital-in-industry-from-buzzword-to-value-creation>
- Danova, T. “Morgan Stanley: 75 Billion Devices Will Be Connected To The Internet Of Things By 2020.” Business Insider, consultado 23 de marzo 2017, <http://www.businessinsider.com/75-billion-devices-will-be-connected-to-the-internet-by-2020-2013-10>
- Evans, D. (2011), How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything, *Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) 04-11*, pp. 3
- Geissbauer R., Vedso J., Schrauf S., 2016 Global Industry 4.0 Survey, *Industry 4.0: Building the digital enterprise*, PwC, pp. 5-6
- Gobierno de España. Ministerio de Industria, Energía y Turismo (2016). Industria Conectada 4.0 (*La transformación digital de la industria española – informe preliminar*)
- Gracia, M. (2015) - “Realidad Aumentada (RA) aplicada al mantenimiento industrial. Caso de uso: desmontaje de un torno”, de ITAINNOVA, consultado 1 de mayo 2017, <http://www.itainnova.es/blogs/visualizacion-inmersiva-e-interactiva-para->

[industria/realidad-aumentada-ra-aplicada-al-mantenimiento-industrial-caso-de-uso-desmontaje-de-un-torno/](#)

Heizer J., Render B., (2009): *Principios de administración de operaciones. Séptima edición.* Pearson Educación, México. pp. 4

Heng et al. (2015), Augmented reality: Specialised applications are the key to this fast-growing market for Germany, *Deutsche Bank Research*.

Imprimalia3D (2017) - “*Boeing ahorrará 3 millones de dólares en cada avión con la impresión 3D en titanio*”, consultado 20 de abril 2017, <http://imprimalia3d.com/noticias/2017/04/12/008980/boeing-ahorrar-3-millones-dlares-cada-avi-n-impresi-n-3d-titanio>

Imprimalia3D (2015) - “*Opel reduce sus costes de utillaje en un 90%, gracias a la impresión 3D*”, consultado 20 de abril 2017, <http://imprimalia3d.com/noticias/2015/11/19/005484/opel-reduce-sus-costes-utilaje-90-gracias-impresi-n-3d>

Industria 4.0 en la Feria de Hannover, *La senda hacia la “fábrica inteligente” pasa por la Feria de Hannover*, abril 2014, consultado 15 de marzo 2017, <https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover>

Kopetz, H. (2011). Design Principles for Distributed Embedded Applications. *Real-Time Systems Series*, pp. 307-323.

Landes, D. (1979): *Progreso tecnológico y revolución industrial*. Tecnos, Madrid. pp. 1-2

Manyika, J., Chui, M., Bisson, P., Woetzel, J., Dobbs, R., Bughin, J., Aharon, D. “*The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype.*” McKinsey Global Institute, Junio 2015.

Marr B. (2015), “How Big Data Drives Success At Rolls-Royce”, Forbes, consultado el 22 de mayo 2017, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/06/01/how-big-data-drives-success-at-rolls-royce/>

Metalmecánica (2015) “*Airbus utiliza la impresión 3D de Stratasys para la fabricación de sus piezas de aeronaves*”, consultado el 30 de mayo 2017

<http://www.metalmechanica.com/temas/Airbus-utiliza-la-impresion-3D-de-Stratasys-para-la-fabricacion-de-sus-piezas-de-aeronaves+105474>

Plastico.com (2016) - “*Volvo reduce en 94% sus tiempos de producción gracias a la manufactura aditiva*”, consultado 20 de abril 2017, <http://www.plastico.com/temas/Volvo-reduce-en-94-sus-tiempos-de-produccion-gracias-a-la-manufactura-aditiva+113454>

Prieto M., García J. (2016), “La Industria 4.0 despegue en España”, Expansión, consultado el 28 de mayo 2017, <http://www.expansion.com/economia-digital/companias/2016/12/02/583dc18a46163fbc3b8b45c3.html>

R3ALD - “*¿Qué es la impresión 3D?*”, consultado 2 de abril 2017, <http://www.r3ald.com/que-es-la-impresion-3d>

Rifkin, J. (2011): *La tercera revolución industrial: cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Paidós, Barcelona. pp. 59-60

Rose K., Eldridge S., Chapin L. (2015). *The Internet of Things: An Overview, Understanding the Issues and Challenges of a More Connected World*, The Internet Society, pp. 4-12

Ruiz E., “*La cuarta revolución industrial llega desde Alemania*”, El País, consultado el 29 de mayo 2017, http://ccaa.elpais.com/ccaa/2014/10/15/paisvasco/1413383975_967198.html

Verhage, J. (2016): “*Goldman Sachs Has Four Charts Showing the Huge Potential in Virtual and Augmented Reality*”, de Bloomberg, consultado 30 de mayo 2017, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-13/goldman-sachs-has-four-charts-showing-the-huge-potential-in-virtual-and-augmented-reality>

Wikipedia (2017) – Aprendizaje automático, consultado 23 de mayo 2017, https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_autom%C3%A1tico

Wikipedia (2016) – Realidad aumentada, https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada