

07-008

FOOD INDUSTRY 4.0. KEY FACTOR IN THE ECONOMIC STRUCTURE OF ANDALUCÍA

Guerrero Cano, Manuel⁽¹⁾; Luque Sendra, Amalia⁽¹⁾; Lama Ruiz, Juan Ramón⁽¹⁾; González-Regalado Montero, Eduardo⁽¹⁾

⁽¹⁾Grupo de investigación TEP 022 Área de Proyectos de Ingeniería. Departamento de Ingeniería del Diseño. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.

The food industry is key to the economic structure of Andalusia, both because of the weight and position of this industry in the economy and its advantages and potential. The term industry 4.0 corresponds to a new way of organizing the means of production. The "smart factories" are capable of greater adaptability to the needs and production processes, as well as to a more efficient allocation of resources. The new paradigm involves structural changes in key areas of the industry, which will accelerate the innovation-design cycle, bringing the final customer closer to the design phase. The production chain will be faster and more flexible, the connected machines in real time favor the adaptability of the production chain, making it possible to achieve a global traceability, continuous and in real time. The implementation of the framework proposed by the industry 4.0. it is a necessity for the industry in general, and for the Andalusian food industry in particular, and should be seen as a great opportunity for progress for the sector.

This work constitutes the state of the art, through the bibliographic review, of the application of the paradigm proposed by Industry 4.0 to the food industry.

Keywords: *Industry 4.0; Economic structure; Smart Factories; Innovation*

INDUSTRIA ALIMENTARIA 4.0. FACTOR CLAVE EN LA ESTRUCTURA ECONÓMICA DE ANDALUCÍA

La industria alimentaria es clave en la estructura económica de Andalucía, tanto por el peso como por la posición de esta industria en el economía y sus ventajas y potencialidad. El término industria 4.0 corresponde a una nueva manera de organizar los medios de producción. Las «fábricas inteligentes» son capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, así como a una asignación más eficiente de los recursos. El nuevo paradigma implica cambios estructurales en ámbitos clave de la industria, que acelerarán el ciclo de innovación-diseño, acercando al cliente final a la fase de diseño. La cadena de producción será más rápida y flexible, las máquinas conectadas en tiempo real favorecen la adaptabilidad de la cadena de producción, haciendo posible alcanzar una trazabilidad global, continua y en tiempo real. La implementación del marco propuesto por la industria 4.0. es una necesidad para la industria en general, y para la industria alimentaria andaluza en particular, y debería verse como una gran oportunidad de progreso para el sector.

Este trabajo constituye el estado del arte, a través de la revisión bibliográfica, de la aplicación del paradigma propuesto por la Industria 4.0 a la industria alimentaria.

Palabras clave: *Industria 4.0; Estructura económica; Fábricas Inteligentes; Innovación*

Correspondencia: Manuel Guerrero Cano; manuel.guerrero.cano@gmail.com; 645120960



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La innovación y los desarrollos tecnológicos juegan un papel importante en todas las organizaciones. Sin embargo, los avances de la transformación digital y la creciente interconectividad, gracias a las TIC, traen nuevos desafíos a las organizaciones, ya que la digitalización cambiará significativamente los productos y los sistemas de fabricación con respecto al diseño, procesos, operaciones y servicios. Además, según Pereira & Romero (2017), se espera que la Industria 4.0 (como es conocido el nuevo paradigma industrial) traiga más consecuencias en la gestión y los empleos futuros, permitiendo la creación de nuevos modelos de negocio que tendrán un gran efecto en la industria y los mercados, afectando de manera efectiva el ciclo de vida del producto, proporcionando una nueva forma de producción y hacer negocios, permitiendo la mejora de procesos y aumentando la competitividad de la empresa.

La Industria 4.0 es un nuevo paradigma de fabricación que está muy centrado en la creación de productos y procesos inteligentes, a través del uso de máquinas inteligentes y la transformación de sistemas de fabricación convencionales en fábricas inteligentes.

Por lo tanto, es de esperar que las cadenas de valor sean cada vez más receptivas a cambios e innovaciones, ya que la Industria 4.0 promueve la integración entre fabricantes y clientes, lo que permite una interacción más estrecha con los consumidores y la adaptación de los modelos comerciales a los requisitos del mercado (Geissbauer, Vedso & Schrauf, 2016).

Los nuevos campos de competencias requeridos deben incluirse en la educación, ya que el pensamiento interdisciplinar desempeñará un papel importante y se buscarán excelentes habilidades en los ámbitos sociales y técnicos (Magruk 2016). La industria 4.0 dará lugar a una mayor automatización de las tareas, lo que significa que los trabajadores deben estar preparados para realizar nuevas tareas. La industria 4.0 tiene un gran potencial para capacitar a los profesionales del futuro, conocer las nuevas tendencias y oportunidades tecnológicas. Lo mismo se aplica a los gerentes, que deben adaptar su estrategia de gestión para los nuevos requisitos del mercado (Erol et al., 2016). Además, se requerirá un personal cada vez más calificado en los campos tecnológicos para abordar los requisitos de Industria 4.0

2. Objetivos

La Industria 4.0 está representando un importante cambio en la manera de fabricar y levanta mucho interés en entre académicos y profesionales. El creciente número de trabajos sobre este tema evidencia que está empezando a ser objeto de estudio en muchas instituciones de investigación. Por otro lado, los países y sus gobiernos han adoptado estrategias que apoyan la implementación del concepto de Industria 4.0 (Tupa, Simota & Steiner, 2017).

En este documento se pretende alcanzar dos objetivos: en primer lugar, establecer el estado del arte de la Industria 4.0, para comprender la importancia de este nuevo paradigma como un sistema tecnológico complejo.

Por otro lado, realizar un análisis del potencial de implantación del paradigma de Industria 4.0 a partir de la situación actual del tejido industrial andaluz. Para este objetivo, se toma como ejemplo a PROCAVI S.L., situada entre las 10 empresas más importantes en el sector agroalimentario de Andalucía.

3. Metodología

Se han utilizado fuentes internacionales como Scopus, Web of Science y ScienceDirect; para buscar literatura relacionada. La literatura relevante ha sido analizada y utilizada para definir

el paradigma de Industria 4.0. Las palabras clave utilizadas han sido: Industry 4.0, cuarta fourth revolution, smart factory, digitalisation.

En el apartado 4.1 de este documento sirve como fundamento teórico, intentando arrojar un poco de luz sobre el concepto Industria 4.0. Se describirá un estado del arte actual del paradigma Industria 4.0. Se expondrán característica, beneficios, retos, etc. Para ello se ha utilizado una revisión bibliográfica de publicaciones los últimos años referentes al tema.

A continuación, en el apartado 4.2, se expondrán como caso de estudio el sector alimentario andaluz y los beneficios que puede obtener de la Industria 4.0.

Por último, en el apartado 5, se plantearán las conclusiones obtenidas del estudio y los futuros trabajos a realizar.

4. Resultados

4.1. Estado del arte.

La Industria 4.0 se mencionó por primera vez en 2011 en la Feria de Hannover y se puede definir como un término que engloba las tecnologías TIC bajo Sistemas Ciber-físicos (CPS). Un sistema ciber-físico puede definirse como la conexión de todas las partes físicas a través de cadenas de datos y operaciones integradas, creando entornos inteligentes que son capaces de unir el mundo real y el virtual. Un CPS integra dispositivos, máquinas, módulos de producción y productos, desencadenando acciones y controlándose mutuamente de forma autónoma.

Tupa, Simota & Steiner (2017) opinan que el concepto de Industria 4.0 está compuesto, a su vez, por otra serie de conceptos como son: el Internet de las Cosas (IoT), Internet de Servicios (IoS), Internet de las Personas (IoP) e Internet de la Energía (IoE). Mientras que otros autores (Weyer et al., 2015) establecen que el nuevo paradigma industrial está compuesto por otros tres paradigmas principales: Producto Inteligente, Máquina Inteligente y Operador Aumentado. Este es un claro ejemplo que no se ha llegado a un consenso en la definición de Industria 4.0.

Si prestamos atención a la definición de Weyer et al. (2015), el primer paradigma se refiere a la aparición de nuevos requisitos del mercado y al desarrollo de productos inteligentes. Estos productos pueden almacenar una gran cantidad de datos e interactuar con su entorno, siendo conscientes de sí mismos y comunicándose de forma autónoma con los sistemas industriales (Schmidt et al., 2015). Los productos adquieren “inteligencia”, ya que un CPS se puede gestionar en tiempo real a través de toda la cadena de valor, solicitando los recursos necesarios para su finalización (Kagermann et al., 2013).

El segundo paradigma se refiere al hecho de que las máquinas se conviertan en CPS. Las fábricas serán más inteligentes, flexibles y dinámicas, y las máquinas podrán mejorar los procesos de producción a través de la auto-optimización y el proceso autónomo de toma de decisiones (Roblek, Meško & Krapež, 2016).

La Industria 4.0 favorece la producción flexible y modular. Las estaciones de trabajo modulares basadas en interfaces físicas y de TIC estandarizadas, se pueden reconfigurar de forma flexible a nuevas líneas de producción de forma rápida y sencilla (Brusaferrri et al., 2014).

Por último, el paradigma de Operador Aumentado está relacionado con el soporte tecnológico al trabajador. La industria 4.0 introduce nuevos tipos de interacciones entre el operador y las máquinas, así como la coexistencia entre humanos y robots, lo que cambiará por completo la fuerza laboral industrial actual para responder a los requisitos de la producción (Romero et al., 2016).

A estos tres paradigmas: producto inteligente, máquina inteligente y operador aumentado; Kolberg & Zühlke (2015) le suman un cuarto: planificadores inteligentes (Smart Planner). Las líneas de producción rígidas, con tiempos de ciclo fijos y flujos de transportes constantes también se ven beneficiadas por la Industria 4.0. Descentralizado la planificación en las estaciones de trabajo integradas de los CPS, se podría negociar los tiempos de ciclo y así encontrar el óptimo entre la utilización y la capacidad más alta posible por estación de trabajo y un flujo continuo de mercancías. (La, & Kim, 2010).

Por lo tanto, Industria 4.0 es un sinónimo de la transformación de las fábricas actuales en fábricas inteligentes, que tienen como objetivo abordar y superar los nuevos desafíos de ciclos de vida de productos más cortos, productos altamente personalizados y una dura competencia global (Weyer et al, 2015).

4.1.1. Precursores de la Industria 4.0

Toda revolución industrial tiene como antecedentes la aparición de una serie de tecnologías. En el caso de la Industria 4.0 nos encontramos tecnologías clave como la detección y captura de datos de fabricación, la configuración de las redes de sensores y el procesamiento de datos que facilitan el control óptimo de la información en tiempo real y la eficiencia de las operaciones durante el proceso de fabricación y su gestión (Zhang et al., 2012).

Strozzi et al. (2017) identifican como 5 los principales precursores de la Industria 4.0: Redes inalámbricas, RFID, agentes múltiples, computación en la nube y simulación.

La fabricación inalámbrica se ha convertido en una tecnología avanzada de última generación. Se basa en dispositivos inalámbricos, como redes inalámbricas Wi-Fi, para sincronización y recopilación de datos de campo (Huang, Wright y Newman, 2009). Los recientes desarrollos en sensores inalámbricos, comunicaciones y tecnologías de redes de información han dado nacimiento a la nueva era de Internet of Things para lograr la captura de datos en tiempo real desde la planta de fabricación, junto con la conectividad total y la interoperabilidad entre las capas empresariales (Zhang et al., 2012).

La fabricación en tiempo real basado en tecnología RFID es el siguiente precursor. Los dispositivos RFID se distribuyen en la fábrica para seguir y rastrear objetos de fabricación y recopilar datos de producción en tiempo real (Zhong et al., 2013). Esta tecnología se puede considerar una subclase de la anterior, en el sentido de que RFID es una de las primeras tecnologías inalámbricas adoptadas en el entorno de fabricación (Strozzi et al., 2017).

La tercera tecnología es la fabricación inteligente basada en agentes múltiples. Los sistemas de fabricación inteligentes presentan analogías con la organización de algunos sistemas vivos, como pueden ser las colonias de hormigas o el comportamiento de las abejas. Los recursos de un sistema de fabricación inteligente pueden considerarse como organismos autónomos y, al igual que un sistema vivo, el sistema de fabricación tiene las características de autoadaptación, autocuración y autodiagnóstico (Park y Tran, 2015).

El término 'computación en la nube' se refiere a la distribución de aplicaciones y recursos de TIC bajo demanda a través de Internet. Las infraestructuras de computación en la nube son grandes centros de datos que permiten a los usuarios acceder a los recursos (almacenamiento, aplicaciones, programas, servicios) que necesitan, con el contrato de pago "pago por uso". Esto permite a las empresas reducir significativamente su poder de cómputo interno, sean más flexibles y puedan controlar los costos fijos y variables (Xu 2012).

Por último, la programación y simulación permiten la optimización y fabricación flexible. La creciente necesidad de una mayor personalización de los productos y la volatilidad de la demanda junto con los requisitos de sostenibilidad necesitan formas eficientes de diseñar la configuración de fabricación (Ivanov et al., 2016).

4.1.2. Visión de la Industria 4.0

El concepto Industria 4.0 se puede ver como un enfoque fundamentalmente nuevo que unirá los mundos físico y digital creando sistemas ciberfísicos (Pereira & Romero, 2017). Los investigadores y empresas tienen diferentes puntos de vista sobre el concepto y las visiones de Industria 4.0, pero existe un consenso sobre los principales aspectos que abordan la visión de fabricación futura (Qin, Liu & Grosvenor, 2016): Smart Factory, Smart Products, Modelos comerciales y Clientes.

El término "inteligente" se está convirtiendo en un tema central dentro del marco de Industria 4.0, aunque no es fácil encontrar una definición precisa. Sin embargo, una posible definición de este concepto que cumpla con la visión de varios autores puede asociarse con dispositivos independientes y autónomos que puedan comunicarse en tiempo real y cooperar en un entorno inteligente con otros dispositivos inteligentes, tomar decisiones y realizar acciones basadas en la información obtenida (Radziwon et al., 2014).

El concepto "Smart Factory" es uno de los aspectos clave que aborda esta nueva revolución industrial, resultado de varios desarrollos que consisten en la integración, la digitalización y el uso de estructuras flexibles y soluciones inteligentes (Hajrizi 2016). Estas soluciones de fabricación permiten la creación de un entorno inteligente (CPS) a lo largo de toda la cadena de valor, lo que conlleva la consecución de procesos flexibles y adaptativos (Radziwon et al., 2014).

Los productos inteligentes se integran con toda la cadena de valor como parte activa de los sistemas, controlando sus propias etapas de producción a través del almacenamiento de datos, pudiendo solicitar los recursos necesarios y controlar los procesos de producción de forma autónoma. Un producto inteligente es un CPS en sí mismo. (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013). Estos productos se caracterizan por varias características clave, como computación, almacenamiento de datos, comunicación e interacción con su entorno, pudiendo identificarse, almacenar datos sobre su proceso de producción y proporcionar información sobre otros pasos relacionados con la producción y el mantenimiento (Schmidt et al., 2015).

Los modelos comerciales también se están viendo altamente influenciados por Industria 4.0, ya que este nuevo paradigma de fabricación implica una nueva forma de comunicación a lo largo de la cadena de suministro (Glova, Sabol & Vajda, 2014). Existen muchas oportunidades para optimizar los procesos de creación de valor y la integración a través de la cadena de valor, a fin de lograr la capacidad de autoorganización, integración y comunicación en tiempo real (Qin, Liu & Grosvenor, 2016).

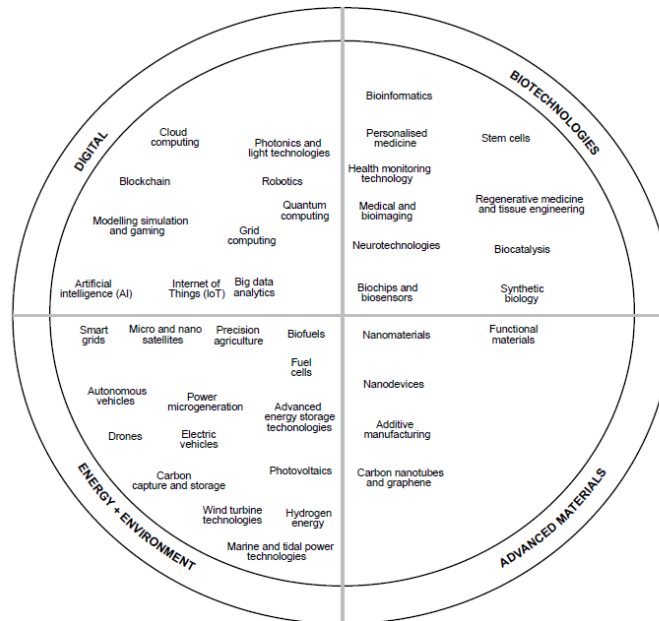
4.1.3. Claves tecnológicas

La Industria 4.0 tiene como objetivo la recopilación y aplicación de datos e información en tiempo real por medio de redes entre todos los elementos individuales, a fin de reducir la complejidad de las operaciones, al tiempo que aumenta la eficiencia y eficacia con el objetivo de reducir costos a largo plazo. Se supone que debe guiar a los países europeos hacia una nueva era de fabricación moderna (Kotýnková 2016).

La Industria 4.0 se basa en la aplicación de las TIC, poniendo en práctica los resultados de Internet of Things (IoT), control distribuido y descentralizado, sistemas embebidos, sistemas ciber-físicos (CPS) y BigData en la fabricación. La multitud de tecnologías y su integración es característica del concepto de Industria 4.0. Sin embargo, entre todas las tecnologías podemos señalar ocho tecnologías o habilitadores tecnológicos claves para la Industria 4.0: sistemas integrados, sistemas ciberfísicos, Internet de las cosas, detección, computación en la nube, sistemas basados en agentes, robótica y fabricación aditiva (Santos et al., 2017).

El internet de las cosas, la robótica y la instrumentación son tecnologías que no se han propagado particularmente con la aparición de Industria 4.0. Pero son ahora cuando más rendimiento se les pueden sacar.

Figura 1: Las 40 tecnologías clave



OCDE (2016).

Por otro lado, los sistemas basados en agentes y las tecnologías de fabricación aditiva se encuentran más en boga en los últimos tiempos y relacionados directamente con la Industria 4.0, aunque, tal vez debido a la especificidad de sus aplicaciones, son tecnologías menos conocidas y con un gran potencial.

4.1.4. Beneficios

La Industria 4.0 y la fabricación digitalizada están dando lugar a una amplia gama de cambios en los procesos de fabricación, los resultados y los modelos comerciales (Davies 2015). Algunos de los beneficios que se pueden identificar son: incrementar la flexibilidad en la producción, aumentar la velocidad de fabricación, mejorar la calidad de los productos, aumentar la productividad, incluir a los clientes en el proceso de diseño y la aparición de nuevos modelos de negocio/comercialización.

Las fábricas inteligentes permiten una mayor flexibilidad en la producción. La automatización del proceso de producción, la transmisión de datos sobre un producto a medida que pasa por la cadena de fabricación y el uso de robots configurables significa que se pueden producir una variedad de productos diferentes en la misma instalación. Esta personalización masiva permitirá la producción de lotes pequeños, incluso tan pequeños como elementos únicos (Roblek, Meško & Krapež, 2016).

Integrar el desarrollo del producto con la fabricación digital y física (CPS) se puede asociar con grandes mejoras en la calidad y tasas de error significativamente reducidas. Los datos de los sensores se pueden utilizar para controlar cada pieza producida en lugar de utilizar el muestreo para detectar errores, y la corrección de errores puede ajustar los procesos de producción en tiempo real.

Los clientes ahora pueden involucrarse más en el proceso de diseño, incluso suministrando sus propios diseños modificados que luego pueden producirse de forma rápida y económica

(Geissbauer, Vedso & Schrauf, 2016). La ubicación de algunas operaciones de fabricación también puede estar cerca del cliente; si la fabricación está en gran medida automatizada, no necesita estar localizada en países distantes con bajos costos de mano de obra (pero altos costos de transporte).

La industria 4.0 también provocará cambios en los modelos comerciales. Por ejemplo, pueden aprovechar los datos generados cuando se crean y utilizar productos inteligentes, adoptando modelos comerciales basados en la venta de servicios, no de productos. Esta 'servitización' puede ayudar a expandir las oportunidades comerciales y diversificar el modelo de negocio (Davies 2015).

4.1.5. Dimensiones de la Industria 4.0

Stock & Seliger (2016) resumen el paradigma de Industria 4.0 esencialmente en tres dimensiones: integración horizontal en toda la red de creación de valor; ingeniería de extremo a extremo (end-to-end) en todo el ciclo de vida del producto; así como integración vertical y sistemas de fabricación en red.

La integración horizontal implica toda la red de creación de valor, describe el cross-company y la fábrica inteligente; entrecruzando y digitalizando módulos de creación de valor a lo largo del ciclo de vida del producto y entre las cadenas de valor de los ciclos de vida de productos contiguos (Lee, Kao & Yang, 2014).

La ingeniería integral (end-to-end) en todo el ciclo de vida del producto describe la interconexión y digitalización inteligente en todas las fases del ciclo de vida del producto: desde la adquisición de la materia prima hasta el sistema de fabricación, el uso del producto y el final de la vida del producto (Stock & Seliger, 2016).

Figura 2: Ejes de la Industria 4.0.



Figura de elaboración propia

Los sistemas de integración vertical y de fabricación en red describen la interconexión y digitalización inteligente dentro de los diferentes niveles jerárquicos. La integración vertical implica la creación de valor entre estaciones de fabricación a través de las líneas y fábricas de producción, integrando también las actividades asociadas, como marketing, ventas, etc (Hecklau et al., 2016).

4.1.6. Desafíos, riesgos y consecuencias de la Industria 4.0

No cabe duda que la Industria 4.0 crea muchas oportunidades para las empresas, pero al mismo tiempo aparecen varios desafíos que surgen de la automatización y digitalización continuas. En este sentido, podemos señalar desafíos económicos, sociales, técnicos, políticos y legales (Hecklau et al., 2016).

Los desafíos económicos vienen provocados por el proceso de globalización y la necesidad de las empresas que tienen que lidiar con tiempos de comercialización reducidos, ciclos de vida de productos más cortos y la necesidad de reducir los costos para seguir siendo competitivos (Kotýnková 2016). Si bien los modelos comerciales clásicos se vuelven fácilmente vulnerables, las empresas necesitan racionalizar sus procesos de innovación y transformar su modelo de negocios a un nivel más alto de orientación hacia los servicios (Hecklau et al., 2016). Además, las expectativas del cliente se han desplazado hacia un mayor nivel de personalización y flexibilidad.

Uno de los desafíos sociales más influyentes es el cambio demográfico. Menos jóvenes están ingresando al mercado laboral para reemplazar a los que se jubilan. Además, las generaciones más jóvenes expresan valores sociales contrarios a los actuales, como la creciente importancia de un buen equilibrio entre el trabajo y la vida (Hecklau et al., 2016). Además, los procesos son cada vez más complejos, lo que conduce a un aumento de puestos de trabajo con cualificaciones más altas y una pérdida de puestos de trabajo que requieren cualificaciones menores. Por lo tanto, las empresas necesitan cualificar a sus empleados para tareas más estratégicas, de coordinación y creativas, con mayores responsabilidades.

Por otro lado, nos encontramos con los desafíos técnicos. Como resultado de un crecimiento exponencial de las tecnologías, las empresas deben ser capaces de manejar de manera eficiente una gran cantidad de datos. Para garantizar el intercambio de datos sin problemas entre los socios dentro de una red, es necesario desarrollar interfaces estandarizadas y arquitecturas abiertas, lo que permite el trabajo colaborativo en diferentes plataformas. El almacenamiento de grandes cantidades de datos en servidores externos plantea el problema adicional de la ciberseguridad, ya que los datos deben protegerse del acceso no autorizado (Hecklau et al., 2016).

El desafío político más evidente es la creciente necesidad de fondos para los programas de investigación. Los gobiernos deben apoyar a las organizaciones con el desarrollo de nuevas tecnologías, así como la integración de esas tecnologías en el entorno existente.

Con la gran cantidad de datos recolectados y compartidos con los socios en la red de valor las empresas se encuentran con desafíos de propiedad y seguridad de los datos. Se debe tener claro quién posee qué datos industriales y tener la confianza de que los datos que producen no serán utilizados por competidores o colaboradores sin permiso explícito.

Los asuntos legales son otros desafíos a los que ahora las empresas se enfrentan. La fabricación avanzada también plantea una variedad de cuestiones legales, incluida la supervisión de los empleados, la responsabilidad del producto y la propiedad intelectual.

Los estándares son esenciales para asegurar el intercambio de datos entre máquinas, sistemas y software dentro de una cadena de valor en red, a medida que un producto avanza hacia la finalización de la "fábrica inteligente", y para permitir que los robots se integren en un proceso de fabricación mediante simples técnicas de "conectar y usar". Los protocolos de comunicación estándar, formatos de datos e interfaces independientes y acordadas pueden garantizar la interoperabilidad entre diferentes sectores y países, fomentando la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y garantizando mercados abiertos en todo el mundo para fabricantes.

La integración de las TIC y la infraestructura clave para la digitalización de la fabricación crea un nuevo peligro potencial. A saber, los riesgos del mundo TIC pueden afectar el proceso de fabricación industrial y podemos encontrar nuevos riesgos potenciales en la fabricación: ciberataques, malware, spyware, pérdida de integridad de los datos o problemas con la disponibilidad de la información son los principales (Tupa, Simota & Steiner, 2017).

La industria 4.0 conducirá a profundos cambios potenciales en varios dominios que van más allá del sector industrial. Sus impactos e influencia se pueden categorizar en seis áreas

principales: industria, productos y servicios, modelos de negocios y mercado, economía, ambiente de trabajo y desarrollo de habilidades (Pereira & Romero, 2017).

La industria es el sector que más sufrirá el impacto. Este nuevo paradigma industrial trae una nueva visión de fabricación que se caracteriza por la producción descentralizada y digitalizada (Erol et al., 2016). Además, el paradigma emergente propone integrar completamente productos y procesos, cambiando la visión de la producción de la producción en masa a la personalización masiva, lo que brinda un mayor nivel de complejidad (Dombrowski & Wagner, 2014).

En los últimos años, los rápidos cambios en el panorama económico y los requisitos dinámicos del mercado han dado lugar a una mayor demanda para el desarrollo de productos más complejos e inteligentes (Porter & Heppelmann, 2015). Los productos serán más modulares y configurables, promoviendo la personalización masiva para cumplir con los requisitos específicos del cliente (Jazdi 2014). Por lo tanto, Industria 4.0 se caracteriza por la innovación y la introducción de nuevos productos y servicios como sistemas integrados que pueden ser receptivos e interactivos, optimizando toda la cadena de valor y proporcionando información relevante sobre su estado durante su ciclo de vida (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

El entorno laboral está cambiando rápidamente debido a los avances tecnológicos y la Industria 4.0 está transformando empleos y las habilidades requeridas en los mismos. La cantidad de robots y máquinas inteligentes está aumentando y los mundos físico y virtual se están fusionando, lo que significa que se está llegando a una transformación significativa en el entorno de trabajo actual. La creciente relevancia de las interfaces hombre-máquina promoverá la interacción entre los elementos de producción y la comunicación requerida entre máquinas inteligentes, productos inteligentes y empleados (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013).

La visión de trabajo futuro demandará nuevas competencias y es necesario crear oportunidades para la adquisición de las habilidades requeridas a través de una capacitación de alta calidad (Erol et al., 2016).

Este nuevo paradigma industrial debe asegurar que se creen más empleos que aquellos que desaparecerán. El principal desafío en este contexto es evitar lo que se conoce como desempleo tecnológico, redefinir los empleos actuales y tomar medidas para adaptar la fuerza laboral a los nuevos empleos que se crearán (Roblek, Meško & Krapež, 2016).

4.2. Caso de estudio: Industria 4.0 en el sector agroalimentario andaluz

Se espera que la Industria 4.0 cambiará el panorama de la fabricación europea (EFFRA, 2013). El nuevo paradigma de Industria 4.0 ayudará a aumentar la digitalización de procesos y cadenas de suministro, facilitando las comunicaciones entre humanos, máquinas y productos (CPS), permitiendo el acceso en tiempo real a información de los productos y la fabricación. En particular, se espera que la Industria 4.0 tenga un impacto en cinco áreas clave: Transporte, Energía, Bienestar, Industria e Infraestructura (Schätz et al., 2015).

El sector industrial es importante para la economía de la Unión Europea y sigue siendo un motor de crecimiento y empleo. Aunque solo aproximadamente 1 de cada 10 empresas en la UE está clasificada como manufacturera, el sector es responsable de 33 millones de empleos, de más del 80% de las exportaciones y del 80% de la investigación e innovación privadas, y como tal es uno de los elementos clave del crecimiento económico sostenible (Davies 2015).

Los gobiernos locales de cada país de la UE apoyan el cambio en la industria a través de sus políticas industriales. Así nos encontramos iniciativas nacionales como “Industrie 4.0” en Alemania, “Factory of the Future” en Francia e Italia, los centros “Catapult” en el Reino Unido (Davies 2015) o “Industria Conectada 4.0” en España (García & Valdés, 2017).

A pesar de que España ha realizado avances significativos, aún nos encontramos lejos de los países de nuestro entorno respecto a digitalización y conectividad en el tejido productivo (Icaza 2017). Esto hace que tengamos un margen manifiesto de mejora, síntoma claro de una todavía modesta presencia de oferta digital en las empresas manufactureras (Baeza & Delgado, 2017). En consecuencia, las Administraciones Públicas deben seguir impulsando, con sus políticas públicas, la mejora de la integración del paradigma Industria 4.0: conectividad, formación y capacitación, integración de las TIC en las pymes, uso de las TIC, etc. (Núñez 2017).

Núñez (2017) identifica como elemento básico de desarrollo tecnológico la generación de información y su uso como fuente de alimentación de nuevos negocios. Mediante la digitalización de procesos, se están generando una ingente cantidad de datos, que quedan registrados y pueden ser tratados, almacenados y comercializados y servir, a su vez, de input productivo para la generación de nuevos bienes y servicios (servitización).

Coincidiendo con Núñez (2017), el trabajo que continua a este artículo va encaminado al análisis de datos de producción de una empresa del sector alimentario andaluz: PROCAMI S.L. El término industria alimentaria se utiliza para referirse a las empresas que producen, procesan, fabrican, venden y sirven alimentos, bebidas y suplementos dietéticos (Nestlé 2013).

El tejido productivo andaluz ha dado un salto cualitativo y cuantitativo en la última década, lo que significa que la brecha existente con regiones similares de España y, por lo tanto, de la Unión Europea está disminuyendo, principalmente debido a un esfuerzo relativamente intenso de la investigación pública (Arias-Aranda & Romerosa-Martínez, 2010). Sin embargo, aún es necesario aprovechar el potencial de la región andaluza.

La industria alimentaria andaluza no solo es estratégica para cumplir la función de suministro de productos alimentarios de calidad a la población, sino que también es un gran generador de empleo, ya que en la mayoría de los casos el valor agregado de los empleados es alto (Luque et al., 2017). He aquí donde radica la importancia de fomentar el tejido industrial en dicha comunidad autónoma.

Los sistemas de gestión de la cadena de suministro son una fuente de información muy valiosa ya que pueden generar datos de previsión de demanda basados, por ejemplo, en un pedido anterior o en el historial de demanda de cada producto (Li et al., 2012).

El factor más importante para planificar la producción de cualquier empresa es satisfacer la demanda del consumidor. Esto significa proporcionar continuamente a los clientes productos, evitando carencias o cortes de suministros. Según Li et al. (2012), Esto obliga a una conjetura humana para determinar los niveles de envío e inventario en las industrias. Como consecuencia de presunciones erróneas pueden resultar cantidades inadecuadas de productos, que conlleven a la insatisfacción del cliente o excedentes en la producción.

En términos económicos, la demanda se puede definir como la cantidad de un producto que las personas están dispuestas y pueden comprar durante un período de tiempo determinado. En consecuencia, la previsión de demanda es el arte de predecir el nivel de demanda que podría ocurrir en algún punto o período de tiempo futuro (Archer, 1987).

PROCAMI terminó 2017 siendo una de las compañías líderes europeas en la producción integral de carne de pavo. Dispone de un sistema de gestión integral que incluye desde la planta incubadora hasta la comercialización y distribución de los productos, pasando por el procesamiento de la carne del pavo. La previsión de la demanda, mediante la utilización de la Industria 4.0, puede suponer una herramienta esencial para la planificación de la producción, ya que ayudaría a predecir el número de huevos necesarios a incubar hasta 4 meses antes.

Las granjas de Procavi pueden realizar unas 3,5 camadas al año, alternando crías de machos y de hembras. El macho hace un ciclo de 120 días y las hembras uno de 105 días, dependiendo de la época del año (Montes 2014). Por lo tanto, la previsión puede ayudar a la planificación, el diseño, operación y administración de los recursos de la empresa. He aquí la importancia de los sistemas y métodos para prever la demanda, permitir comparaciones y análisis de escenarios múltiples y, de este modo, permitir a los usuarios crear pronósticos a partir de datos históricos (Singh et al., 2006).

5. Conclusiones

En la primera parte de este artículo, se ha elaborado una revisión del estado del arte de la situación del nuevo paradigma de Industria 4.0, consecuencia de un mundo cada vez más digitalizado e interconectado.

La segunda parte de este documento se discutió brevemente la importancia económica que la Industria 4.0 está suponiendo para el sector industrial europeo. Y más concretamente para una región como es la andaluza.

En este sentido, se identificó el valor añadido que puede suponer para PROCAVI disponer de una herramienta, sustentadas por tecnologías TIC, como es un predictor de la demanda.

La investigación adicional que conlleva este trabajo se centrará en el desarrollo de un sistema de predicción que mejorará la gestión de los recursos de PROCAVI.

6. Referencias bibliográficas

- Arias-Aranda, D., & Romerosa-Martínez, M. M. (2010). Innovation in the functional foods industry in a peripheral region of the European Union: Andalusia (Spain). *Food Policy*, 35(3), 240-246.
- Baeza, E. O., & Delgado, D. V. (2017). La digitalización de la economía española. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, (898), 9-22.
- Brusaferri, A., Ballarino, A., Cavadini, F. A., Manocchi, D., & Mazzolini, M. (2014). CPS-based hierarchical and self-similar automation architecture for the control and verification of reconfigurable manufacturing systems. *Emerging Technology and Factory Automation (ETFA)*, 1-8. IEEE.
- Davies, R. (2015). Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth. *European Parliamentary Research Service, Briefing*.
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP*, 17, 100-105.
- EFFRA (2013). *Factories of the Future: Multi-annual roadmap for the contractual PPP under Horizon 2020*, Brussels.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihn, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia CIRP*, 54, 13-18.
- García, M. B., & Valdés, F. (2017). La industria Conectada 4.0. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, (898), 89-100.
- Geissbauer, R., Vedso, J. & Schrauf, S. (2016). A Strategist's Guide to Industry 4.0. *Strategy+Business. Price Waterhouse Coopers*, 83, 148-163.
- Glova, J., Sabol, T., & Vajda, V. (2014). Business Models for the Internet of Things Environment. *Procedia Economics and Finance*, 15, 1122-1129.
- Hajrizi, E. (2016). Smart solution for smart factory. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29), 1-5.

- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1-6.
- Huang, G. Q., P. K. Wright, and S. T. Newman. (2009). Wireless Manufacturing: A Literature Review, Recent Developments, and Case Studies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 22 (7): 79–594.
- Icaza, M. O. (2017). Oportunidades para España. Recomendaciones de una Mesa de Expertos del Observatorio para el desarrollo económico de Internet. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, (898), 131-140.
- Ivanov, D., A. Dolgui, B. Sokolov, F. Werner, and M. Ivanova. (2016). A Dynamic Model and an Algorithm for Short-term Supply Chain Scheduling in the Smart Factory Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54 (2): 386–402.
- Jazdi, N. (2014,). Cyber physical systems in the context of Industry 4.0. In Automation, Quality and Testing, *Robotics, IEEE International Conference* (1-4). IEEE.
- Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. *Forschungsunion*.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 WG*, (April), 82.
- Kolberg, D., & Zühlke, D. (2015). Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. *IFAC PapersOnLine*, 48(3), 1870-1875.
- Kotýnková, M. (2016). Industry 4.0: Europe's (re)industrialization needs a Global Level. 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences, 5, 1014–1021.
- La, H. J., & Kim, S. D. (2010). A service-based approach to designing cyber physical systems. In Computer and Information Science (ICIS), *IEEE/ACIS 9th International Conference on*. 895-900. IEEE.
- Lewandowski, M., Gath, M., Werthmann, D., & Lawo, M. (2013). Agent-based control for material handling systems in in-house logistics-towards cyber-physical systems in in-house-logistics utilizing real size. *Smart Objects, Systems and Technologies (SmartSysTech), Proceedings of 2013 European Conference*. 1-5. VDE.
- Li, S., Schierholt, H. K., Dudat, O. S., Heimburger, R., Kamp, C. A., Van Kley, T. J., ... & Schmitz, H. (2012). U.S. Patent No. 8,099,320. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Luque, A., Peralta, M. E., de las Heras, A., & Córdoba, A. (2017). State of the Industry 4.0 in the Andalusian food sector. *Procedia Manufacturing*, 13, 1199-1205.
- Magruk A. (2016). Uncertainty in the sphere of the industry 4.0 – potential areas to research, *Business, Management and Education*, 14 (2), 275–291
- Montes, M. (2014). PROCAVI: Carne de pavo de la granja a la bandeja: Reportaje. *Selecciones avícolas*, 56(3), 25-28.
- Nestle, M. (2013). Food politics: How the food industry influences nutrition and health (Vol. 3). Univ of California Press.
- Núñez, P. S. (2017) La implementación de la agenda digital en España. *ICE* (p. 73).
- Procavi filosofía empresarial (n.d.). Obtenido el 5 de abril de 2018, desde <http://www.procavi.es/ESP/filosofia-empresarial.aspx>

- Park, H. S., and N. H. Tran. (2015). "Development of a Cloud Based Smart Manufacturing System." *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 9 (3), JAMDSM0030–JAMDSM0030.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2015). How smart, connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, 93(10), 96-114.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia Cirp*, 52, 173-178.
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The Smart Factory: Exploring Adaptive and Flexible Manufacturing Solutions. *Procedia Engineering*, 69, 1184-1190.
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2), 2158244016653987.
- Romero, D., Bernus, P., Noran, O., Stahre, J., & Fast-Berglund, Å. (2016). The Operator 4.0: human cyber-physical systems & adaptive automation towards human-automation symbiosis work systems. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems* (677-686). Springer, Cham.
- Santos, C., Mehraei, A., Barros, A. C., Araújo, M., & Ares, E. (2017). Towards Industry 4.0: an overview of European strategic roadmaps. *Procedia Manufacturing*, 13, 972-979.
- Schätz, B., Törngreen, M., Bensalem, S., Cengarle, M. V., Pfeifer, H., McDermid, & Sangiovanni-Vincentelli, A. (2015). Cyber-Physical European Roadmap and Strategy: Research Agenda and Recommendations for Action. *CyPhERS*, Tech. Rep.
- Schmidt, R., Möhring, M., Härting, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P., & Jozinović, P. (2015). Industry 4.0-potentials for creating smart products: empirical research results. *International Conference on Business Information Systems* (16-27). Springer, Cham.
- Singh, N., Olasky, S. J., Cluff, K. S., & Welch Jr, W. F. (2006). U.S. Patent No. 7,080,026. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia Cirp*, 40, 536-541.
- Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., & Noè, C. (2017). Literature review on the 'Smart Factory' concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572-6591.
- Tupa, J., Simota, J. & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 1223–1230
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M. & Gorecky, D. (2015). *IFAC-PapersOnLine* 48(3) 579–584.
- Xu, X. (2012). "From Cloud Computing to Cloud Manufacturing." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 28 (1): 75–86.
- Zhang, Y. F., J. Q. Wang, and S. D. Sun. (2012). Real-time Information Capturing and Integration Framework of the Internet of Manufacturing Things. *Applied Mechanics and Materials*, 121, 4059–4063. Zurich: Trans Tech Publications.
- Zhong, R. Y., Q. Y. Dai, T. Qu, G. J. Hu, and G. Q. Huang. (2013). RFID-Enabled Real-Time Manufacturing Execution System for Mass-customization Production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 29 (2): 283–292.