

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones

Autor: Teresa Barros Losada

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2017



Trabajo Fin de Grado
Grado Ingeniería de Organización Industrial

La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones

Autor:
Teresa Barros Losada

Tutor:
Jesús Muñuzuri Sanz
Profesor titular

Dep. de Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Carrera: La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones

Autor: Teresa Barros Losada

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

A mi familia.

El término de Industria 4.0 aparece cada vez más en las investigaciones de actualidad, por lo que consideramos que es importante conocer sus orígenes, así como las posibles implicaciones. Acuñado en Alemania, hace referencia a una profunda transformación de la industria a través del uso de tecnologías de última generación. El nacimiento de la tendencia vino provocado por la crisis que impactó gravemente en el sector industrial y, gracias a este nuevo proyecto se pretende volver a potenciar una industria fuerte e innovadora en el seno de las principales potencias industriales como son Alemania, Estados Unidos o China. Sin embargo, a estas se les han unido multitud de países en su afán por conseguir peso industrial como es España.

El concepto de Industria 4.0 engloba una amplia gama de tecnologías en las que se pretende basar dicha reconfiguración del sector industrial, sin embargo, hay algunas que se consideran básicas o esenciales, estas son los datos masivos, el internet de las cosas, los sistemas integrados y por último la ciber-seguridad. Gracias a estas tecnologías, junto con muchas otras que derivan o están relacionadas con ellas, como la fabricación aditiva, la realidad virtual, o la sensorización de los sistemas, (esta última que ha cobrado mucha importancia en el desarrollo de la iniciativa), se han conseguido llevar a cabo proyectos innovadores en diversos sectores de la industria. En los sectores en los que se comienzan a ver cambios fundamentales son el automovilístico y el aeronáutico. Ambos sectores suelen ser líderes en innovación respecto a sus procesos debido a que sus producciones son muy grandes en el caso del primero y costosas en el caso del último. Dentro de estos cambios, podemos mencionar la inclusión de tecnologías de realidad virtual para facilitar la consecución del proceso de montaje, o la utilización de drones para garantizar la ausencia de defectos y fallos en el ensamblado, así como la fabricación de piezas gracias a la fabricación aditiva.

Sin embargo, los cambios no se ciñen solo a estos dos campos. Se vislumbran cambios también en sectores como el de las energías, la sanidad, o la utilización de nuevos materiales. Además de todos estos sectores, es evidente que esta transformación influirá en la planificación de los procesos, sobre todo debido a que, si se cambia de manera radical la producción en una planta, para asegurar su correcto funcionamiento debemos hacer lo mismo con su planificación. Uno de los principales cambios debe verse en la cadena de suministro, ya que una de las transformaciones que se pretende conseguir con la Industria 4.0 es la producción simultánea de una amplia gama de productos en el menor tiempo posible además de obtener niveles de personalización para el cliente mucho mayores que anteriormente. De este modo, la manera de aprovisionarse de las empresas se verá afectada en el volumen y los tiempos, sobre todo.

Por otro lado, se verán afectados directamente también los operarios. Se introducen nuevas tecnologías que ayudan a conseguir de manera más rápida y efectiva la realización de las tareas, además de cambiar las tareas a realizar por otras, o por la supervisión en ciertos casos en los que pasan a hacerlas las máquinas. Se han llevado a cabo muchos estudios respecto a la organización y programación de tareas, por lo que ya existen modelos de optimización que se podrían adaptar a cada problemática en concreto. Además, se pretenden utilizar los datos masivos para que esta optimización pueda realizarse de manera más sencilla y casi automáticamente. Todos estos cambios, llevan a un mismo objetivo: conseguir una producción más eficiente y cuyo coste se vea reducido. La inclusión de las tecnologías previamente mencionadas ha demostrado conseguir en parte muchos de estos objetivos, por lo que parece evidente que se continúen estudiando las posibles aplicaciones en el sector.

Como en todos los nuevos proyectos, también se reciben críticas y aparecen problemas que se deben sobrepasar. Uno de los principales es la seguridad. Al obtener sistemas cada vez más dependientes de redes de internet, parece que nos hacemos sensibles a ser hackeados o al intrusismo por parte de la competencia. Por este motivo, se desarrollan sistemas de encriptación que permiten que los sistemas se blinden frente a amenazas externas, aunque es cierto que debe ser un trabajo de mejora continua para evitar problemas. Por último, otro de los problemas que se plantea es el cambio de papel de los operarios que en muchos casos dicen que serán sustituidos por máquinas. Sin embargo, el concepto de Industria 4.0 busca la creación de sistemas ciber-físicos, en los que se establezca una colaboración óptima entre máquinas y operarios. Aunque aún queda mucho por desarrollar, todo parece apuntar a que la Industria 4.0 impulsará el crecimiento del sector industrial, así como su eficiencia. Al incluir nuevas tecnologías se facilitan muchas de las tareas que llevan tiempo y costes innecesarios en muchos casos, por lo que se verán beneficiados tanto empresas como el usuario final. Sin embargo, la transformación conlleva una gran inversión que no muchas empresas podrán realizar en un primer momento, por lo que será un proceso largo que todavía en algunos de los casos no se ha empezado.

Índice

Agradecimientos	7
Resumen	9
Índice	11
1 Descripción detallada del concepto Industria 4.0	13
1.1 <i>Introducción histórica</i>	13
1.2 <i>Descripción del término</i>	15
1.2.1 Internet de las Cosas	16
1.2.2 Datos masivos	17
1.2.3 Sistemas Integrados	18
1.2.4 Ciber-seguridad	18
2 Descripción de sectores en los que es aplicable, tipos de aplicaciones y casos de éxito	19
2.1 <i>El sector aeronáutico</i>	19
2.1.1 DAR Systems	20
2.1.2 Boeing	22
2.2 <i>El sector automovilístico</i>	23
2.2.1 Tesla	23
2.2.2 Grupo PSA	25
2.2.3 Audi	27
2.3 <i>Otros casos de éxito</i>	28
2.3.1 Energías	28
2.3.2 Materiales	29
2.3.3 Sanidad	30
3 Implicaciones de la industria 4.0 en la planificación y la organización de los procesos	31
3.1 <i>Aplicaciones actuales</i>	32
3.1.1 SmartFactory KL	32
3.1.2 Trazabilidad	33
3.1.3 CloudWave	34
3.1.4 Proyecto FITMAN	34
3.2 <i>Estudios y posibilidades futuras</i>	35
3.2.1 Lean	35

3.2.2	Computación ubicua	35
3.2.3	Smart Workflows	36
3.2.4	Parque Eco-Industrial en Jurong	37
3.2.5	Modelo dinámico para SmartFactories	38
4	Impacto de la Industria 4.0 en los procesos	39
5	Conclusión	47
	Referencias	49
	Referencias web	51

1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL CONCEPTO INDUSTRIA 4.0

Para comprender el término de Industria 4.0 veremos a continuación sus antecedentes históricos, cómo se ha llegado a este concepto y su definición actual, así como los principios básicos en los que está fundamentada la Industria 4.0.

1.1 Introducción histórica

A lo largo de la historia, se han sucedido diferentes acontecimientos que nos han permitido ver cómo afecta la evolución de la industria al resto de la sociedad. A mitad del siglo XVIII el invento de la máquina de vapor produjo un cambio profundo a nivel social, económico y tecnológico, lo que conocemos como la Primera Revolución Industrial. Posteriormente, y debido al rápido avance de producción que se dio gracias a esta revolución, se comenzaron a buscar maneras de producir más rápido, con mejor calidad. En este contexto nace la división de tareas, y muy poco después, la producción del famoso Ford Modelo T que constituye el segundo hito a remarcar en la historia de la industria.

La producción en masa ideada por Henry Ford supuso igualmente un cambio profundo en la sociedad, ya que hizo que productos anteriormente reservados a un grupo muy reducido de personas privilegiadas fueran accesibles a todo el mundo. Por este motivo se le puede bautizar como la segunda revolución industrial. Por último, la invención del internet es lo que llamamos la tercera revolución industrial, se trata de un concepto mucho más reciente, y en el que se desarrollan todas las Tecnologías de Información y comunicación (TICs), se da el fenómeno de globalización y se comienzan a automatizar procesos. Es ésta última revolución la que nos lleva a la situación actual.

Durante la Feria de Hannover (Hannover Messe) de 2011, surge por primera vez un concepto denominado Industria 4.0. Este concepto para sus creadores supone el inicio de la Cuarta Revolución Industrial, y a diferencia de todas las demás, no se trata de un hecho constatado, sino que supone un objetivo a conseguir, es decir algo a lo que debemos aspirar en los próximos años. La Industria 4.0 nace impulsada por el gobierno alemán como una estrategia para el desarrollo de tecnologías en el sector industrial en Alemania para potenciar el crecimiento industrial de ésta que se ha visto muy afectado en los últimos años, y cuyo objetivo es reposicionar a Alemania como potencia pionera en desarrollo industrial y tecnológico.

Aunque en un principio fuera una iniciativa alemana, actualmente se han sumado a ella muchos países tanto en la Unión Europea como fuera de ella. Debido al peso que supone la industria en el PIB, tanto España, con “Industria Conectada 4.0”, Francia con “New Industrial France” o los Estados Unidos con “Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)”, han desarrollado planes y estrategias de desarrollo industrial centrados en la Industria 4.0 y libran una batalla por conseguir en liderazgo en dicho sector.

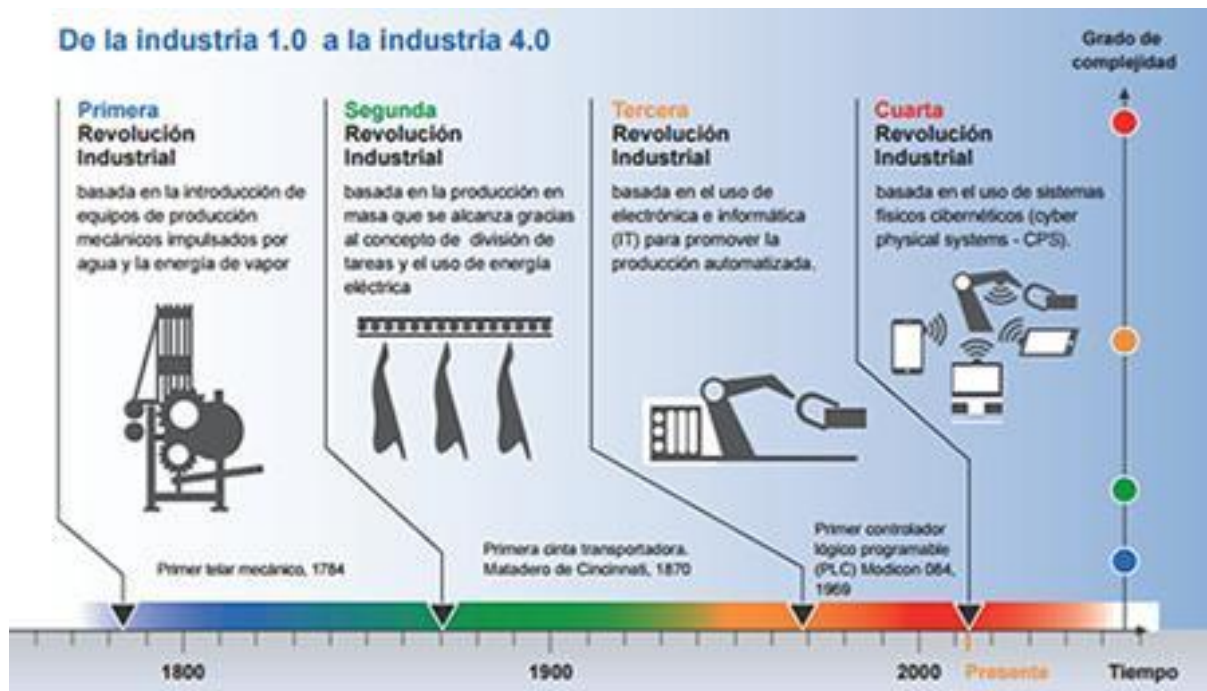


Figura 1 – Evolución de la Industria

Uno de los objetivos que se busca es volver a ganar el peso industrial que se ha perdido debido a la crisis económica y a la deslocalización a la que se han visto sometidas la mayoría de las empresas industriales hacia países en vías de desarrollo debido a la importante reducción de costes que esto suponía. Este peso industrial se ve muy reflejado en el porcentaje del PIB de cada país que está representado por la industria.

1.2 Descripción del término

Desde su primera aparición, el concepto de industria 4.0 ha sido definido de diversas maneras, de la misma manera que su nombre se ha visto sujeto a diferentes variaciones y connotaciones. Actualmente, la Industria 4.0 recibe nombres ligeramente diferentes según el sector en el que se aplica. En Estados Unidos, por ejemplo, se le conoce como Fabricación Inteligente (Smart Manufacturing), pero también encontramos artículos y documentos en los que veremos que se refieren a la Industria 4.0 como ciberfábrica, Industria digital, Fabricación Avanzada (Advanced Manufacturing), o Industria Integrada (Integrated Industry).

Algunas de las definiciones de Industria 4.0 que encontraremos son:

- Industria 4.0 es el nombre que se le da a la iniciativa estratégica alemana para establecer a Alemania como un mercado líder y proveedor de soluciones de fabricación avanzada. Está decidida a revolucionar la fabricación y la producción, Industria 4.0 representa un cambio paradigmático de fabricación inteligente y producción centralizada a descentralizada. (*Germany Trade & Invest*)
- Industria 4.0 es la transformación de la esfera global de la producción industrial a través de la unión de la tecnología digital y el internet con la industria convencional. (*Angela Merkel, Canciller Alemana*)
- El concepto de Industria 4.0 es relativamente reciente y se refiere a la cuarta revolución industrial que consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria. Los “habilitadores digitales” son el conjunto de tecnologías que hacen posible que esta nueva industria explote todo su potencial. En efecto, éstas permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, es decir, vincular el mundo físico al virtual para hacer de la industria una industria inteligente. (*Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, Gobierno de España*)
- Industria 4.0 es un término aplicado a un grupo de rápidas transformaciones en el diseño, fabricación, operación y servicio de los sistemas de fabricación y sus productos. La designación 4.0 significa que es la cuarta revolución industrial en el mundo, sucesora de tres revoluciones anteriores que supusieron pasos agigantados en la productividad y cambiaron las vidas de las personas en todo el mundo. (*European Parliament Research Service*)
- El término “Industria 4.0” describe la digitalización esperada de las cadenas de valor industriales con la idea de utilizar las tecnologías emergentes para implementar el Internet de las cosas y los servicios con el objeto de integrar diferentes procesos de ingeniería y negocio, permitiendo que la producción opere de una manera eficiente y flexible con bajos costos y alta calidad. (*Kateryna Bondar, investigadora del grupo SCOEM*)

Como podemos ver, hay términos que se repiten en todas ellas, por lo que podríamos llegar a una definición común: “La Industria 4.0 es la estrategia que define la digitalización y revolución de la producción y la fabricación de manera que se integran en ellas las tecnologías más avanzadas permitiendo flexibilizar la producción y reducir los costes en la fabricación”.

En esta definición nos referimos a digitalización y tecnologías en general, sin embargo, en la realidad existen ciertas tecnologías que aparecen como claves para conseguir una Industria 4.0 según el modelo definido por el gobierno alemán. Muchos se refieren a estas como los pilares de la Industria 4.0, y aunque algunos incluyen más tecnologías que otros, destacan el Internet de las Cosas, los datos masivos, sistemas integrados y robots autónomos. Que estas tecnologías sean importantes en la Industria 4.0 no significa que todas ellas deban estar presentes para conformar las fábricas del futuro. Algunas de las técnicas que también se exploran cada vez en mayor medida en el contexto de la Industria 4.0 son la ciberseguridad, la fabricación aditiva (impresión 3D), o la realidad virtual o aumentada. A continuación, vamos a profundizar un poco sobre estas tecnologías, qué significan y en qué medida son necesarias para el desarrollo de la Industria 4.0.

1.2.1 Internet de las Cosas

Vamos a comenzar por el Internet de las cosas (de ahora en adelante IOT, Internet of Things). Hemos tomado a éste como primer elemento a describir ya que se trata de una de las tecnologías claves para la digitalización de la industria, pero de igual manera se está desarrollando a gran velocidad para el uso doméstico y habitual por todo el mundo.

Fue nombrado así por primera vez por Kevin Asthon en 1999, que entonces trabajaba en P&G. Aunque el término fuera nuevo, no lo era la tecnología. Apareció a principios de los 90 pero no se popularizó hasta mucho después debido a la necesidad de almacenamiento, que entonces resultaba muy caro. Es con la aparición de la Nube, y el desarrollo de la tecnología que permitía generar datos de un tamaño menor cuando comienza a ser explotado completamente y se comienza a ver su uso frecuente. No existe una definición concreta del IOT todavía, pero sabemos que supone, como su nombre indica, dotar de conexión a internet a los objetos. Hay expertos que indican que se podría dotar de conexión a todo elemento que contenga un botón de encendido y apagado, y es cierto que en los últimos años el número de objetos conectados se ha visto aumentado considerablemente.

Una de las principales ventajas que supone el internet de las cosas es la relación que se establece entre ellas, pues, además de cosa-persona, también tendríamos relación cosa-cosa, de manera que no haga falta la intervención de una persona para que se realicen ciertas tareas, o se procese una información. De esta manera podemos automatizar tareas sencillas, sin necesidad de la intervención de una tercera parte. Esta tecnología permite a su vez recabar una cantidad mucho mayor de datos para la optimización o el seguimiento del proceso de producción, a los que antes no podíamos acceder. Uno de los elementos claves para el desarrollo del IOT y que va a resultar también de gran importancia para la Industria 4.0 son los sensores. Existe una gran variedad de tipos de sensores en función de las variables que miden o detectan, podemos comprobarlo en el esquema siguiente:

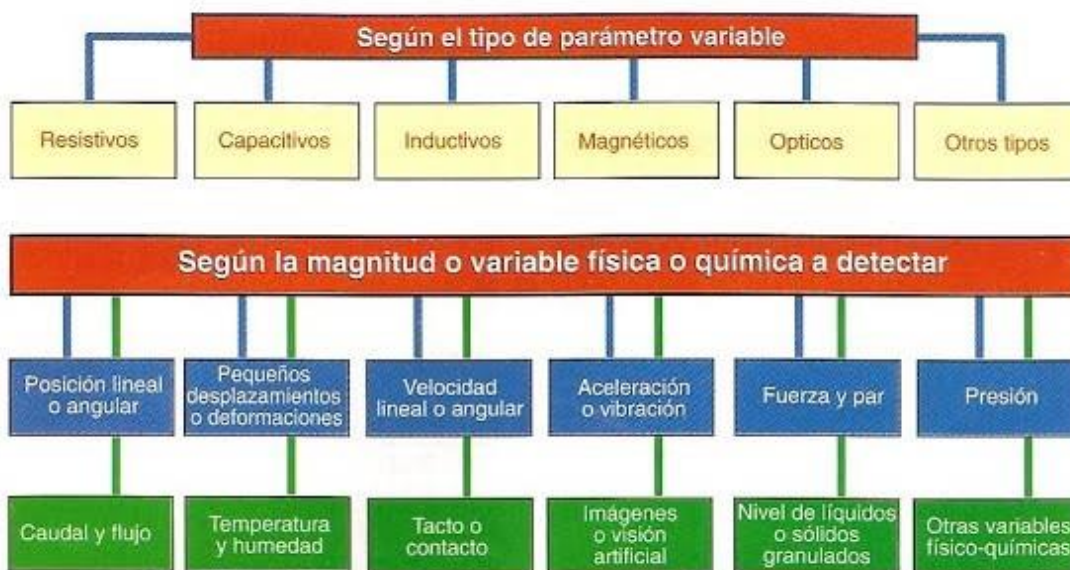


Figura 2- Clasificación de sensores

Con el IOT se pretende dotar a estos sensores con tecnologías tales como RFID, NFC o WiFi, de

manera que obtengamos la información deseada. La RFID (Radio Frequency Identification), identificación por radiofrecuencia, es una de las tecnologías más actuales respecto a sensores. Estos sistemas permiten almacenar y leer datos a través de dispositivos con el objetivo de que puedan ser identificados de manera automática por máquinas. Se utilizan unas “etiquetas” compuestas por un microchip y una antena donde se almacena la información que identifica al objeto o persona (normalmente un número de serie).

Una de las principales ventajas, y el motivo por el que su uso se ha incrementado tanto en los últimos años es que, estos microchips pueden almacenar no solo tarjetas de identificación sino también instrucciones completas de planes de fabricación, o itinerarios que debe seguir el componente.

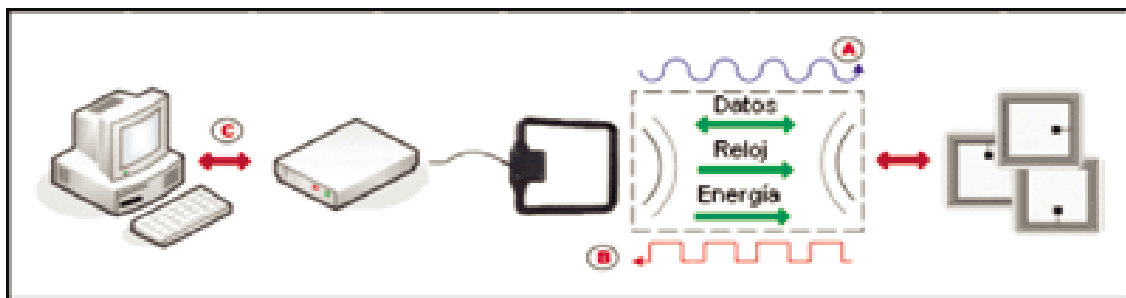


Figura 3- RFID Utilizado en identificación de pallets

En contraposición al RFID existe la tecnología NFC (Near Field Communication), comunicación de campo cercano. Esta tecnología también es de actualidad y derivada de la RFID. Se utiliza actualmente sobre todo en dispositivos móviles y al igual que la RFID utiliza “etiquetas” que permiten intercambiar información a través de radiofrecuencia. La diferencia que esto supone respecto a la RFID es que con NFC necesitamos que los dispositivos estén a una distancia menor, de unos 20 cm como máximo.

Por último, debemos mencionar que también se ha comenzado a utilizar el término IIOT, que se refiere al Industrial Internet of Things. Esta variante implica únicamente que el uso que se le da a la tecnología está centrado en la industria.

1.2.2 Datos masivos

La creciente necesidad de recabar información y las tecnologías que hemos mencionado junto con el IOT, han hecho que se llegue a la necesidad de procesar y almacenar lo que se ha denominado como datos masivos o Big Data. Al tener tantos dispositivos conectados el flujo de información ha crecido de forma exponencial, por lo que los sistemas anteriormente existentes ya no son capaces de soportar dicha cantidad de información.

Al hablar de Big Data, nos referimos, por tanto, no a una cantidad de información determinada, sino a que la cantidad de información de la que disponemos no puede ser tratada como se ha hecho tradicionalmente en las empresas. Uno de los problemas que supone es que, no solo nos referimos a una gran cantidad de datos, sino que son de todo tipo, por lo que la variedad es un factor importante también que hace que los datos necesiten ser procesados de manera diferente. Otra de las características más importantes es que, dichos datos se toman en tiempo real y por lo tanto a gran velocidad, lo que supone un nivel más de complejidad a la hora de la lectura de dichos datos. Actualmente todas las grandes empresas disponen de grandes bases de datos en

las que se almacena toda esta información, y el reto para la Industria 4.0 será hallar la manera adecuada de tratarlos de manera que se obtenga el beneficio esperado de ellos.

1.2.3 Sistemas Integrados

Otro de los pilares fundamentales de la Industria 4.0 son los sistemas integrados. Con esto, nos referimos a sistemas flexibles, integrados en la cadena de valor y sobre todo eficientes. Con la ayuda del Big Data, el IOT y la automatización de los sistemas, se busca conseguir sistemas de fabricación que permitan producir una gran variedad de productos diferentes en tiempos reservados antes a la producción en cadena. Estos sistemas están caracterizados por la alta automatización de las tareas.

Uno de los principales problemas a sobrepasar para conseguir el objetivo de la Industria 4.0 es que se reduzcan los tiempos de preparación y cambio de producción de manera que podamos obtener una fabricación continua de la misma manera que lo haríamos en la fabricación en masa. Actualmente ya existen sistemas integrados que se basan en las células de fabricación, la fabricación flexible o los talleres flexibles, por lo que el reto será integrar toda la tecnología de la Industria 4.0 a dichos sistemas para obtener mejores resultados e información.

1.2.4 Ciber-seguridad

En el contexto de la cuarta revolución industrial, la seguridad es uno de los temas más conflictivos e importantes. El hecho de contar con un sistema totalmente basado en las conexiones, bases de datos masivas y estar apoyados en el Internet para el funcionamiento de las empresas hacen que éstas se conviertan en un blanco fácil para los ciber-ataques. El problema que esto supone para la seguridad, la confidencialidad de los datos, así como el funcionamiento general de las empresas hace que la ciber-seguridad suponga uno de los principales retos que deben conseguirse para el desarrollo de las industrias del futuro.

Los softwares y barreras informáticas que están actualmente en desarrollo deberán ser suficientemente complejos para que el acceso a ellos desde el exterior sea imposible, y que por lo tanto los datos de la empresa estén seguros. Esta es una de las principales críticas que recibe la Industria 4.0 debido a que la idea de tener todos los datos conectados a través de la red puede dar una sensación de inseguridad y por lo tanto nos sintamos reacios a implantar sistemas como los que hemos descrito previamente.

Aunque podríamos seguir describiendo tecnologías en las que se basa la Industria 4.0, las mencionadas previamente son las más importantes a tener en cuenta y en las que toda fábrica del futuro deberá apoyarse para convertirse verdaderamente en una industria conectada. Por este motivo, consideramos que con las nociones básicas que hemos descrito será suficiente para poder ver el impacto que estas provocan al ser integradas en los procesos de las empresas, como veremos a continuación.

2 DESCRIPCIÓN DE SECTORES EN LOS QUE ES APLICABLE, TIPOS DE APLICACIONES Y CASOS DE ÉXITO

Una vez descrita la Industria 4.0, podemos continuar haciendo un análisis de las posibles aplicaciones y los campos en los que será de utilidad desarrollarla. En uno de los artículos publicados por General Electric (*The Industrial Internet*), se detalla que las aplicaciones de esta cuarta revolución industrial afectarán principalmente a 5 áreas: aviación comercial, transporte por ferrocarril, producción de energía, desarrollo y distribución de petróleo y gas, y, por último, cuidado de la salud. La mayoría de empresas de estos sectores cuentan ya con planes estratégicos a medio o largo plazo para la adopción de dichas tecnologías y la denominada transformación digital.

Pero, aunque en el futuro puede que sean éstas en las que mayor impacto produzca, la realidad es que actualmente las primeras aplicaciones de la Industria 4.0 están viéndose sobre todo en el sector aeronáutico y el sector de la automoción. Estos dos sectores son los pioneros del movimiento y en los que se comienzan a vislumbrar cambios respecto a las formas tradicionales de fabricación y producción. A continuación, trataremos de analizar un poco más en profundidad dichas aplicaciones y algunos casos reales en los que ya están implantadas y podamos medir su impacto.

2.1 El sector aeronáutico

Ciertas características del sector aeronáutico hacen que éste sea idóneo para la conversión a la industria 4.0. Debido a esto, ya hay ciertas tecnologías cuya implantación ha resultado de éxito y que son pioneras de la cuarta revolución industrial. Una de las cualidades que hacen que éste sea un sector muy propicio a la adopción y a la conversión hacia una industria conectada es la reciente popularización de los llamados clusters aeronáuticos. Gracias a ellos, diferentes empresas colaboran en la fabricación de componentes para la construcción de una aeronave, de manera que se establece comunicación entre ellas y tienen un mismo interés final. Esto hace que las tecnologías de recabado y análisis de datos, por ejemplo, sean de especial interés, ya que se utilizan en el conjunto de empresas que conforman el cluster.

Debemos mencionar en concreto Airbus D&S, cuyos esfuerzos en investigación unidos a la pertenencia a diversos proyectos en el marco de la Industria 4.0 y el desarrollo de tecnologías punteras, le han permitido introducir muchos de estos cambios a la producción de sus aeronaves. A continuación, vamos a ver algunos de estos proyectos y los casos en los que su aplicación ha resultado exitosa.

2.1.1 DAR Systems

Una de las características principales del sector aeronáutico es la necesidad de garantizar la seguridad. Debido a esto, el mantenimiento de los diferentes componentes de las aeronaves, así como las pruebas resultan esenciales en el desarrollo y montaje. Esto puede resultar un proceso muy largo si se tiene en cuenta el número de piezas en las que debemos fijarnos en un mecanismo de las dimensiones de un avión, por lo que es en dicho mantenimiento en el que se han comenzado a aplicar las tecnologías de la industria 4.0.

Para ello, Airbus ha desarrollado lo que denominan DAR System, Drones and Augmented Reality for Aircraft Inspection. Este sistema está compuesto por diversos elementos: un drone dotado de una cámara, tablets, gafas de realidad aumentada, un conjunto de sensores y el software necesario hacen que este sistema funcione al completo. Los operarios llevan las gafas de realidad aumentada que superponen una imagen de los diferentes defectos que se han detectado gracias a los sensores, y de la misma manera en la tablet se pueden visualizar dichos defectos sobre una imagen de realidad virtual del avión. Estos defectos son captados por tanto el drone como los diferentes sensores de los que se dispone y gracias al software son localizados a través del resto de herramientas (gafas, tablets...). Esta tecnología permite reducir notablemente los tiempos de ciclo, ya que facilita la detección y localización de los fallos permitiendo por lo tanto una reducción de los tiempos de entrega.



Figura 4 – DAR System. (Fuente UPM)

Se produce por lo tanto un cambio significativo en la manera de inspeccionar los diferentes elementos. Pasamos de tener que montar y posteriormente inspeccionar pieza a pieza para verificar su estado y correcto funcionamiento a hacerlo de manera sistemática y simultánea. Es el propio sistema el que informa al operario si los diferentes componentes están correctamente ubicados y funcionan de manera correcta o no. Como podemos ver en la figura 5.

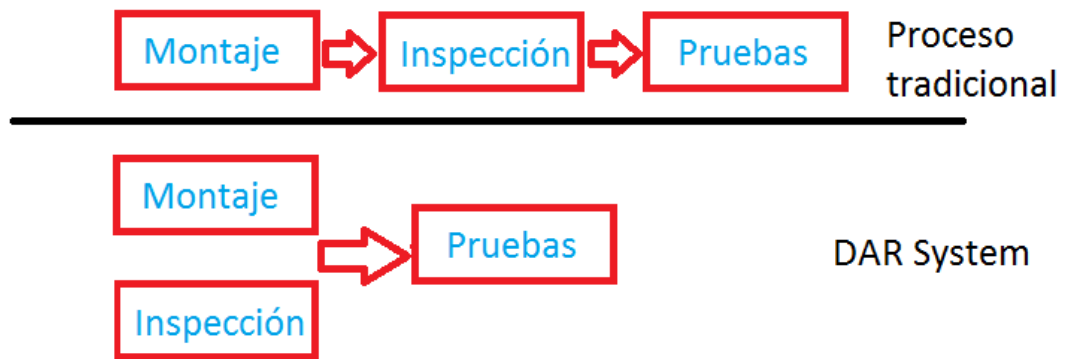


Figura 5- Comparación proceso montaje con y sin Sistema DAR.

Este cambio, repercute en gran manera al resto de proceso productivo, ya que, en primer lugar, supone una simplificación del proceso de ensamblado, como vemos en la imagen nos ahorramos uno de los pasos al realizar el montaje e inspección de manera simultánea. En segundo lugar, el impacto de esta simplificación no estará restringida al ámbito temporal, ya que, además de ahorrar parte del tiempo que se invertía en la inspección, permitirá de igual manera solventar errores en el momento adecuado, antes de que estos den lugar a una complicación mayor. Este hecho, hace que, si antes al encontrar un error éste requería el desensamblaje de cierta parte que ya se había montado, gracias a la tecnología de VR, podremos ver de antemano que la mala colocación de una pieza, o el estado defectuoso de alguno de los pasos en el montaje llevará a un error mayor en el paso siguiente. Al producirse este cambio, no solo estaremos ahorrando los retrasos que se pueden producir en el proceso de producción debido a estos errores, sino que además se da un ahorro en cuanto a material que muchas veces habría que desechar al no haber sido utilizado de manera adecuada.

Gracias a sistemas como este, la comprobación de planos de montaje, defectos de producción y funcionamiento adecuado de un grupo de trabajadores se ve inmensamente simplificado. Es por este motivo que, aunque requiere una inversión en tecnología inicial, además de la necesidad de formación que todo cambio en un proceso lleva consigo se ve compensada, si no superada, por los beneficios que podemos obtener, tanto desde el lado de la empresa, en términos económicos, como el cliente final, en reducción de tiempos de entrega.

2.1.2 Boeing

Boeing cuenta con un programa en el que, junto con la compañía noruega Norsk, están desarrollando componentes de titanio fabricados por tecnologías 3D para los Boeing 787 Dreamliner's. Se trata de un gran avance ya que será la primera vez en que se usan fabricación aditiva en componentes que estarán sometidos directamente a las presiones y el estrés típico de las aeronaves durante el vuelo. El método que se emplea es DMLS, sinterizado directo de metal por láser, que consiste en la microsoldación de polvo metálico por capas.



Figura 6 – Fabricación aditiva DMLS

Aunque actualmente sólo un tipo de piezas ha conseguido pasar los test de seguridad de la Administración Federal de Aviación (FAA), se pretende que la FAA valide el proceso de manufactura y los materiales en sí de manera que esta forma de fabricación sea aplicable a más tipos de piezas sin tener que pasar por los tests de manera individual.

Además del evidente avance tecnológico que supone este hecho, debemos remarcar que, hasta ahora la producción de piezas de titanio se realizaba por fundición. Este proceso, además de ser lento resulta muy costoso debido a la cantidad de energía, material y condiciones específicas para su correcto funcionamiento. Al cambiar a un proceso de fabricación aditiva obtenemos un nuevo proceso mas ágil, y sobre todo el coste se ve muy reducido. La compañía calcula que, gracias a este cambio se reduce de manera significativa del coste de producción de las piezas, que en total suponen unos 2 o 3 millones de dólares menos por avión. De ahí que se prevea extender este tipo de producción a más tipos de piezas dentro de la producción aeronáutica.

2.2 El sector automovilístico

Como hemos mencionado antes, el sector automovilístico ha sido otro de los “early adopters”, los primeros en integrar tecnologías de la Industria 4.0 a sus procesos de fabricación. Como sabemos, las fábricas de automóviles están altamente automatizadas, algo que permite que muchas de las características de las fábricas del futuro sean adoptadas de manera más sencilla. El objetivo de la Industria 4.0 respecto a este sector es la capacidad de producir una gran variedad de productos diferentes, es decir una gama amplia de modelos, en una única línea de fabricación. Esto permitiría una gran flexibilidad al cliente a la hora de comprar un coche, ya que sería posible elegir las características que se desean en cada uno de los modelos.

Al igual que en los demás sectores, la mayoría de fabricantes cuentan con un plan estratégico en el que se detalla cómo se desarrollará esta evolución hacia las fábricas inteligentes o los objetivos a los que se pretende llegar. Todos ellos tienen ciertos elementos en común. En primer lugar, las fábricas quedan totalmente automatizadas, por lo que los operarios trabajan en la supervisión y control de la maquinaria y los procesos. Además, todos los transportes y movimientos de piezas se hacen de manera autónoma a lo largo de las plantas de fabricación. Otra de las características de estas fábricas es que a través de la información que recopilan las máquinas por sensores, láseres...etc. se pueden eliminar o corregir, de manera automática los fallos que se producen en el proceso de fabricación. A continuación, vamos a ver casos concretos de aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector de la automoción.

2.2.1 Tesla

El fabricante Tesla es uno de los casos más llamativos y de mayor actualidad en lo que se refiere al desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. Recientemente se ha enseñado al público su gigafactoría, por lo que hemos podido ver cómo algunas de las características de una fábrica inteligente ya están implementadas. En primer lugar, ya se han desarrollado lo que denominan vehículos autónomos de interior (AIV's: Autonomous Indoor Vehicles). Estos tienen la capacidad de desplazarse de manera autónoma por la planta realizando tareas de transporte de piezas o herramientas, de menor o mayor tamaño según el tipo de robot para facilitar las tareas de los operarios.



Figura 7 – AIV's Gygafactory Tesla.

Otra de las características de esta fábrica, aunque más común es la dotación de brazos robóticos para el manejo de piezas y componentes pesados. Sin embargo, los motivos por los que Tesla es uno de los principales ejemplos de la inclusión de tecnologías de la Industria 4.0 radican en las características de sus productos. Todos sus modelos están dotados del software necesario para cumplir la función de Autopilot, o conducción autónoma. Esta es solo posible gracias a la capacidad de “aprender” del propio sistema del coche, lo que se conoce como machine-learning, y que es uno de los conceptos claves en lo referente a la Industria 4.0. Todos los coches de Tesla están conectados al sistema central de la empresa, lo que les permite conocer el estado actual de cada uno de ellos, así como la actualización remota del software.

La inclusión de estas tecnologías supone un gran cambio respecto a la manera de fabricar, así como de realizar diversas tareas de mantenimiento de los vehículos. En este caso, será una correcta aplicación de la ingeniería de organización la que determinará hasta qué punto se puede obtener mejoras gracias a la Industria 4.0. Algunas de las consecuencias son las siguientes:

- La distribución en planta vendrá determinada por aquellos caminos que sean más fáciles de recorrer por los diferentes AIVs, lo que permitirá:
 - Reducción tiempos muertos.
 - Reducción tiempos de espera.
- La planificación de la producción facilitada por:
 - Datos recabados por dispositivos conectados (IOT).
 - Información que puedan incluir los operarios.
- Facilita la detección de fallos:
 - Sensores capaces de detectar las imperfecciones

2.2.2 Grupo PSA

Otro de los fabricantes que debemos mencionar del sector automovilístico es el grupo PSA. Recientemente ha publicado su plan estratégico “Push to Pass” en el que se describen los objetivos que se pretenden conseguir para 2021. Dentro de éstos queda enmarcada la transformación digital de la que se espera que consiga aumentar la eficiencia del grupo. Para ello se promueven diferentes alternativas, de las que vamos a tratar las más significativas.

2.2.2.1 3DEXPERIENCE

Se trata de una plataforma profesional desarrollada por Dassault Systèmes. Esta plataforma ofrece una serie de servicios de software para empresas. PSA se ha servido de ellos para conseguir desarrollar sus tecnologías en el seno de la transformación hacia una Industria 4.0. Algunas de las implementadas son “Smart Safe and Connected”, que permite facilitar el diseño y validación de los modelos de coches inteligentes, integrando funcionalidades como modelos y simulaciones mecánicas y electrónicas.

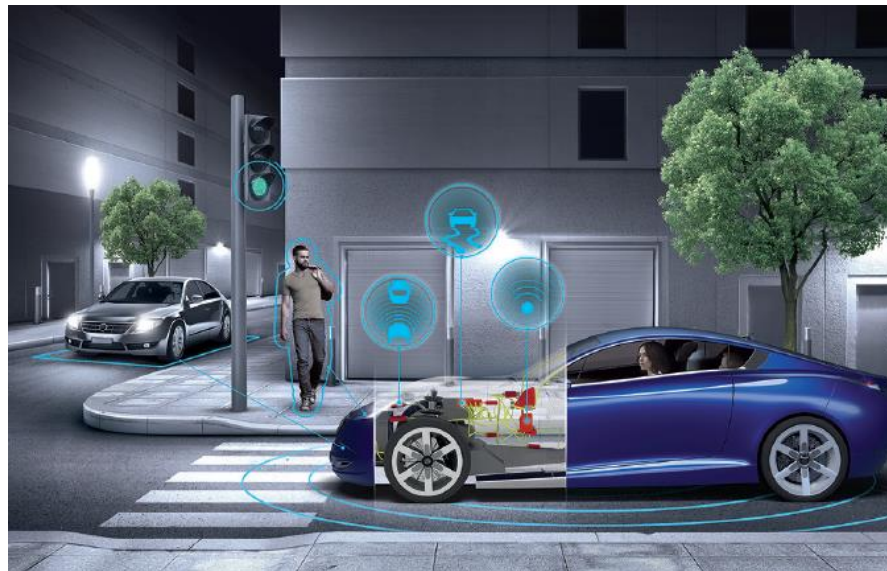


Figura 8 – Smart Safe and Connected

Otra de las tecnologías de 3DEXPERIENCE que es utilizada por PSA es “Modular Glocal & Secure”. Esta facilita la interacción entre sistemas para coches producidos modularmente, así como a la hora de unificarlos, asegurando su interoperabilidad. Se trata de una combinación de global/local que permite acelerar la producción y reducir costes. Ambos paquetes de software están basados en las representaciones de realidad virtual en 3D, lo que permite la simulación de manera más visual y facilita la comprensión de los sistemas. Aunque nos hemos centrado en softwares aplicables a los propios automóviles, también existen un conjunto de paquetes de software específicos para la producción, de lean manufacturing, por ejemplo, así como para otros sectores diferentes del automovilístico.

La utilización de estos softwares supone un gran avance en cuanto a la producción y sobre todo las pruebas que es necesario realizar sobre el vehículo. Algunas de las mejoras que se consiguen son:

- Reducción del tiempo de producción: debida a la fácil adaptación de los diferentes módulos de fabricación que se ha obtenido
- Reducción del tiempo de validación de los modelos: Debido a que muchas de las pruebas pueden realizarse sobre los modelos de simulación desarrollados.
- Reducción del coste de fabricación: Al adaptar los módulos de manera que se puedan utilizar para diferentes modelos, se producen menos unidades desechadas y por lo tanto se disminuye el coste de fabricación.

- Disminución de los tiempos de espera del cliente: Gracias a que se realiza una producción por módulos adaptables a los diferentes modelos y especificaciones requeridas por el consumidor.

2.2.2.2 Towards 5G

Otro de los proyectos de automoción que busca el desarrollo de la Industria 4.0 en el sector es el denominado “Towards 5G” o Hacia 5G. El proyecto es una iniciativa realizada entre el grupo automovilístico PSA, Orange y Ericsson. Este proyecto pretende desarrollar sistemas inteligentes de transporte (ITS) de manera que se mejore la seguridad vial, así como otras características de los vehículos. Se denomina 5G, ya que pretende avanzar hacia una tecnología que permita la interconexión tanto entre vehículos (Vehicle-to-Vehicle, V2V) como entre los vehículos con el resto de cosas (Vehicle-to-Everything, V2X) uno de las cosas que se pretende desarrollar es la capacidad de los automóviles de predecir en tiempo real las posibilidades de accidente, así como la notificación de ellos. Para ello, PSA aporta la parte automovilística, Orange las redes de conexión de internet, y Ericsson las de radio entre otras.

Este tipo de aplicaciones de la Industria 4.0 supondrán un gran valor añadido para los usuarios finales, además de aumentar la seguridad y la confianza en el producto. Aunque en términos de producción y costes no represente una mejora tangible, sí lo será en el ámbito de lo cotidiano, ya que, si se llegan a desarrollar por completo las funcionalidades que se pretenden obtener de proyectos como este, veremos cómo cambia profundamente el sector del automóvil, y la conducción al completo.

2.2.3 Audi

La empresa automovilística ha implementado lo que denominan “Window to the World”. Se trata de una tecnología desarrollada entre Metaio que proporciona un sistema de realidad virtual que combina la imagen real con ART (Advanced Realtime Tracking) que ofrece a través de un sistema de infrarrojos los datos necesarios sobre el modelo. El sistema consiste en una cámara de un dispositivo, a través del cual la persona encargada podrá ver la imagen real, junto con las proyecciones de aquello que se va a instalar a continuación, o el siguiente paso de producción. Se trata de un sistema muy útil a la hora de producir prototipos ya que al ser realizados de manera más “manual”, el operario puede ver cuál es el siguiente componente que hay que integrar, qué debe hacer a continuación y de igual manera es capaz de detectar fallos o imperfecciones en el montaje. Los beneficios son evidentemente en términos de tiempos de producción y montaje que se ven considerablemente reducidos. Además, se permite una fácil comprobación de que el diseño coincide con el producto final. Este sistema solo ha sido implementado de momento en la fábrica de Ingolstadt, Alemania.



Figura 9- “Window to the World” Audi

Este caso es parecido al que veíamos en el sector aeronáutico con Airbus, pero tiene algunas diferencias importantes. En primer lugar, Audi ha dedicado este tipo de sistema específicamente al desarrollo de prototipos. Esto se debe a que, al realizar un modelo nuevo, no se configura una gran parte de las máquinas propias de una instalación de ensamblado de coches para producir únicamente un modelo, por lo que este tipo de tareas son mucho más lentas, manuales y requieren muchos planos, e instrucciones a tener en cuenta.

Como vimos con el caso de DAR Systems, la tecnología de VR permite facilitar el montaje de un conjunto ya que a través de él podemos ver las piezas que debemos montar en el paso siguiente, reduciendo de manera considerable la necesidad de comprobar en los planos de montaje si se está siguiendo bien el proceso. Además, como veíamos al principio, los sensores de los que está dotado el sistema son capaces de percibir las diferencias entre el modelo real y el que deberíamos obtener según los planos y hacérselas ver al operario para que puedan ser modificadas.

Esta aplicación es de gran importancia ya que supone una gran ventaja a la hora de realizar ciclos de mejora continua. Permite un prototipado mucho más rápido, incluso tratándose de una pieza compleja como es un automóvil y de esta manera se reducen considerablemente los tiempos de ciclo.

2.3 Otros casos de éxito

Como mencionábamos en la introducción, los sectores en los que se comenzaban a ver cambios de manera más generalizada son el automovilístico y el aeronáutico. Sin embargo, también existen casos específicos de otros sectores en los que se han aplicado tecnologías de la Industria 4.0 con resultados exitosos.

2.3.1 Energías

El sector de las energías y electricidad es uno de los casos en los que se comienza a realizar una transformación digital. El desarrollo de las energías renovables, así como la creciente necesidad de preservar el medio ambiente hacen que, cada vez más, sea necesaria la eficiencia del uso de los combustibles fósiles. Sin embargo, no es posible su supresión completa, ya que no se produce energía suficiente con métodos alternativos. Este problema es uno de los principales motivos por los que el Big Data junto con la aplicación de Inteligencia Artificial (IA) se comienzan a desarrollar en este sector. Una de las posibilidades que se busca implementar es un sistema de análisis de datos, que junto con la IA sea capaz de decidir de qué tipo de energía se dispone en ese momento a menor coste consiguiendo así una optimización de la explotación de los diferentes tipos de energías. Se podrían aprovechar los picos que se producen con las energías renovables en función de las condiciones meteorológicas y así abaratar el coste del consumidor final. De la misma manera, gracias a los avances en producción y tecnologías que se prevé que esta ola de innovación traiga, se desarrollan combustibles fósiles y biocombustibles cuyo impacto se vea reducido de manera considerable y cuyas prestaciones sean cada vez mejores.

Uno de los proyectos realizados en este sector en consonancia con la industria 4.0 es el que la empresa Innovae realizó para Slingsintt. El objetivo era estudiar de manera más sencilla cómo realizar el cambio de palas de un molino de viento para lo cual se desarrolló un sistema en realidad virtual que permite ver desde todos los ángulos como se realiza dicho cambio para una mejor comprensión del mismo.



Figura 10 – Proyecto Slingsintt Realidad Virtual

2.3.2 Materiales

Se trata de otro de los campos en los que se comienzan a aplicar nuevas tecnologías. Aunque es menos visible, ya que otros sectores tienen más difusión mediática, en el sector de los materiales se comienzan a desarrollar mejoras respecto a lo que hemos visto hasta ahora. Uno de los ejemplos más claros es en la fabricación aditiva. En sus inicios se trataba de una manera de fabricación muy costosa y cuyos materiales disponibles eran muy escasos, sin embargo, actualmente se dispone de más de 60 tipos de materiales compatibles con dicha forma de fabricación.

La flexibilidad que permite esta gama de productos hace que la utilidad de las impresoras 3D se vea aumentada considerablemente, y de hecho ya se utiliza en muchas empresas como medio para obtener prototipos rápidos con los que se puedan realizar pruebas posteriormente reduciendo tanto el tiempo de concepción como de fabricación y por tanto los costes finales de los prototipos obtenidos. Algunas de las empresas que comienzan a explotar este campo son Rolls-Royce (en motores de aviones) o Airbus.



Figura 11 - Impresora 3D

2.3.3 Sanidad

Se trata de otro de los campos en los que la aplicación de la Industria 4.0 tendría una repercusión extraordinaria, y ya hay algunas pruebas de ello. Concretamente, Siemens se introdujo en esta digitalización para el desarrollo de prótesis óseas. Estas prótesis normalmente se hacían de manera estándar necesitaban una adaptación posterior a cada cliente en concreto, dicho proceso podía llevar semanas. Actualmente, la empresa ha desarrollado un sistema mediante el cual pueden fabricar prótesis específicas para cada cliente en unas horas.

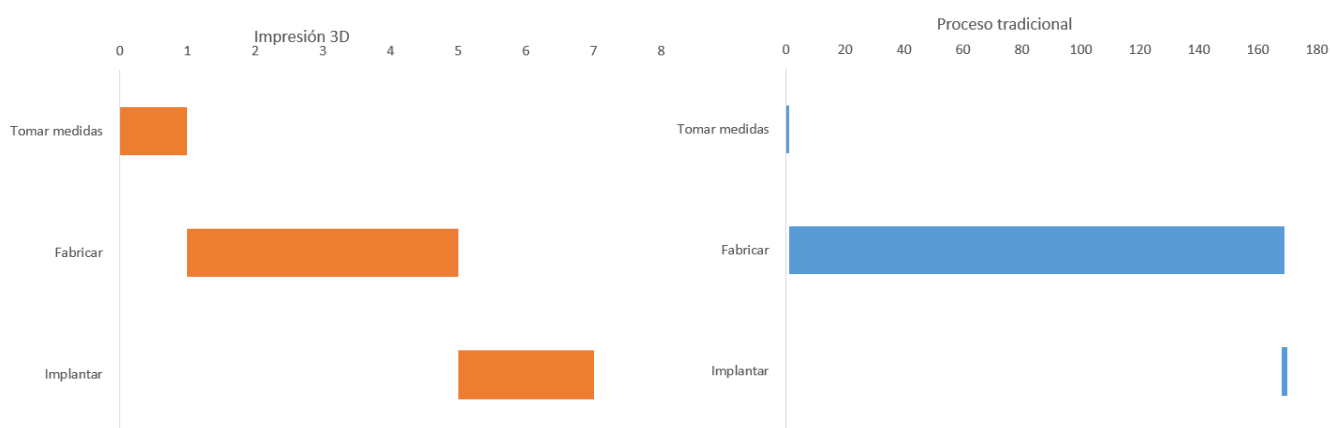


Figura 12 – Comparación proceso tradicional y actual de Siemens.

Como podemos ver al comparar los diagramas anteriores, la diferencia es muy clara, se reduce considerablemente el tiempo de producción, que se reduce de una o más semanas a unas 3-4 horas. Por lo tanto, el tiempo de espera del cliente será mucho menor. Este hecho es condicionante en un sector como el de la sanidad, pues los pacientes esperan tener sus prótesis en el menor tiempo posible, además el hecho de ser diseñada específicamente para cada cliente, en lugar de ser una pieza estándar que se ha adaptado supone también un valor añadido para el usuario final.

Del mismo modo, existen otro tipo de aplicaciones, los audífonos por ejemplo son actualmente fabricados en su mayoría gracias a la impresión en 3D, y la denominada ingeniería de tejidos cuyo desarrollo está muy estudiado debido a la posibilidad de imprimir tejidos, lo que permitiría imprimir músculo, cartílagos o huesos. Uno de los referentes en este campo es Anthony Atala, cuya investigación en materia de medicina regenerativa, en el Wake Forest Baptist Institute en Estados Unidos ha hecho posible que se lleguen a fabricar tejidos e incluso órganos a partir de células y biomateriales gracias a la fabricación aditiva. Además, en su investigación más reciente se está estudiando la utilización de impresoras 3D para curar heridas directamente sobre los pacientes, es decir, que la impresora será capaz de escanear, identificar qué tipo de tejido se necesita y después imprimirlo sobre la piel del paciente.

3 IMPLICACIONES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA PLANIFICACIÓN Y LA ORGANIZACIÓN DE LOS PROCESOS

La Industria 4.0 se centra en la conversión hacia sistemas conectados y productos inteligentes, es por este motivo por el que supone un gran cambio en la organización de la producción, la planificación y cómo se estructuran los procesos. Esta conversión de los sistemas no es un proceso fácil de llevar a cabo, y uno de los principales inconvenientes es el gran coste que supone cambiar de forma radical el proceso de producción, la logística o incluso la distribución en planta de una instalación. Por este motivo, se comienzan a ver cambios en partes aisladas de procesos, como algunos de los ejemplos que hemos citado anteriormente, pero sin embargo actualmente hay muy pocos procesos que se consideren en su totalidad como ejemplos de la Industria 4.0.

Por otro lado, debido al carácter del sector, existen muchos estudios respecto a la optimalidad de los procesos, la concepción de distribuciones en planta ideales y cómo dirigir un proceso gracias a las tecnologías de la Industria 4.0 de la manera adecuada. A continuación, veremos casos de implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en esta rama de estudio, así como investigaciones, metodologías y estudios relevantes cuya puesta en marcha no se ha realizado, pero que consideramos interesantes.

3.1 Aplicaciones actuales

Como hemos visto anteriormente, aunque no se trata de un uso muy extendido ya que está en fase de desarrollo, existen aplicaciones de la Industria 4.0. Vamos a analizar aquellas más representativas de la organización y la planificación de la producción, así como los efectos y consecuencias que suponen.

3.1.1 SmartFactory KL

Se trata de una iniciativa alemana, se ha construido una primera fábrica inteligente que permite la producción rentable de lotes de piezas o incluso piezas sueltas. Al estar en fase de prueba, actualmente se produce una tarjeta de negocios personalizada a la que se le pueden cambiar el color, lo que queremos grabar en ella, y otras características. El sistema cuenta con células de fabricación separadas conectadas mediante un sistema flexible de transporte. Las piezas llevan etiquetas RFID que permiten el almacenamiento de información sobre su procesamiento y los detalles de personalización requeridos por el cliente. Cada una de las células está conectada al sistema mediante conexión wifi, lo que permite actualizar el ERP, en el momento que la primera célula toma una pieza del inventario, o la inclusión de nueva información.

Además, el sistema al completo está interconectado lo que permite el almacenamiento y desarrollo de KPIs en tiempo real, para conseguir la auto-optimización del sistema de producción. El sistema cuenta con una célula de control, donde un operador podrá controlar el estado de las piezas que se están produciendo, su localización en tiempo real, así como ver gracias a tecnologías de realidad virtual, cuales serán los siguientes procesos y pasos que se producirán sobre la pieza en cuestión y se podrá modificar en caso de que sea necesario. Este tipo de funciones está igualmente disponible en dispositivos portátiles como tablets, o smartwatches. Por último, también cuenta con un sistema de ciber-seguridad, que a través de sistemas de encriptación y fuertes protocolos de seguridad restringe el acceso y la manipulación externa del sistema.



Figura 13 – SmartFactoryKL

Se trata de un ejemplo del cambio que se espera ver en las líneas de producción en los próximos años y ha nacido de la colaboración de empresas tales como IBM, Cisco, iTAC Software AG, WIBU-SYSTEMS, EPLAN Software & Service, proALPHA... etc.

Como podemos ver, hay una gran diferencia respecto a los sistemas actuales. En primer lugar, el sistema trabaja de manera autónoma y es capaz de tomar decisiones por él mismo, lo que supone una gran

ventaja además de un ahorro vital en los tiempos de ciclo y de producción. De esta manera igualmente, el papel de los operarios cambia radicalmente, ya que pasan a ser más controladores del proceso y no intervienen en tareas triviales. La integración de los procesos de calidad y subsanación de fallos hacen que se gane un tiempo muy preciado y se ahorre de manera extraordinaria ya que se reduce en gran medida los productos desechados.

Por último, otro de los grandes avances que incluye esta factoría es la reducción que supone tener todos los sistemas conectados. Se reduce la duplicidad y redundancia de datos, además de ser accesibles por diferentes niveles dentro de la organización. Esto hace que los datos obtenidos sean más fiables y sólidos y por tanto se reduzcan las posibilidades de que induzcan a error.

3.1.2 Trazabilidad

Uno de las partes más importantes en las cadenas logísticas es la trazabilidad. Esta importancia se ve incrementada cuando tratamos con alimentos, ya que además de conocer de dónde vienen o dónde están en cada momento necesitamos verificar que durante su camino hasta el cliente final se han cumplido ciertos requisitos en términos de seguridad alimentaria. En este contexto, la aplicación de sensores que permitan monitorizar en tiempo real supondría un avance que permitiría además a las empresas importantes reducciones de costes además de solventar muchos de los problemas actuales.

Uno de los mayores inconvenientes del sistema de control actual es que ciertos sensores no pueden leerse a distancia, es decir que necesitamos abrir la caja de comida para ver el sensor, rompiendo muchas veces así la cadena del frío. Por este motivo se han desarrollado etiquetas RFID capaces de monitorizar tanto la temperatura como la humedad relativa, que al poder ser leídas desde una distancia de hasta 1m, permiten hacer una lectura de dichos sensores sin la necesidad de intervenir manualmente y por tanto no se rompe la cadena de frío.

Como en todos los cambios, además de numerosos beneficios, debemos tener en cuenta ciertos aspectos que, al no ser de fácil cumplimiento, se verán como inconvenientes a la hora de afrontar la posibilidad de cambiar nuestro sistema de seguimiento y trazabilidad. En la siguiente tabla, se han pretendido recoger los aspectos más importantes a tener en cuenta en este sentido.

BENEFICIOS	INCONVENIENTES
Reducción de la posibilidad de la ruptura de cadena de frío	Inversión en material (sensores/lectores)
Monitorización en tiempo real	Proceso de adaptación a nuevas tecnologías
Monitorización de múltiples parámetros de forma simultánea	

Figura 14- Beneficios e Inconvenientes de tarjetas RFID para trazabilidad.

Como vemos en la tabla anterior, los inconvenientes que supone la adopción de este sistema son fácilmente salvable. Aunque sea necesaria una inversión inicial, ésta puede ser compensada por la cantidad de producto desechado que se ahorraría gracias al cambio. Además, este tipo de sensores son cada vez más asequibles y por lo tanto están al alcance de cualquier empresa.

3.1.3 CloudWave

Se trata de un proyecto que nace en el seno del Seventh Framework Programme, una iniciativa europea para la investigación y el desarrollo tecnológico.

CloudWave ofrece la infraestructura de una nube en la que se pueden establecer diferentes tipos de aplicaciones de manera sencilla y a bajo coste. Podemos utilizar la nube como soporte de un sistema de fabricación, para el desarrollo de aplicaciones... etc. El objetivo es, a través de la colaboración, avanzar hacia un sistema capaz de sustentar las tecnologías como el IoT. Para ello ya se han desarrollado aplicaciones como el marco Stack4Things. Éste permite la virtualización y optimización de un sistema mediante la aplicación de la tecnología de IoT, de manera que podemos saber la localización y estado de cada uno de los componentes del sistema a través de él. Además, ofrece análisis sobre la ejecución de procesos de manera abierta. Es decir, que se analizan todos los datos de la nube optimizándolos y aportando la información relevante sobre estos, desde la información de la aplicación, como de la nube e incluso del usuario final.

Desde el punto de vista de la organización, esto supone un gran avance, ya que, uno de los grandes problemas encontrados en la mayoría de las empresas es la incompatibilidad de unos sistemas con otros. Esto hace que obtengamos una gran cantidad de datos, muchas veces de manera duplicada o triplicada, pero que no podemos unir en un mismo sistema, a no ser que se haga de manera manual. El tipo de sistema de información que presenta CloudWave hace que se consigan datos a partir de los cuales podamos trabajar para la correcta optimización del sistema sin tener que pasar por un proceso de adaptación en el que los hagamos compatibles. Como es evidente, se facilita y sobre todo se acelera en gran manera la tarea de estudio, análisis y optimización de los recursos de la empresa.

3.1.4 Proyecto FITMAN

Se trata de un proyecto relacionado con sensores y facilitadores necesarios para la inclusión de tecnologías como el IoT, o sistemas basados en la nube entre otros. El proyecto, denominado “Future Internet Technologies for Manufacturing Industries”, se centra en la producción, y ha realizado ya más de un caso de prueba en los que se muestra cómo los habilitadores tecnológicos desarrollados suponen una mejora significativa, o han ayudado a solucionar una problemática concreta respecto a la empresa en la que se ha desarrollado la prueba.

Uno de los casos realizados y que podemos citar como ejemplo es el de Whirpool, en el que se aprovecha la escasa utilización de los datos obtenidos para utilizarla de manera que se puedan prevenir fallos y errores. Esto se consigue a través de la explotación de los datos de modo que se previenen las paradas de máquinas y problemas relacionados evitando defectos en la producción. Como este, también se han realizado pruebas en diferentes sectores y tipos de producción, llevando a soluciones respecto a la predicción de la utilización de máquinas y la producción, la toma de decisiones estratégicas de planificación de producción o la reducción de riesgos de seguridad para los trabajadores.

3.2 Estudios y posibilidades futuras

Debido a que hay posibilidades infinitas dentro de la organización de procesos, existe una literatura extensa referida a dicho campo de estudio. Encontramos diferentes tipos de investigación: por un lado, están los estudios dedicados a la inclusión de metodologías y técnicas tanto organizativas como de planificación para el desarrollo junto con las tecnologías de la Industria 4.0, y por otro, aquellos estudios centrados en la búsqueda de modelos matemáticos y de programación que optimicen tanto la producción como la planificación de plantas que ya estén inmersas en la conversión a Industria 4.0. A continuación, trataremos de ver casos de ambos tipos de estudios, así como las reflexiones a las que inducen y sus conclusiones.

3.2.1 Lean

La integración de las metodologías Lean junto con la tecnología de la Industria 4.0 es otro de los puntos de interés dentro de la investigación sobre la organización de procesos. El principal problema con el que nos encontramos a la hora de combinar ambas es la falta de una estructura capaz de combinar ambas, ya que dentro de Lean la interacción humana juega un papel muy importante.

Uno de los proyectos que se está llevando a cabo en este ámbito actualmente es LIAA, Lean Intelligent Assembly Automation, que busca establecer sistemas de colaboración simbióticos entre máquinas y operadores humanos en líneas de ensamblaje construyendo así sistemas híbridos. Dentro de los principios de LIAA se establecen tecnologías como la realidad virtual para que el operador pueda controlar qué pasos son los siguientes que llevará a cabo la máquina o sistemas de detección a través de cámaras, para que la máquina no interfiera con el trabajo del operario y conseguir de esta manera una coordinación entre ambos.

Gracias a la metodología Lean se han conseguido enormes avances en el ámbito de la producción, por lo que combinarla con las nuevas tecnologías no hace más que multiplicar sus posibles aplicaciones. Además, con este proyecto se consigue aplacar una de las mayores críticas o miedos que resultan de la Industria 4.0, el papel del operario. Debido a que muchas veces queda relegado a un segundo plano frente a las máquinas, el hecho de que esta iniciativa impulse la colaboración y la utilización de máquinas para facilitar tareas y no para reemplazar puestos lo hace muy atractivo. El proyecto sostiene que gracias a esta colaboración se obtendrán sistemas mejor optimizados y con los beneficios propios tanto de la utilización de máquinas como la experiencia y capacidad de percepción del operario.

3.2.2 Computación ubicua

La computación ubicua es una tendencia en ingeniería del software que pretende la integración de los ordenadores como un elemento más dentro de nuestras vidas y no como objetos diferenciados. Éstos pasan a estar integrados en otros objetos en lugar de ser elementos aislados. Dentro de esta rama de pensamiento también se han elaborado estudios sobre cómo afectaría integrar de esta manera tanto ordenadores como otras tecnologías a la planificación de la producción o la organización de plantas industriales convirtiéndolas en Smart-Factories.

Se plantea la idea de una planta en la que la información es captada y puede ser consultada en tiempo real, gracias a la sensorización de los elementos, así como a la capacidad de todos ellos de producir, almacenar e interpretar datos. Uno de los problemas que aparecen con estos métodos es la necesidad de pilares de información, ya que actualmente no existe manera de almacenar dicha cantidad de datos dentro de ciertos dispositivos. Por ello, se concibe una distribución en la que ciertos elementos de la planta son fijos y actúan a su vez como pilares de la red de información, y otros son móviles y no tienen esa capacidad de almacenaje. Podríamos poner, por ejemplo, que los fijos son la maquinaria y los móviles tablets, smartwatches... etc.

Una vez establecidos estos sistemas, ciertas tareas cuya complejidad no es elevada, se podrían realizar de manera automática sin intervención humana. Uno de los ejemplos más claros es la reposición de piezas o stock. Cuando se utiliza una pieza, su sensor se activa y se envía una orden para realizar un pedido de dicha pieza que acaba de salir de stock. La principal ventaja que se puede obtener de estos sistemas recae en la capacidad de actuación autónoma de la que disponen. Al igual que en el ejemplo de SmartFactoryKL, se integran las funciones de inspección de calidad, y la capacidad de subsanar los fallos que se encuentren en tiempo real, por lo que los operarios en lugar de tener que controlar dichas funciones pasar a ser controladores del proceso al completo y pueden centrarse en la optimización y mejora del mismo.

Otro de los aspectos más importantes de este método es que, al suprimirse el sistema central de control, y pasar a un conjunto de estructuras descentralizadas y conectadas, diferentes niveles dentro de la empresa trabajan con los mismos datos en tiempo real, es decir que, el ingeniero y el operario trabajan sobre la misma base de datos y se puede llegar a mejoras o cambios de manera más simple ya que se establece una red de colaboración entre toda la empresa.

3.2.3 Smart Workflows

Los Smart Workflows (SW) son sistemas conscientes del contexto en el que se trabaja, es decir que, captan información de elementos reales para después poder controlarlos y ejecutarlos de manera automática. Existen diversos estudios enfocados a la utilización y el desarrollo de este tipo de sistemas, debido a la gran cantidad de mejoras que su implementación lleva implícitas. A continuación, vamos a tratar de plasmar su funcionamiento, así como las problemáticas que surgen a la hora de su puesta en marcha y las mejoras que se pretende conseguir.

Se pretende pasar, como podemos ver en la figura 12, de un sistema que se apoya en los trabajadores a otro controlado por el modelo contextual y un sistema de provisión.

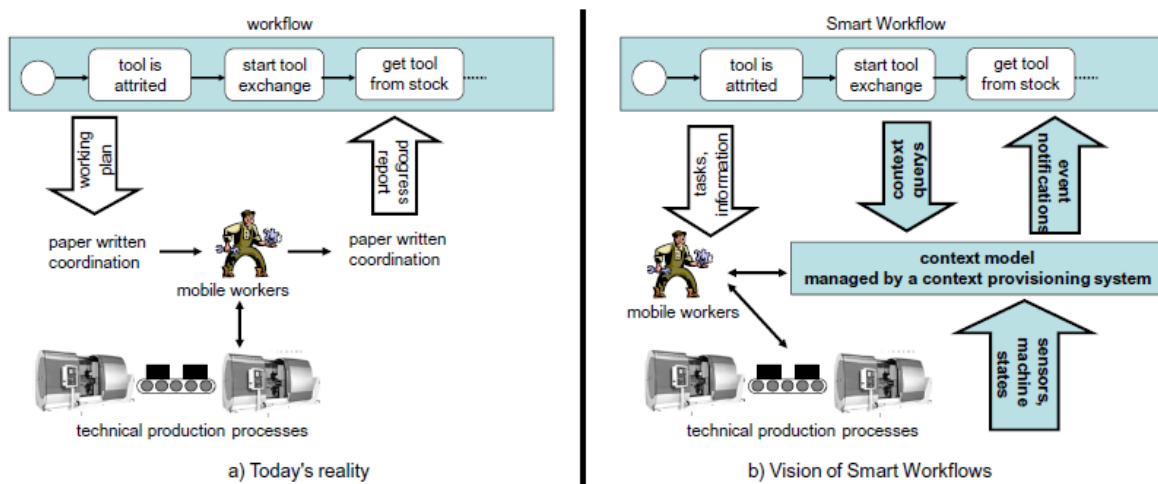


Figura 15 – Realidad actual y visión de los Smart Workflows

El problema al intentar implementar este tipo de modelos es establecer el grado de complejidad requerido. No es igual el nivel que requieren los trabajadores de IT, al que solicitan tener los ingenieros, por lo que se debe llegar a un término medio en el que el sistema sea suficientemente sencillo como para poder ser utilizado por todos los perfiles que van a necesitarlo, así como para su modificación o mejora, pero de igual manera debe tener un grado de complejidad suficiente como para ser representativo de la realidad, y capaz de controlar el sistema real. Para lidiar con este problema, una de las soluciones propuestas es la creación de Procesos de Integración (IPs), que derivan unos de otros. Los IP permiten crear una interfaz más sencilla y concreta, por lo que son de aplicación específica según el dominio en el que se trabaja. Gracias a ellos,

podemos crear una jerarquía suficiente que tenga el nivel de sencillez necesario para IT y suficientemente complejo como lo requieren los expertos del dominio.

La utilidad de este tipo de sistemas recae en la capacidad de automatización de tareas simples que podríamos llevar a cabo. Gracias a la inclusión de sensores podríamos automatizar el pedido de una nueva herramienta cuando la que usamos presenta signos de degradación, o el pedido de material cuando el nivel de stock comienza a disminuir entre muchas otras. Como resultado, evitaremos paradas de nuestro sistema debido a falta de material, o a problemas logísticos como puede ser que hayamos realizado un pedido demasiado tarde.

3.2.4 Parque Eco-Industrial en Jurong

Uno de los casos de aplicación es el de la isla Eco-Industrial de Jurong. La isla de Jurong es una isla artificial situada en la costa de Singapur. Supone una parte importante de la economía de la ciudad ya que concentra un gran número de compañías. El concepto de parque eco-industrial (EIP) ha surgido con fuerza recientemente en el ámbito de las energías y supone un conjunto de industrias cuyos recursos y desechos son aprovechadas entre todas ellas, es decir, que los desechos de una industria pasan como materia prima a otra de ellas, y los recursos energéticos son compartidos de igual manera. Se pretende así optimizar el consumo de recursos naturales, disminuir costes y reducir el impacto medioambiental asociado a un parque industrial común.

Es el conjunto de características previamente mencionadas las que hacen que esta isla sea idónea para la aplicación de tecnologías 4.0 en conjunto con la ingeniería de organización. Gracias a la capacidad de recabación de datos que solo podemos conseguir con el Big Data, la sensorización y conexión de los sistemas con IoT, se pretende organizar la planificación de la producción de cada una de las empresas participantes en la red, en función de las demás. Así, se optimizan de la misma manera la gestión de desechos y compra de materias primas como hemos visto antes.

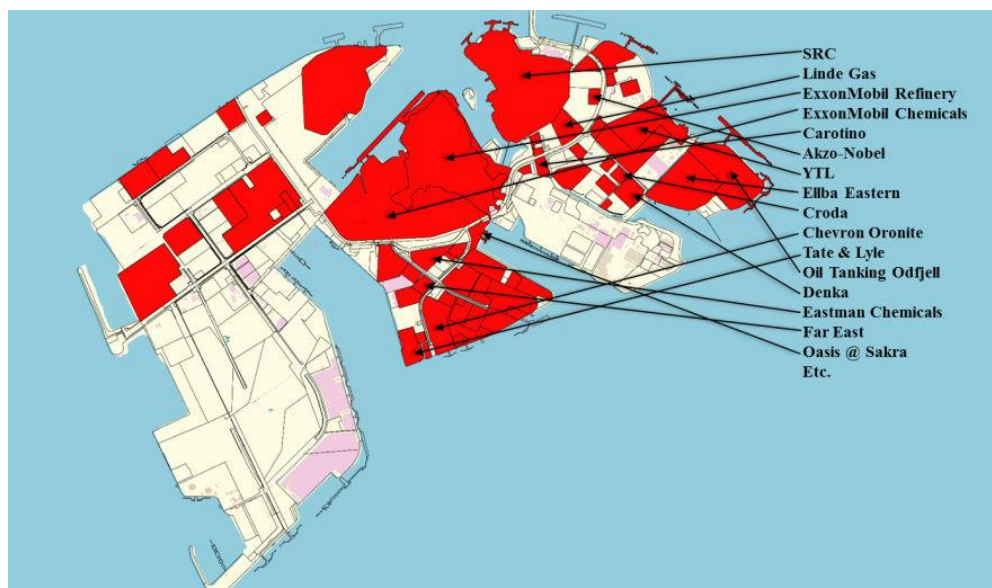


Figura 16- Isla de Jurong

Para la creación de un modelo de optimización, los autores del estudio proponen la creación una ciberinfraestructura del EIP basada en la nube y desarrollada gracias a ordenadores de alto rendimiento. Sin embargo, la realización de dicho modelo no es sencilla. Se trataría de un modelo dividido en cuatro niveles diferentes: el nivel más bajo es el de proceso de componente, en el que se engloban los procesos de primer nivel, los más sencillos. En segundo lugar, está el nivel de procesos, en el se representan todos los procesos de manera individual dentro de cada una de las empresas. El tercer nivel sería el de planta. Éste contiene todos los

procesos de cada una de las plantas industriales por separado, y, por último, el cuarto nivel y más complejo es el del EIP al completo.

Como podemos imaginar, estos modelos conllevan una gran cantidad de datos en cada uno de los niveles mencionados, por lo que son necesarias técnicas de análisis de Big-Data que pueden llevarse a cabo gracias a los ordenadores de alto rendimiento. De esta manera, y gracias al modelo obtenido se pueden simular las condiciones en las que funciona el EIP y optimizar la utilización de los recursos compartidos cumpliendo con los requisitos de seguridad, y los objetivos económicos sin necesidad de intervención humana en el proceso.

Los beneficios son claros en términos económicos, ya que, al tratarse de industria química muchas de las empresas ahorran en la gestión de residuos al enviarlos directamente a otras para que lo utilicen como materia prima. Además, no sólo ese tipo de recursos son compartidos, se establecen redes que permiten aprovechar el calor o frío resultante de una reacción para utilizarlos en otros procesos de distintas fábricas, por ejemplo. De este modo, se consigue ahorrar en consumos eléctricos y de suministros, al igual que de materias. Por último, al construir un modelo del tamaño y complejidad del presentado por el problema, se presuponen resultados mucho mejores a los que se obtendrían al optimizar cada fábrica de manera aislada, ya que los datos son mucho más cercanos a la realidad y se evitan grandes simplificaciones.

3.2.5 Modelo dinámico para SmartFactories

De la misma manera que se estudian las posibilidades de cambio que ofrecen las Smart-Factories, existe la necesidad de estudiar la utilización de modelos para optimizar los cambios que se producen gracias a la transformación que estas plantas llevan consigo. Uno de los elementos más importantes que son objeto de estudio es planificación de la cadena de suministro, ya que se ve inmersa en un profundo cambio debido a la transformación digital. Estas cadenas de suministro deben ser cambiantes, debido a que en una Smart Factory se lleva a cabo la producción simultánea de una gran gama de productos cuyos tiempos de proceso varían. Por lo tanto, la planificación pasa a ser a corto plazo y debe ser optimizada de manera diferente.

Hay muchos estudios realizados sobre “scheduling”. Al cambiar de manera radical la forma en la que trabajan las fábricas, se abre una nueva incógnita sobre cómo optimizar la organización de las tareas. Las SC pasan a ser sistemas ciber-físicos colaborativos, ya que como sabemos, se está evolucionando hacia redes ciber-físicas en el ámbito de la fabricación. Debido a esto, tenemos que considerar de manera diferente cómo optimizar las tareas dentro del sistema de producción. Se han estudiado muchas formas de optimizar la secuenciación de tareas en sistemas multi-etapas, que podría ser parecido a lo que se establece en un sistema de una Smart Factory, es por este motivo que se utilizan técnicas similares para optimizar la planificación a corto plazo de la SC.

Los modelos propuestos utilizan problemas multi-objetivo, multi-etapas con máquinas alternativas en las diferentes etapas y velocidades de proceso independientes y diferentes. Además, consideran que la división del trabajo es posible como sucedería en una SF. A través de la combinación de las muchas teorías ya existentes, se puede llegar a modelos de optimización, bastante complejos en los que se combinan la lógica de la teoría del control de programa óptimo (OPC), junto con las técnicas de plan maestro de producción (MP Scheduling).

4 IMPACTO DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LOS PROCESOS

En mi opinión, y en base a lo que se ha tratado anteriormente, en el ámbito de la ingeniería de organización, podemos ver tres tipos de aplicaciones de la Industria 4.0, o tres tipos de casos. En primer lugar, estarían los casos referidos a los procesos, los que tratan la planificación y los que tratan la optimización en un sentido más teórico.

Dentro del primer grupo, estarían todos aquellos en los que la implantación de la industria 4.0 ha supuesto un cambio en el proceso productivo, como puede ser a través de la utilización de nuevos materiales, o a través de la inclusión de tecnologías como las de realidad virtual, gafas inteligentes o similares. Este tipo de aplicaciones están centradas en facilitar las tareas del operario y hacer que se necesiten mucho menos volumen de documentación y material físico, ya que se centralizaría en el sistema de información. Algunos de los beneficios obtenidos por este tipo de aplicaciones como hemos visto, son las reducciones de tiempos de ciclo, mejora de los procesos de mantenimiento y detección de fallos...etc.

En segundo lugar, encontramos los casos aplicados a la planificación. Dentro de este grupo quedarían englobados los sistemas ciber-físicos, el caso de Tesla y los AIV's, y aquellos que puedan asemejarse. El objetivo del ingeniero en estos casos será el de buscar la manera de aplicar estas mejoras técnicas a la distribución en planta idónea, la planificación de la producción adecuada, o problemas relativos a la agilidad del proceso en sí.

Por último, los casos de optimización representan a estudios dentro del campo de la organización industrial más enfocados al estudio matemático de los problemas. En estos casos, la aplicación del Big Data, así como del IOT, proporcionan todo un nuevo campo de posibilidades a las que recurrir para conseguir optimizar los sistemas, que evolucionan cada vez más hacia sistemas más complejos en los que la combinación de múltiples tipos de fabricación, así como de diversos productos, requieren un estudio profundo de la concepción y planificación de la producción.

En el contexto de la organización industrial, se comienza a hablar también del término Logística 4.0. Aunque no está muy desarrollado, hace referencia a la inclusión de todas las tecnologías que se han comentado a la logística de una empresa en concreto. Las cadenas de suministro se ven sustituidas por redes de colaboración, por lo que se espera asistir a un cambio en las cadenas de valor de las empresas.

A continuación, vamos a ver qué supondría la transformación de un proceso completo de fabricación a la industria 4.0 con casos de aplicación en la industria automovilística y en una empresa de distribución. Para ello, se han desarrollado diagramas de procesos en los que se verá en qué momento el proceso varía gracias a la inclusión de dichas tecnologías, así como el impacto que supone para el proceso productivo y la empresa en general. Comenzaremos por la industria del automóvil. En el diagrama siguiente se muestra el proceso de producción de un coche, en el que se han simplificado algunos aspectos para poder ver los más importantes.

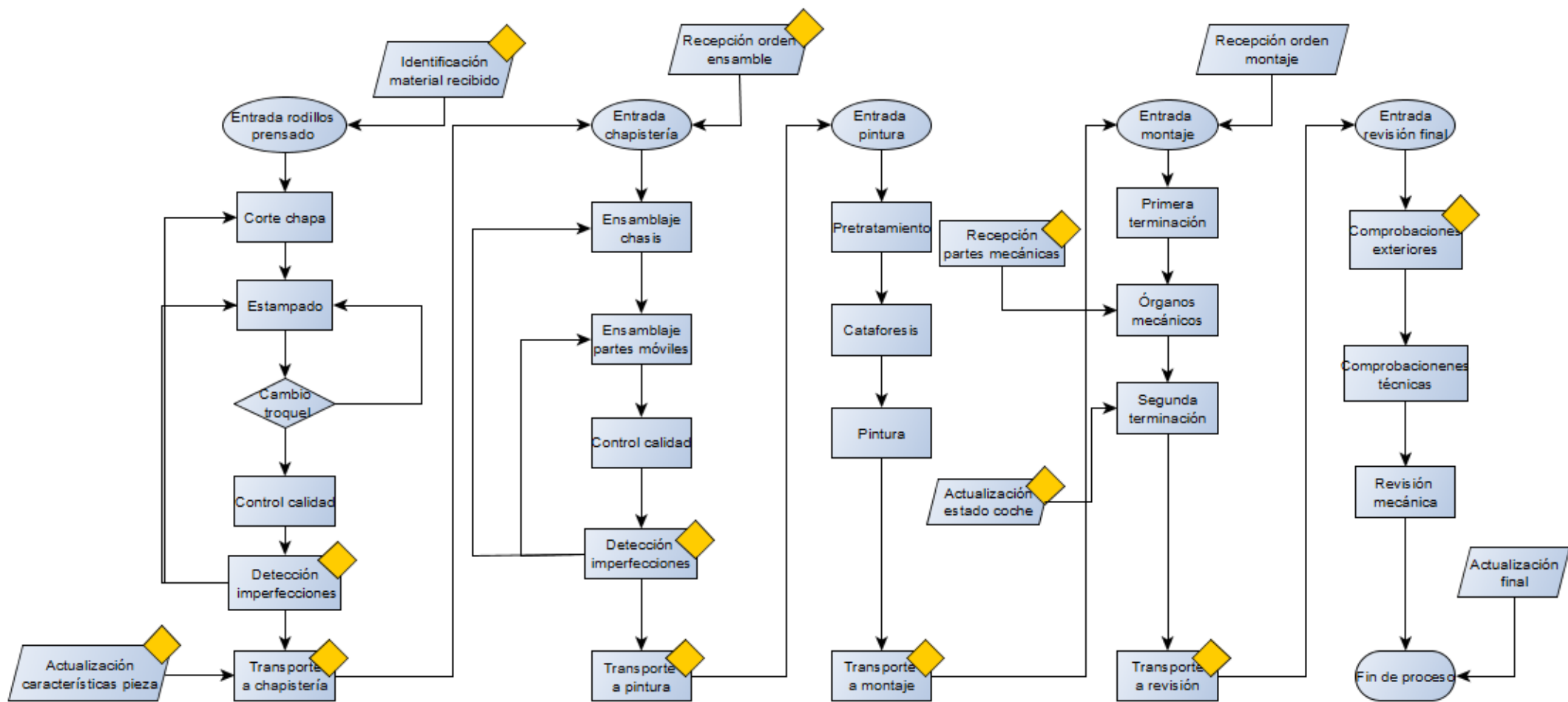


Figura 17 – Proceso producción automóvil

En el proceso de producción de un automóvil, se pueden diferenciar dos partes, en primer lugar, los tres primeros talleres de prensado, chapistería y pintura, donde la intervención humana es escasa, ya que se trata de tareas que están altamente automatizadas. Al convertir una planta hacia la industria 4.0 es evidente que aprovechemos este grado de automatización para incluir sensores que nos permitan recabar información suplementaria a la que obtenemos normalmente. Sin embargo, en el diagrama hemos querido remarcar aquellas tareas en las que la Industria 4.0 produce cambios significativos como son la identificación de las piezas que se van a producir mediante etiquetas RFID, lo cual permitirá que sean más fácilmente localizables, además de permitir incluir la información referente a su utilización final o los procesos que ya se han realizado sobre ella.

También se producen cambios significativos al incluir tecnologías como la realidad virtual o sensorización para la detección de fallos de producción de una manera más rápida y sistemática. Un paso más allá sería el de dotar de máquinas capaces de solventar dichos fallos en el momento de su detección, sin embargo, solo el hecho de conseguir ver dichos fallos de manera automática supone ya un gran ahorro de tiempo que se podrá invertir en otras tareas. Por otro lado, otra de las tareas que se podrían automatizar es la del transporte de piezas entre talleres. Si, se utilizaran vehículos autónomos, conseguiríamos ahorros sustanciales en términos de mano de obra, además de poder controlar de manera más precisa los tiempos entre tareas, ya que estarían completamente automatizados.

En la segunda parte del proceso, se han señalado las funciones anteriormente mencionadas. Sin embargo, como se comenzó diciendo, esta fase de la fabricación requiere una intervención mucho mayor por parte de operarios, por lo que supone una gran oportunidad de inclusión de tecnologías que faciliten dichas tareas. El hecho de que no se haya automatizado tanto como la primera parte del proceso, puede deberse en ocasiones a que se realizan tareas cuyo coste de automatización sería muy elevado y no merece la pena, por lo que la Industria 4.0 deberá aplicarse para conseguir optimizar el trabajo de los operarios, así como facilitarlo.

Una de las posibilidades sería incluir herramientas de realidad virtual, como las que hemos ido viendo en aplicaciones anteriores, que permitan al operario identificar la pieza exacta que está tratando, así como al modelo al que deberá acoplarse, e indicar los siguientes pasos que debe tomar para completar la tarea. Este cambio permitiría la reducción de la documentación física necesaria para llevar a cabo los últimos pasos del montaje del vehículo sobre todo ya que es en esta parte en la que las especificaciones de customización del cliente son llevadas a cabo.

Tenemos que tener en cuenta también que la mayoría de las empresas del sector del automóvil siguen la filosofía del Just in time, es decir que sólo se piden las piezas necesarias para la fabricación en el momento que son necesarias, para evitar almacenar stocks, o tener piezas sobrantes. Esto hace que la sensorización de la cadena de producción suponga una ventaja más, ya que permite calcular de manera más precisa en qué momento nos hará falta cada pieza o componente e incluso se podrá permitir que el sistema lance el pedido automáticamente en el momento más adecuado. Este es uno de los cambios más importantes que implica la transformación, ya que permite la planificación en tiempo real del sistema.

Al incluir los cambios mencionados, vemos que se obtendrían reducciones de tiempos de producción, cada vez más importantes dentro de la industria de manufactura, además de reducciones de coste, principalmente en términos de mano de obra que se vería reducida.

A continuación, vamos a ver qué sucedería en el caso de una empresa de distribución. Se trata de una aplicación mucho más enfocada a la logística en la que las posibilidades son diferentes respecto a las que hemos comentado en el caso del automóvil. La figura siguiente muestra el diagrama del proceso que seguiríamos.

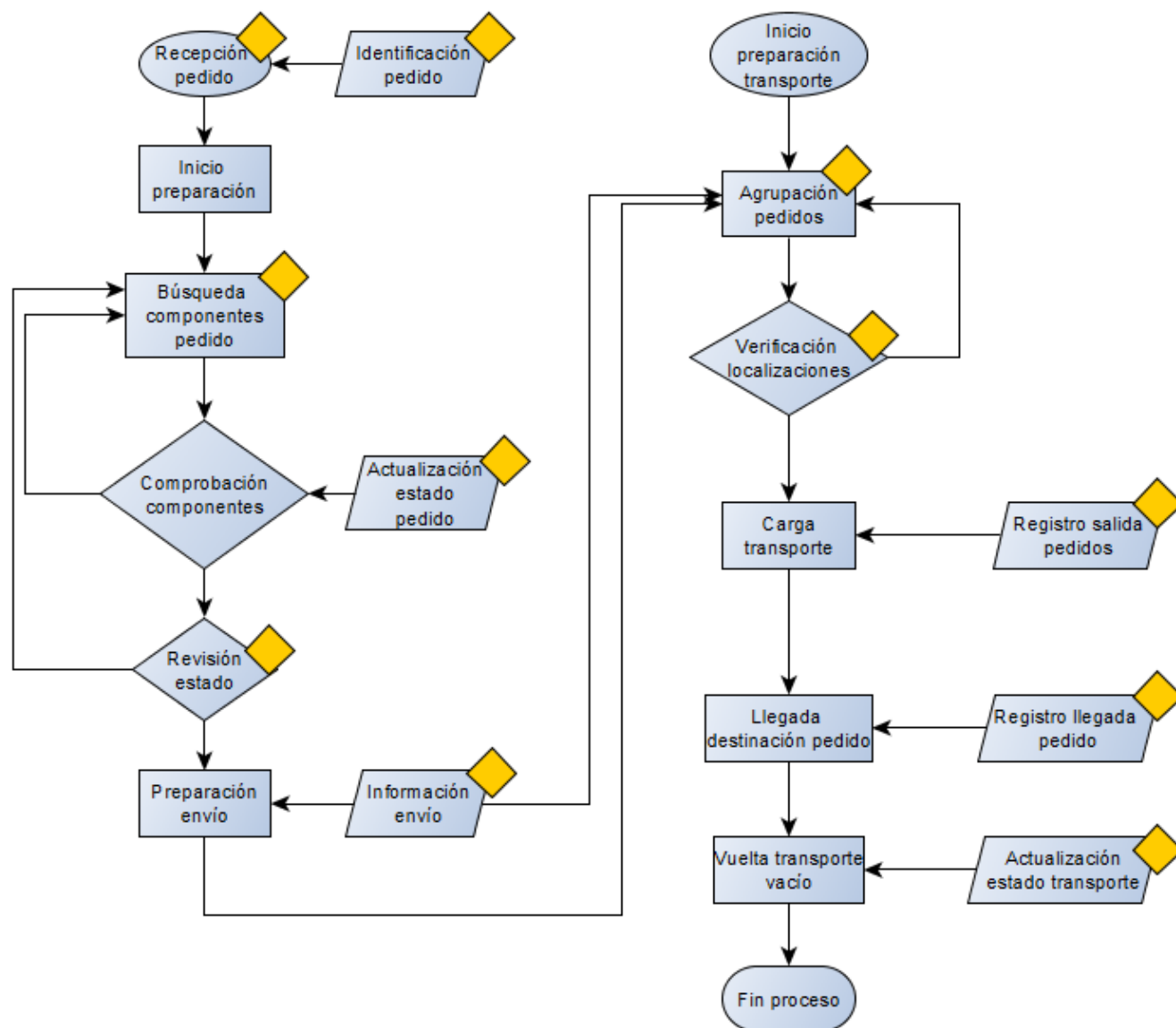


Figura 18 – Proceso empresa distribución

El proceso de una empresa de distribución es radicalmente diferente al que vimos anteriormente. En este caso, muchas de las tareas ya se hacen de forma telemática normalmente. Vamos a comentar un poco en qué consistiría la utilización de las tecnologías en este proceso.

En primer lugar, en este tipo de empresas es muy importante la utilización del IOT. Gracias a éste, se podrán localizar pedidos, productos, así como transportes. La planta contará con una red capaz de soportar los muchos dispositivos que se utilizan a lo largo de la cadena, y con un sistema de información que dé cabida a todos los pedidos. El proceso se inicia con la recepción de un pedido que se almacena de manera automática en el sistema. Al hacerlo, se identifican todos los componentes de dicho pedido incorporando información sobre su estado o localización en la planta entre otros.

Una vez se ha identificado el pedido, se procede a la búsqueda de los productos que lo componen. En una Industria 4.0, dicha búsqueda podría realizarse gracias a vehículos autónomos que sean capaces de leer etiquetas RFID, ya que gracias a éstas y a la información obtenida del sistema de información, podrían localizar los productos y verificar que son los adecuados una vez encontrados antes de añadirlos a la “cesta” del pedido.

La preparación si necesitará de personal para realizar embalaje correcto, así como comprobaciones finales, y la puesta en marcha del proceso del envío se realizará de manera similar. Vehículos automatizados podrán agrupar los pedidos en función del destino final al que se desee llevar, y una vez estén todos los requeridos, se enviaría una petición automática para que un transportista los lleve al cliente.

Dependiendo del tipo de empresa que se trate, se podrían incluir también funciones como la de reabastecimiento automático, que podría realizarse si se incluyeran sensores en el almacén capaces de revisar el nivel de stock de cada producto y pedir más al proveedor en el momento en que se alcance el punto de lanzamiento de pedido que haya establecido la empresa. También podrían incluirse sensores que indicaran el lugar óptimo en el que colocar un producto, es decir, que el sistema nos indicaría qué lugar en el almacén está libre y es adecuado para que se coloque cierto producto.

Los resultados que se obtendrían de esta implantación, además de facilitar el proceso serían reducciones de tiempo de ciclo y de personal necesario en el almacén, que se traduciría en menor coste. Para una empresa de este tipo, en la que la reducción de los tiempos de entrega es uno de los objetivos principales, la transformación hacia una industria conectada parece esencial ya que supondrá un valor añadido para el consumidor final.

Por último, vamos a ver qué supondría la inclusión de tecnologías 4.0 a la fabricación de aviones. Este proceso al ser mucho más complejo, se ha simplificado en gran parte para facilitar la visibilidad de las posibles aplicaciones que podríamos obtener. El diagrama siguiente muestra dónde se verían dichas aplicaciones.

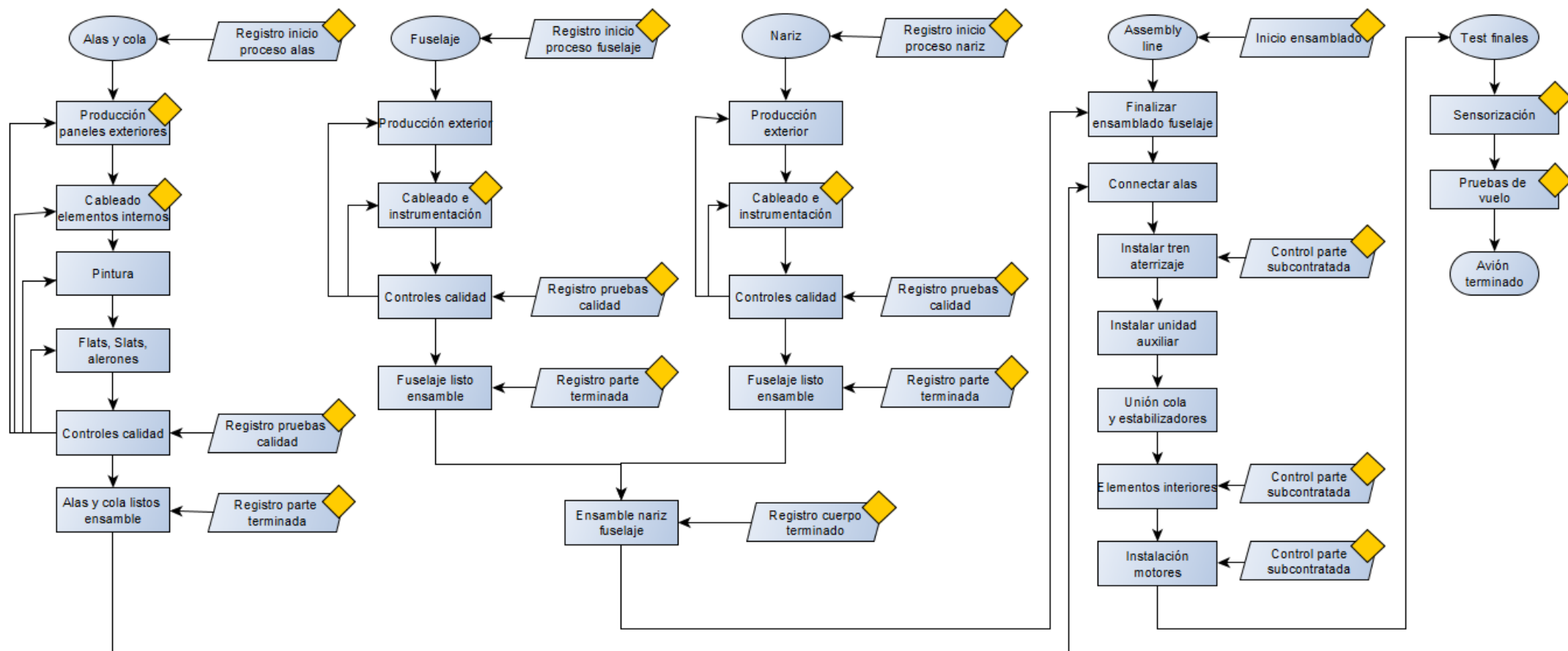


Figura 19- Proceso avión

El proceso anterior es muy ilustrativo, ya que al tratarse de un proceso complejo podemos ver muchas aplicaciones diferentes de la Industria 4.0. En primer lugar, aunque no se han incluido, los procesos de diseño de un avión son muy largos y complejos, y en ellos también se comienzan a utilizar tecnologías propias de la industria conectada. La simulación, la realidad virtual y el Big Data cobran mucha importancia en esta fase de desarrollo. Además, para la realización de este modelo se ha tomado la decisión de considerar que muchas de las partes del avión son realizadas por empresas subcontratadas, tren de aterrizaje, motores y los elementos interiores como asientos, cabina del piloto...etc. Gracias a esto, además de obtener un modelo más sencillo, podemos ver qué podemos conseguir aplicando la Industria 4.0 en estos casos, que son muy numerosos.

El proceso comenzaría de manera simultánea en varios procesos, y gracias al IOT y sensores, se darían de alta las piezas que han comenzado su proceso de fabricación. De igual manera, esta información será dada a los proveedores en el momento en que tengan que comenzar sus producciones respectivas en función de qué parte suministren cada uno. A continuación, se comenzarían los procesos propios de cada una de las partes de la aeronave. Algunas de ellas pueden incluir tecnologías como la fabricación aditiva, ya presente en la producción de alas para ciertos tipos de aviones, e incluso podría extenderse a la impresión del cableado directamente sobre la pieza ya fabricada.

Para los controles de calidad, se incluyen sensores, así como drones, que permitan una mejor visión de las piezas de mayor dimensión, utilizando sistemas similares al DAR System desarrollado por Airbus. Tenemos que tener en cuenta, además, que se trata de procesos que requieren mucha automatización y maquinaria, debido al tamaño de lo que se produce, por lo que la inclusión de sensores que se mencionaba antes permite también un mayor control de las partes, y recabación de información suplementaria.

Una vez se han producido todas las partes, se llevan a la línea de ensamblado final, donde gracias a la conexión entre todas las partes de la empresa, así como con los proveedores permiten que las piezas lleguen en el momento en que deben ser utilizadas, sin necesidad de espera. Por último, una vez ensamblado el avión, se realizan las últimas pruebas, y pruebas de vuelo. Para ellas se cuenta con una gran cantidad de sensores, que se instalan en toda la aeronave recabando información de las condiciones de las diferentes partes, así como de su estado y variaciones durante el vuelo.

Debido a las necesidades de seguridad que este sector requiere, la utilización de sensores para las pruebas y controles de calidad son esenciales. Además, al conseguir la conexión de todos ellos permite simplificar su análisis y la realización de cambios. Por otro lado, la red establecida permite el contacto en tiempo real entre todos los procesos de manera que se realicen de forma coordinada, permitiendo así una planificación en tiempo real.

Por último, como pasaba en el caso de la producción de automóviles, el siguiente paso sería facilitar dentro de lo posible, las tareas que no pueden ser automatizadas, inclusión de tecnologías que utilicen realidad virtual como herramienta de trabajo reduciendo así los posibles fallos y errores de montaje.

Como resultado de este caso, obtenemos reducciones de tiempos muertos de la conexión con los proveedores, y por lo tanto reducciones de tiempos de ciclo, muchas veces esenciales para un sector tan exigente en el que los costes de producción tan elevados, se ven muy perjudicados por retrasos de producción.

Al igual que en los casos anteriores, podríamos extrapolar los resultados obtenidos para aplicarlos a la logística de cualquier empresa. La sensorización de la cadena de suministro permitiría realizar una planificación de la producción más adecuada ya que se realizaría en tiempo real. Esta aplicación, cobra especial importancia en los cada vez más numerosos clústers tecnológicos y redes de empresas. Al establecerse redes de colaboración, la comunicación y visibilidad de los procesos supone una parte esencial

para que el sistema funcione correctamente. Poder establecer los momentos de salida y llegada de componentes, la finalización de tareas o la automatización de pedidos en el momento adecuado simplifica en gran medida el problema añadido que supone no concentrar todos los recursos en un mismo espacio físico.

Como hemos visto, existen muchas posibles aplicaciones, y dependiendo de la empresa y el sector en el que estemos se desarrollarán más unas u otras. Estos cambios buscan principalmente, además de la adaptación al cambio de situación en el que se encuentra la industria, obtener mayores beneficios. Aunque aún es pronto para hablar de datos contrastados con la realidad, ya que estamos en una fase temprana del desarrollo de la Industria 4.0, todas las empresas que se han sumado a este cambio cuentan con planes estratégicos en los que establecen objetivos a los que pretenden llegar. Sucede de igual manera con los países y sus estrategias para potenciar la industria.

Cuando hablamos de gobiernos, se utiliza normalmente como indicador el PIB. Todas las estrategias, de manera más ambiciosa o menos, pretenden aumentar la aportación al PIB por parte de la industria por parte de la industria al completar la transformación 4.0, Alemania, por ejemplo, se marca como objetivo recuperar niveles anteriores a la crisis. En las empresas, sin embargo, se marcan objetivos diferentes donde prima reducir costes y aumentar beneficios, de manera que se obtenga rentabilidad a la inversión realizada lo antes posible. Hay algunos casos en los que este beneficio es fácilmente cuantificable, como veíamos en el caso de Boeing, sin embargo, en la mayoría de empresas, es más difícil cuantificar el ahorro que supondrá esta transformación. Según un estudio realizado por PwC, las empresas que están en fase de transformación hacia la Industria 4.0 esperan obtener beneficios de un 2-3% mayores gracias a el cambio, además de reducir los costes en un 3-4%.

5 CONCLUSIÓN

Como hemos visto, la industria se encuentra sumergida en un proceso de cambio del que comenzaremos a apreciar resultados durante los próximos años. Debido a la naturaleza de este cambio, del que se pueden considerar numerosas posibilidades, las empresas se encuentran ante una disyuntiva, elegir hacia dónde se van a encaminar con esta Industria 4.0. El riesgo que deben asumir las empresas al decidirse es evidente, pero se presentan muchas posibilidades de mejora y de crecimiento. Además, también es probable que aquellas que no se sepan adaptar a las nuevas condiciones del mercado resultante de este cambio, no consigan sobrevivir de la misma manera.

Diversos estudios consideran que la industria manufacturera será una de las grandes beneficiadas por cambios como el uso del Big Data, debido a que una única máquina es capaz de recopilar grandes cantidades de información simple, tales como medidas de la pieza que se produce, lo que da lugar a una enorme cantidad de datos a analizar y que pueden ser útiles para la organización futura de la producción. Además, como hemos podido comprobar existen proyectos de desarrollo en el ámbito de la Industria 4.0 a nivel global, por lo que podemos prever que se vayan a realizar avances importantes en los próximos años.

De igual manera, hemos constatado que este cambio no afectará únicamente a la industria y la fabricación en sí, sino a nuestra manera de trabajar, así como de concebir la manufactura, ya que, por un lado, los trabajadores tendrán que aprender a convivir con diferentes maneras de interacción con el entorno y las máquinas debido a los sistemas ciber-físicos, y por otro los consumidores, la relación con la empresa y la manera de comprar, se verá afectada. Se obtendrán mayores niveles de personalización, y se comenzarán a exigir menores tiempos de espera de igual manera.

Todas estas nuevas perspectivas proporcionarán un nuevo marco de desarrollo industrial en el que estaremos sumergidos durante los próximos años. Esta transformación además de suponer una gran oportunidad de desarrollo tendrá que enfrentarse a muchas críticas y opositores. Incluso ahora, en su fase de inicio, existen muchas críticas hacia este tipo de transformaciones. Mientras, por un lado, cada vez aparecen más empresas dispuestas a ofrecer servicios de consultoría y ayuda en el desarrollo hacia la transformación digital, del otro lado se reciben críticas muy duras hacia la inclusión de tantas tecnologías en procesos que antes se realizaban casi completamente de manera manual.

El principal miedo detrás de estas críticas es la sustitución de los humanos por robots. Este tipo de miedos se fundamenta en la desaparición de ciertos tipos de puestos de trabajo que se van quedando obsoletos, sin embargo, de la misma manera que unos pierden su utilidad, en mi opinión, aparecen nuevas necesidades. Creo que es fundamental que se conciba este cambio de tendencia en la industria como una verdadera transformación de la que deberemos formar parte para conseguir una industria fuerte y capaz de afrontar las necesidades del consumidor actual.

Por otro lado, existen también duras críticas hacia la seguridad de este tipo de sistemas. Aunque este es un tema que se ha mencionado previamente, es de vital importancia, ya que solo consiguiendo la confianza de tanto consumidores como productores se llegará a implementar el cambio. El desarrollo de barreras informáticas está en un momento de máximo desarrollo, así como la inversión en seguridad frente a este tipo de ataques, que cada vez es más necesaria.

REFERENCIAS

- Abad, E., Palacio, F., Nuin, M., Gonzalez de Zárate, A., Juarros, A., Gómez, J.M., Marco, S., (2008) RFID smart tag for traceability and cold chain monitoring of foods: Demonstration in an intercontinental fresh fish logistic chain. *Journal of Food Engineering*, 93, 394-399.
- Anwer, N., Danjou, C., Le Duigou, J., Xu, S. (2015) "STEP-NC based optimization and smart industrialization of NC machining in the context of the factory of the future" Congrès Français de Mécanique, CFM 2015. Celebrada el 24-28 de Agosto 2015 en Lyon, Francia.
- Bley, H. *Smart factories - manufacturing environments and systems of the future*. 36th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, June 03-05, 2003, Saarbrücken, Germany.
- Boston Consulting Group (2015) "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries"
- Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., Rosenberg, M. (2014) "How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective" *International journal of mechanical, aerospace, industrial and mechatronics engineering*, 8(1), 37-44.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung/Federal Ministry of Education and Research (BMBF) Division Innovation Policy Issues; (2014). "The new High-Tech Strategy Innovations for Germany". Alemania: BMBF.
- Dolgui, A., Ivanov, D., Ivanova, M., Solokov, B., Werner, F. (2016) A dynamic model and an algorithm for shortterm supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54 (2), 386-402.
- European Parliament Briefing (September 2015); "Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth".
- General Electric (2016), "Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines".
- General Electric. (2016) "GE's Digital Industrial Transformation Playbook".
- Germany Trade & Invest, "INDUSTRIE 4.0. Smart Manufacturing for the Future". Alemania: GT&I
- Gorecky, D., Ohmer, M., Schmitt, M., Weyer, S. (2015) Towards Industry 4.0 -Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnline*, 3 (48), 579-584.
- Guanghui, W., Lidong, W. (2016) "Big Data in Cyber-Physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0" *International Journal of Engineering and Manufacturing*, 6(4), 1-8.
- Ivanov, D., Sokolov, B. (2015). Integrated Scheduling of Material Flows and Information Services in Industry 4.0 Supply Networks. *IFAC-PapersOnline*, 3 (48), 1533-1538.
- Kaynak, O., Yin, S (2015). Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends. *Proceedings of the IEEE*, 103 (2), 143-146.

- Kolberg, D., Zühlke, D., (2015) Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies. *IFAC-PapersOnline*, 3 (48), 1870–1875.
- Leymann, F., Nicklas, D., Wieland, M. (2008) *Managing Technical Processes Using Smart Workflows*. In: Mähönen P., Pohl K., Priol T. (eds) *Towards a Service-Based Internet*. ServiceWave 2008. Lecture Notes in Computer Science, vol 5377. Springer, Berlin, Heidelberg
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. (2016) “*Industria Conectada 4.0. La transformación de la industria española*”.

Referencias web

Advanced Realtime Tracking. Disponible en <http://www.ar-tracking.com/company/references/automotive-industry/audi-ingolstadt-germany/> [consulta: 03/2017]

Airbus Defence and Space. Disponible en <https://airbusdefenceandspace.com/proyectos-federininterconecta/>. [consulta: 03/2017]

Asociación Española para la Calidad. Disponible en <https://www.aec.es> [consulta: 03/2017]

Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Disponible en <https://www.cdti.es> [consulta: 02/2017]

CloudWave. Agile Service Engineering for the Future Internet. Disponible en <http://cloudwave-fp7.eu/content/cloudwave-user-guide> [consulta: 04/2017]

Clúster de Automoción de Madrid. Disponible en <http://www.mcautomocion.es/> [consulta: 03/2017]

Dassault Systems. Plataforma 3DExperience. Disponible en <https://www.3ds.com/es/acerca-de-3ds/plataforma-3dexperience/> [consulta: 03/2017]

Engadget. Boeing uses first FAA-approved 3D-printed parts for the 787. Disponible en <https://www.engadget.com/2017/04/11/boeing-faa-approved-3d-printed-metals-787/> [consulta: 03/2017]

FITMAN. Future Internet Technologies for Manufacturing Industries. Disponible en <http://www.fitman-fi.eu/> [consulta: 04/2017]

General Electric. The Industrial Internet Insights. Disponible en <https://www.ge.com/digital/industrial-internet> [consulta: 02/2017]

Germany Trade and Invest. Industrie 4.0. Disponible en <https://industrie4.0.gtai.de/> [consulta: 02/2017]

Grupo PSA. Disponible en <https://www.groupe-psa.com> [consulta: 03/2017]

IBM. Disponible en <https://www.ibm.com/> [consulta: 03/2017]

Lean Automation. Project Lean Intelligent Assembly Automation. Disponible en <http://www.project-leanautomation.eu/> [consulta: 04/2017]

Ministerio de Economía, Industria y Competitividad. Industria Conectada 4.0. Disponible en <http://www.industriaconectada40.gob.es/> [consulta: 02/2017]

Protolabs. Sinterizado Directo de Metal por Láser. Disponible en <https://www.protolabs.es/servicios/impresion-3d/sinterizado-directo-de-metal-por-laser/> [consulta: 04/2017]

PwC. Industry 4.0: Building the digital enterprise. Disponible en <http://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4.0.html> [consulta: 02/2016]

Smart Factory KL. Disponible en <http://www.smartfactory.de/> [consulta: 04/2017]

Smart Manufacturing Leadership Coalition. Disponible en <https://www.smartmanufacturingcoalition.org/> [consulta: 02/2017]

Wake Forest Baptist Medical Center. Wake Forest Baptist Institute Leads Effort to Advance Manufacturing of Regenerative Medicine Therapies. Disponible en http://www.wakehealth.edu/News-Releases/2017/Wake_Forest_Baptist_Institute_Leads_Effort_to_Advance_Manufacturing_of_Regenerative_Medicine_Therapies.htm [consulta: 04/2017]