

Proyecto Fin de Grado

Ingeniería en Tecnologías Industriales

Gestión de la producción en la Industria 4.0

Autora: Paula Sánchez de los Reyes

Tutora: Carmen Baena Sánchez

**Dpto. de Organización Industrial y Gestión de
Empresas I**
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Grado
Ingeniería en Tecnologías Industriales

Gestión de la producción en la Industria 4.0

Autora:

Paula Sánchez de los Reyes

Tutora:

Carmen Baena Sánchez

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Carrera: Gestión de la producción en la Industria 4.0

Autora: Paula Sánchez de los Reyes

Tutora: Carmen Baena Sánchez

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Agradecimientos

Mis agradecimientos, en primer lugar van dirigidos a mi familia por apoyarme y acompañarme durante estos cuatro años de carrera, teniendo una gran paciencia en los momentos más complicados. También me gustaría agradecer a mis amigos y compañeros por hacer que este camino sea más llevadero.

Gracias también a mi tutora, por su orientación y por mostrar su ayuda en todo lo que ha estado en su mano.

Resumen

El proyecto se ha basado en desarrollar la aplicación de la Industria 4.0. en la gestión del proceso productivo. Para llegar a un completo análisis de ello, el documento se ha dividido en varias partes, centrándose cada una de ellas en apartados concretos.

Se ha comenzado por explicar en qué se basa la Industria 4.0., ya que para llegar a comprender qué soluciones aporta es necesario contextualizar su aparición y en que tecnologías se fundamenta.

En esta sección se contextualiza la aparición de la 4ª Revolución Industrial, recorriendo las distintas fases por la que ha pasado la Industria en los últimos tiempos. Realizada la introducción el trabajo se centra en la identificación y descripción de los principales habilitadores digitales de la Industria 4.0. Se explica para una perfecta comprensión cada una de estas tecnologías, exponiendo en qué consisten, beneficios que aportan y las dificultades que supone su implantación. Esta sección, aparte de desarrollar contenido relacionado con la Industria 4.0. introduce la terminología que será tratada a lo largo del proyecto.

Contextualizada la Industria 4.0., la segunda sección es la encargada de desarrollar la repercusión de la Industria 4.0., de una forma específica en la gestión del proceso productivo.

Para ello, en primer lugar se ha realizado un análisis de la forma en la que se gestiona generalmente el proceso productivo en ausencia de la nueva tecnología, para llegar a los retos y limitaciones que presenta. De éste análisis se han extraído retos en todos los ámbitos del proceso, desde los relacionados con la parte más técnica como otros relacionados con las propias personas o el medio ambiente.

Expuestos los retos a los que se enfrenta el proceso productivo, la parte central del proyecto es la que se basa en relacionar las soluciones aportadas por la Industria 4.0 con los retos que presenta la gestión del proceso productivo. Para ello, se han vuelto a enumerar los habilitadores digitales, pero ahora definiendo y explicando los retos a los que pondrían contribuir en su solución y la solución aportada.

Con el objetivo de que el proyecto no se base solo en una explicación teórica, se han incluido dos ejemplos de industrias en las que la Industria 4.0. ya es una realidad en la gestión de su proceso productivo.

Las aplicaciones reales han sido dos industrias españolas, Seat y ASTI Mobile Robotics. De ellas se ha explicado cómo funcionan, los habilitadores digitales que tienen en funcionamiento y cómo esta tecnología les ha permitido responder de forma ágil a la llegada del Coronavirus.

Para finalizar, se ha incluido un apartado en el que se han enumerado las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto.

Abstract

The project has been based on developing the Industry 4.0 application. in the management of the production process. To fully analyze this concept, the document has been divided into several parts, each of them focusing on specific sections.

It has been started by explaining what Industry 4.0 is based on, since in order to understand the solutions it provides, it is necessary to contextualize its appearance and the technologies on which it is based on.

In this section the appearance of the 4th Industrial Revolution is contextualized, covering the different phases that the Industry has gone through in recent times. Once the introduction has been made, the work focuses on the identification and description of the main digital enablers of Industry 4.0. Each of these technologies is explained for a perfect understanding, exposing what it is, the benefits they provide and the difficulties involved in their implementation. . This section, apart from developing content related to Industry 4.0. introduces the terminology that will be covered throughout the project.

Contextualized Industry 4.0., the second section is responsible for developing the impact of Industry 4.0., in a specific way in the management of the production process.

To do so, firstly, an analysis has been made of the way in which the production process is generally managed in the absence of new technology, in order to reach the challenges and limitations that it presents. Challenges in all areas of the process have been extracted from this analysis, from those related to the more technical part, as well as others related to people or the environment.

Exposed the challenges that the production process faces, the central part of the project it is based on relating the solutions provided by Industry 4.0 with the challenges that the production process management presents. To do this, digital enablers have been enumerated again, but now defining and explaining in which challenges they could help provide a solution.

In order to not only base the project on a theoretical explanation, two examples of industries in which Industry 4.0 it is already a reality in the management of their production process.

The real applications have been two Spanish industries, Seat and ASTI Mobile Robotics. It has been explained how they work, the digital enablers they have in operation and how this technology has allowed them to respond quickly to the arrival of the Coronavirus.

Finally, a section has been included in which the conclusions obtained after the completion of the project have been listed.

Agradecimientos	9
Resumen	11
Abstract	13
Índice	15
Índice de Figuras	17
1 Objetivo y alcance	19
2 Industria 4.0	21
2.1. <i>Introducción</i>	21
2.2. <i>Concepto de la Industria 4.0</i>	22
2.3. <i>Habilitadores digitales</i>	23
2.3.1. Internet de las cosas	25
2.3.2. Sistemas ciberfísicos	27
2.3.3. Cloud computing	28
2.3.4. Big data	29
2.3.5. Inteligencia artificial	30
2.3.6. Robótica colaborativa	32
2.3.7. Realidad virtual y realidad aumentada	33
2.3.8. Impresión 3D y fabricación aditiva	34
2.3.9. Ciberseguridad	35
3 Retos de la gestión de la producción	39
3.1. <i>Introducción</i>	39
3.1.1. Gestión integral del ciclo de vida del producto. Trazabilidad.	41
3.1.2. Flexibilidad en la producción	42
3.1.3. Personalización en la producción	42
3.1.4. Planificación	43
3.1.5. Información veraz y de forma instantánea	44
3.1.6. Logística	46
3.1.7. Concienciación de las mejoras en innovación	47
3.1.8. Mejora medioambiental (huella de carbono)	48
3.1.9. Mantenimiento	48
3.1.10. Gestión de la calidad	49
3.1.11. Coordinación de procesos	50
3.1.12. Centralización de la información	51
3.1.13. Interconectividad	51
3.1.14. Integración de los sistemas de gestión	52
3.1.4.1. MES	54
3.1.4.2. ERP	55
3.1.4.3. SCADA	57
3.1.4.4. PLM	58
4 Aplicación de la Industria 4.0. en la gestión de la producción	61

4.1. Internet de las cosas.....	61
4.2. Sistemas ciberfísicos.....	62
4.3. Cloud computing.....	63
4.4. Big data.....	64
4.5. Inteligencia artificial.....	65
4.6. Robótica colaborativa.....	66
4.7. Realidad virtual y realidad aumentada.....	67
4.8. Impresión 3D y fabricación aditiva.....	68
5 Aplicaciones reales.....	71
5.1. Introducción.....	71
5.2. Seat.....	71
5.2.1. Funcionamiento del proceso productivo.....	71
5.2.2. Respuesta frente al Covid.....	73
5.3. ASTI Mobile Robotics.....	74
6 Conclusiones.....	77
Bibliografía y Webgrafía.....	79
Glosario.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de la Industria. Fuente: Avansis. https://www.avansis.es/industria-4-0/industria-4-0-revolucion-evolucion/ , 2019	21
Figura 2. Categorías de los habilitadores digitales. Fuente: Informe Industria Conectada 4.0 (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad). https://industria4.es/formacion/habilitadores-digitales-herramientas-industria-4/ , 2020	24
Figura 3. Habilitadores digitales. Fuente: Plexus. https://www.tecnologiasplexus.com/es/noticias/plexus-llevara-las-empresas-industriales-hacia-la-industria-4-0 , 2019	25
Figura 4: Esquema de la IA Machine Learning y Deep Learning. Fuente: Salesfor Ventas https://www.salesforce.com/mx/blog/2018/7/Machine-Learning-y-Deep-Learning-aprende-las-diferencias.html , 2018	30
Figura 5. Diferencia entre red neuronal simple y Deep Learning. Fuente: IAartificial https://iartificial.net/redes-neuronales-desde-cero-i-introduccion/ , 2018	31
Figura 6. Retos de la gestión de la producción. Fuente: Elaboración propia, 2020	40
Figura 7. Fábrica tradicional vs Fábrica flexible. Fuente: Elaboración propia, 2020	42
Figura 8. Transformación de datos en información. Fuente: Elaboración propia, 2020	46
Figura 9. Historia de la captura de datos. Fuente: Geinfor. https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/ , 2019	52
Figura 10. Pirámide de los sistemas de gestión. Fuente: Geinfor. https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/ , 2019	54
Figura 11. Funcionalidades de un sistema MES. Fuente: Geinfor. https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/ , 2019	55
Figura 12. Fases de la implantación de un sistema ERP. Fuente: Tic.portal. https://www.ticportal.es/temas/enterprise-resource-planning/implantacion-erp , 2020	57
Figura 13. Retos beneficiados por el IoT. Fuente: Elaboración propia, 2020	61
Figura 14. Retos beneficiados por Sistemas ciberfísicos. Fuente: Elaboración propia, 2020	62
Figura 15. Retos beneficiados por el Cloud Computing. Fuente: Elaboración propia, 2020	63
Figura 16. Retos beneficiados por el Big data. Fuente: Elaboración propia, 2020	64
Figura 17. Retos beneficiados por la Inteligencia Artificial. Fuente: Elaboración propia, 2020	65
Figura 18. Retos beneficiados por la Robótica Colaborativa. Fuente: Elaboración propia, 2020	66
Figura 19. Retos beneficiados por la Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Fuente: Elaboración propia, 2020	67
Figura 20. Retos beneficiados por la Impresión 3D y Fabricación Aditiva. Fuente: Elaboración propia, 2020	68
Figura 21. Fábrica de Martorell. Fuente: SEAT MEDIACENTER. https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html , 2020	72
Figura 22. Centro Técnico. Fuente: SEAT MEDIACENTER. https://www.seat-	

mediacenter.es/homepage.html , 2020	72
Figura 23. Centro de prototipos de desarrollo. Fuente: SEAT MEDIACENTER. https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html	72
Figura 24. Design Center. Fuente: SEAT MEDIACENTER https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html , 2020	73
Figura 25. Seat Service. Fuente: SEAT. https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html , 2020	73
Figura 26. Respiradores Seat. Fuente: ABC https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-seat-paraliza-fabricacion-respiradores-descenso-pacientes-coronavirus-202004111241_noticia.html , 2020	74
Figura 27: Robot para el ámbito de la Logística: Fuente: ASTI Mobile Robotics. https://www.astimobilerobotics.com/ , 2020	75
Figura 28: ZenZoe. Fuente: El mercantil http://elmercantil.com/2020/05/07/asti-mobile-robotics-lidera-el-desarrollo-de-un-robot-para-desinfectar-almacenes/ , 2020	76

1 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo principal de la realización del proyecto es llegar a un análisis completo de los beneficios que supone la utilización de los habilitadores digitales de la Industria 4.0. en la gestión del proceso productivo.

Par llegar a él, el proyecto se ha basado en un previo análisis de los retos a los que se enfrenta la gestión del proceso productivo y las soluciones aportadas por la Industria 4.0. Para ello ha sido necesario realizar una recopilación de la información disponible

Realizada la investigación, se ha llevado a cabo un análisis propio de que beneficios puede aportar la Industria 4.0. en la gestión del proceso productivo, conociendo ya sus limitaciones.

Redactado de forma teórica este análisis, se ha realizado otra fase de investigación. En ella se ha reflejado la existencia de aplicaciones reales de éstos habilitadores digitales en la Industria.

2 INDUSTRIA 4.0

2.1. Introducción

La Industria ha sufrido muchísimos cambios a lo largo de la historia, llegando a esta última etapa conocida como **Industria 4.0**. Este término hace referencia a la denominada Cuarta Revolución Industrial, cuarta etapa industrial más importante que se ha vivido desde la Revolución Industrial en el siglo XVIII, caracterizada por una fusión de las tecnologías. Es el fruto de una larga evolución en el tiempo, llevando a la necesidad de tener industrias con gran nivel de automatización, conectividad y globalización.

La “**conectividad**”, término inicial del que nace la Industria 4.0, estaba presente en muchos estudios, hasta que en 2011 durante la Hannovermesse, feria Industrial realizada en Alemania, se le dio el nombre de Industria 4.0 que hoy se conoce.

Para llegar a esta revolución en la industria han acontecido varios hechos históricos, produciendo cambios sociales, económicos y tecnológicos y llevando a la industria al punto en el que la conocemos hoy.

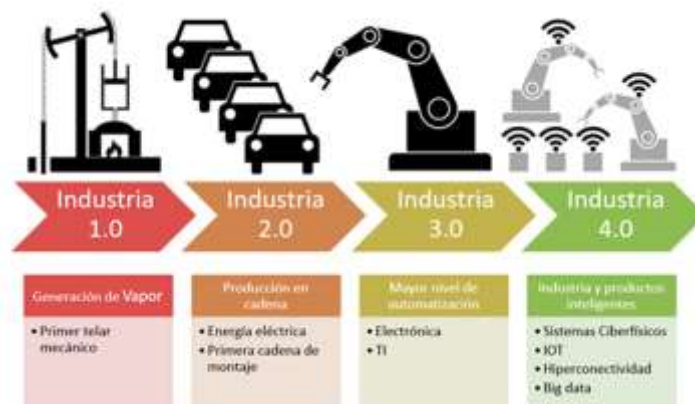


Figura 1. Evolución de la Industria. Fuente: Avansis. <https://www.avansis.es/industria-4-0/industria-4-0-revolucion-evolucion/> , 2019

El primer hecho histórico es la conocida “**Primera Revolución Industrial**”, iniciada en la segunda mitad del siglo XVIII en el Reino de Gran Bretaña, extendida poco tiempo después por gran parte de Europa occidental y América Anglosajona. Esta revolución marca un punto de inflexión en la historia de la humanidad, produciendo un cambio en la economía rural basada en la agricultura y el comercio en una economía de carácter urbano industrializada y mecanizada. Fue la invención de la máquina de vapor el paso definitivo para esta revolución dando un gran aumento en la capacidad de producción.

Posterior a esta revolución, entre los años 1870 y 1914, justo antes de la Primera Guerra Mundial, sucede lo que conocemos como la **Segunda Revolución Industrial**. Ésta supuso un crecimiento de las industrias existentes y una expansión de industrias nuevas, como el acero, el petróleo y la electricidad. La invención de nuevos sistemas de transporte como el avión y el automóvil, y de comunicación como el teléfono y la radio indujeron cambios en el sistema educativo y científico. Se produjo la primera globalización, suponiendo una progresiva internalización de la economía.

Previamente a la Cuarta Revolución acontece la **Tercera Revolución Industrial**, conocida también como revolución digital. Este período tuvo lugar entre finales de los años 1950 y finales de los 70, añadiendo a las tecnologías que conocemos como analógica, mecánica y electrónica una nueva tecnología digital. La Revolución Digital marcó el comienzo de la Era de la información.

Esta evolución histórica deriva a la revolución que estamos viviendo hoy día, la llamada **Cuarta Revolución Industrial**. Está marcada por los avances tecnológicos producidos en diversos campos, como: robótica, inteligencia artificial, nanotecnología, computación cuántica, biotecnología, Internet de las cosas (IoT), impresión 3D y vehículos autónomos. Se basa en el uso de sistemas cibernéticos que unen el mundo físico con el digital, llevando a una mayor interconexión entre máquinas junto con un continuo intercambio de información con el exterior. Esto conlleva a que los medios productivos puedan interactuar con toda la cadena de valor a la que pertenecen ofreciendo así oportunidades únicas para mejorar la comunicación humana.

Esta Cuarta Revolución Industrial viene impulsada por lo que es conocido como **transformación digital**. La transformación digital es una transformación profunda y veloz que busca la integración de las nuevas tecnologías en todas las áreas de una empresa para cambiar su forma de funcionar. El objetivo es optimizar los procesos, mejorar su competitividad y ofrecer un nuevo valor añadido a sus clientes.

Esta transformación digital afecta a todas las personas de una organización, necesiándose para su aplicación una estrategia.

Con una transformación digital obtenemos una mayor **eficiencia** en los procesos, una mayor capacidad de respuestas, mayor rapidez a la hora de actuar frente a diversas situaciones.

Para llegar a ella es necesario tener una mentalidad abierta al **cambio**, no permanecer en la zona de confort, definir una estrategia digital, es decir, generar nuevos modos de competencia a través del uso de las tecnologías digitales en distintas áreas de la empresa, dentro del entorno del contexto de la organización y su entorno.

Aunque como ya se ha mencionado, actualmente todavía estamos viviendo la 4ª Revolución Industrial, la tecnología avanza muy rápidamente y ya se comienza a hablar de la **5ª Revolución Industrial**. Esta se basa en la **singularidad tecnológica**. En ese momento superinteligencia artificial, o también denominada ASI, aumentará rápidamente el crecimiento tecnológico.

A continuación se hablará de la aplicación de la **transformación digital en la industria**, lo que se conoce como Industria 4.0.

2.2. Concepto de la Industria 4.0

Industria 4.0, también conocido como Cuarta Revolución Industrial o Industria Conectada, es un concepto que se puede considerar en proceso de consolidación. Con ella se pretende obtener grandes cambios sociales, haciendo un gran uso del internet y de las nuevas tecnologías con el fin de tener cadenas de producción mucho mejor comunicadas entre sí y con los mercados de oferta y demanda.

La Industria 4.0 implica una completa **digitalización** de la cadena de valor del producto. Para ello es necesario la integración de procedimiento de datos, software inteligente y sensores. Esta integración

es necesaria llevarla a cabo desde los proveedores hasta los clientes, para así poder predecir y controlar todo lo que suceda a lo largo de toda la cadena de producción. Uno de los objetivos es modernizar las fábricas hasta convertirlas en **fábricas inteligentes** con una total intercomunicación, continua e instantánea, consiguiendo así controlar toda la vida del producto.

Otro objetivo que pretende alcanzar la Industria 4.0 es convertir las fábricas en una **fábrica flexible**, con el propósito de tener la capacidad de personalizar la producción de una forma rápida. En el mundo en el que vivimos las necesidades de los clientes están en continuo cambio, por lo que resulta totalmente necesario disponer de fábricas que puedan adaptarse a estas necesidades cambiantes de una forma fácil y rápida. Para poder obtener esta flexibilidad la Industria 4.0 propone una gran **interconectividad** a través de una red interna ligada con el exterior, comunicando así herramientas, máquinas, depósitos, entre otros elementos. Así se pueden tener conectados a todos los trabajadores, e incluso se puede conseguir que esta conectividad sea de forma instantánea produciendo una mayor productividad y muchas más mejoras.

A parte de todos los beneficios tecnológicos que aporta, la Industria 4.0 defiende una mejora de la **eficiencia energética**. Se espera que todo lo que se haga desde la industria, persiga el mayor ahorro de energía y la menor contaminación posibles, en otras palabras, que todos los procesos tengan como objetivo provocar el menor impacto posible en el medio ambiente y reducir el uso de los recursos naturales, incrementando así la sostenibilidad de los procesos.

En conclusión, la Industria 4.0 busca tener una mayor facilidad y rapidez en analizar los procesos de producción y buscar una solución o una mejora de forma instantánea, para poder así estar adaptados al mundo que nos rodea en todos los aspectos.

Se puede considerar la fábrica inteligente, también conocida como **smart factory**, como el culmen de la Industria 4.0, es decir, como la total aplicación de todos los conceptos introducidos. En ella todos los procesos están altamente digitalizados y conectados entre ellos. Estas fábricas son mucho más flexibles que las fábricas del pasado y pueden funcionar de forma autónoma.

Para que sea posible es imprescindible la integración de las tecnologías que lo posibilitan, llamadas **“habilitadores digitales”**.

Estos habilitadores digitales son aquellas herramientas o recursos tecnológicos claves para la consolidación de la Industria 4.0. Pueden ser clasificados en diversas categorías, tener diversos usos, proporcionar diversos beneficios. Estas consideraciones entre otras serán desarrolladas en profundidad a continuación.

2.3. Habilitadores digitales

Como ya se ha comentado, en cada revolución se ha llevado a cabo la incorporación de **nuevas tecnologías** que han hecho posible el avance, como por ejemplo, la invención de la máquina de vapor en la Primera Revolución Industrial. Los habilitadores digitales son el conjunto de tecnologías que harán posible el cambio de la industria actual a la **Industria 4.0**. Con ellos todos los procesos estarán **digitalizados** y las máquinas podrán interactuar entre ellas.

Anteriormente, los habilitadores digitales de los que disponíamos en la industria se enmarcaban en el ámbito de la **automatización**. Ya permitían gestionar los procesos de forma eficiente, pero lo hacían de forma aislada. Uno de los objetivos de la Industria 4.0 es la **interconectividad** e **integración** de todos los procesos.

Los habilitadores digitales actúan en los tres ejes, **productos, procesos y modelos de negocios**. Buscan desde poder mejorar las funcionalidades de un producto, como buscar procesos más flexibles y exigentes, hasta la incorporación de nuevos modelos de negocio cambiando el modo en el que se pone un producto a disposición del cliente.

Según el informe “Industria Conectada 4.0: la transformación digital de la industria española” estos habilitadores digitales pueden ser clasificados en tres **categorías**:



Figura 2. Categorías de los habilitadores digitales. Fuente: Informe Industria Conectada 4.0 (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad). <https://industria4.es/formacion/habilitadores-digitales-herramientas-industria-4/>, 2020

Empezando por la última mencionada, se encuentran aquellos habilitadores que suponen una **hibridación del mundo físico y digital**, ya sea captando la información física y transformándola en digital mediante sensores o bien transformando la información digital en un elemento físico. Como ejemplo de la transformación de la realidad física en digital se tienen los **sensores**, incorporándose en los procesos productivos o en los mismos productos y así conseguir mejorar el proceso o las funcionalidades del producto. Del otro lado se encuentran las impresoras 3D, que permiten realizar un **prototipo rápido**, además de facilitar procesos de fabricación flexible. Además, existen habilitadores que hacen posible una relación bidireccional como la **robótica avanzada**.

Otra categoría engloba las **comunicaciones y el tratamiento de la información**. El objetivo es tratar la información recogida. A parte de la necesidad de la transformación de la información mencionada anteriormente tenemos también la necesidad del tratamiento de ésta, siendo necesarios más recursos de **almacenamiento y procesamiento**. Para ello la información debe ser transmitida de forma segura, disponiendo para ello de tecnologías vinculadas a la **ciberseguridad**, que se tratarán más adelante. Se considera además dentro de este grupo la **tecnología cloud**, que permite aprovechar los recursos de la computación en internet.

Por último se consideran los habilitadores pertenecientes a la categoría de **aplicaciones de gestión**. Éstas son las encargadas de procesar la información obtenida de las dos primeras y aplicar soluciones de **inteligencia** y control para poder dar uso a esta información. En este ámbito encontramos el **Big data**, que permite el almacenamiento masivo de datos y su análisis inteligente en tiempo real.

Con la incorporación de estos habilitadores digitales se consiguen un gran número de beneficios, entre ellos:

- **Optimizar las capacidades de la fábrica:** Gracias a la recogida masiva de datos es posible el análisis de todos los problemas que surgen y así una mejora continua de las capacidades de la Industria.

- **Un trabajo colaborativo:** Las nuevas tecnologías permiten la colaboración entre las distintas fuerzas de las industrias, ya sean entre personas de la organización ya sea con colaboradores externos. Gracias a la interconectividad que proporcionan posibilita la comunicación a tiempo real entre todos los departamentos.
- **Fabricación avanzada:** Gracias a algunos de estos habilitadores es posible la fabricación de prototipos o de piezas de una forma eficiente y rápida, pudiendo así fabricar piezas complejas al menor tiempo posible.

Entre estos habilitadores digitales cabe destacar:

- Internet de las cosas
- Sistemas ciberfísicos (cps)
- Cloud computing
- Big data
- Inteligencia artificial
- Robótica colaborativa
- Realidad virtual y realidad aumentada
- Impresión 3d y fabricación aditiva
- Ciberseguridad



Figura 3. Habilitadores digitales. Fuente: Plexus.

<https://www.tecnologiasplexus.com/es/noticias/plexus-lleva-las-empresas-industriales-hacia-la-industria-40>, 2019

A continuación, se llevará a cabo un análisis más detallado de estas tecnologías.

2.3.1. Internet de las cosas

El concepto de internet de las cosas fue propuesto en 1999, por Kevin Ashton, en el Auto-ID Center del MIT, aunque no fue hasta el 2009 cuando Ashton empleó la expresión de forma pública por primera vez en el **RFID journal**.

Internet de las cosas (en inglés, Internet of Things, abreviado **IoT**) hace referencia a la **interconexión** entre objetos de la vida cotidiana mediante **internet**. Si los distintos objetos de la vida cotidiana

tuvieran incorporadas tarjetas que permitieran identificarlos, podrían ser gestionados por equipos de la misma forma que lo son por seres humanos.

El internet de las cosas potencia objetos que siempre han sido conectados mediante circuitos cerrados, como cámaras, sensores permitiéndoles estar conectados entre sí mediante el uso de la **red**. Una definición simplificada del internet de las cosas puede ser decir que es una red que incorpora **objetos físicos** mediante el uso de internet. Estos objetos físicos son dotados con **sistemas embebidos**, hardware especializado, que les permite tanto la conexión a internet como la programación de eventos específicos en función de las tareas a desarrollar.

El internet de las cosas puede tener un gran número de **aplicaciones**. A parte de ámbitos como la agricultura y la medicina, cabe destacar:

- **Aplicación empresarial:** Hace referencia a todas las aplicaciones dentro del ambiente de los negocios y corporativo. Las aplicaciones empresariales de IoT pueden **automatizar los procesos de negocios** que dependen de la información que proporcionan los distintos dispositivos programados; como máquinas, vehículos y otros equipos. Estos dispositivos tienen la capacidad de recolectar información útil de gran cantidad de individuos.
- **Administración de infraestructura:** El seguimiento y control de operaciones de infraestructuras como puentes es una aplicación clave. También puede aplicarse para **planificar** actividades de mantenimiento de manera eficiente. Con estas aplicaciones se puede mejorar el manejo de incidentes y de situaciones de emergencia entre otros.
- **Aplicación Industrial:** Esta es la que más nos compete. Consiste en conectar sensores inteligentes a internet y usar esta información para tomar **mejores decisiones** relacionadas con cualquier operación realizada en la industria. La gran ventaja del Iot es la **rapidez** con la que podemos disponer de una **gran cantidad de datos**, y con ellos poder realizar análisis de una forma eficiente y veraz para poder tomar decisiones lo más productivas posible. Por consecuencia, entre otros beneficios, se obtiene una gran **optimización en los procesos** y una gran **adaptación** de la producción a las **exigencias del mercado**.

Dentro de los beneficios de la aplicación del internet de las cosas se pueden destacar:

- **Mejorar la experiencia con el cliente:** Gracias a toda la información recogida con la incorporación del Iot es más fácil saber las **necesidades** del cliente. Con este conocimiento se pueden tomar **decisiones** más efectivas y que se adapten más a estas necesidades, y así **mejorar el entendimiento** entre ambas partes.
- **Mejorar la seguridad:** Con el Iot se ve incrementada la seguridad en todos los ámbitos. En relación con la **seguridad laboral**, con sensores y otros dispositivos integrados con el Iot es posible monitorizar las operaciones que produzcan riesgo para el operario. También se obtiene una mayor **seguridad de datos**, el IoT permite configurar estos dispositivos para que su uso no ponga en riesgo la privacidad y la seguridad de la información importante.
- **Reducción de costes:** Gracias a la incorporación del Internet de las cosas podemos tener **equipos monitorizados**, y por ello se consigue **disminuir** el tiempo de **inactividad** de estos y el poder de **predecir** posibles fallos. En consecuencia, se obtiene una disminución en los costes y un ahorro energético.
- **Aumento de la productividad:** Los dispositivos Iot proporcionan a las industrias una gran cantidad de **datos** relacionados con todas las etapas de la **producción**. Gracias a tener a disposición esta información se pueden sustituir operaciones repetitivas o monótonas por aquellas **operaciones** que sean más **productivas**.
- **Mejora en la toma de decisiones:** Debido a tener a disposición una gran cantidad de datos, permite a las industrias poder planificar **tácticas** y **estrategias** más efectivas.

2.3.2. Sistemas ciberfísicos

El término sistema ciberfísico se nombró por primera vez en 2008 por la fundación americana NSF (National Science Foundation) que lo definía como una estrecha unión y **coordinación** entre recursos **físicos y computacionales** en la búsqueda de adaptabilidad, autonomía, eficiencia, funcionalidad, confiabilidad y seguridad.

Un sistema ciberfísico (abreviadamente **CPS**, proveniente de su denominación en inglés “cyber physical systems”) es un mecanismo (**sistema físico**) controlado o monitorizado por algoritmos basados en **computación** y estrechamente integrados con **internet**. Otra definición que se le da a estos sistemas ciberfísicos es: “Generación de sistemas TIC integrados que se interconectan y colaboran a través del Internet de las Cosas, y proporcionan a los ciudadanos y a los negocios un amplio conjunto de aplicaciones y servicios innovadores.”

Resumiendo, se puede decir que un sistema ciberfísico es, una evolución de los actuales sistemas TIC que permiten una mayor **interconexión**, colaboración, independencia, adaptabilidad, seguridad o usabilidad de todo tipo de objetos, procesos o servicios.

En estos sistemas los componentes **físicos** y de **software** están completamente entrelazados, donde cada componente trabaja en diferente escala, con diferentes comportamientos, pero **interaccionando** entre ellos de diferentes formas dependiendo del contexto. Algunos ejemplos de sistemas ciberfísicos son un automóvil completamente autónomo o un sistema de control de procesos.

Un sistema CPS es similar al Internet de las cosas (IoT), ya que comparten la misma arquitectura básica. Pero a diferencia del Iot un Sistema CPS va más allá. Estos sistemas permiten una mayor complejidad, siendo capaces de “**aprender**” de las interacciones con el mundo físico, convirtiéndolos así en **sistemas inteligentes**.

Las **características** esenciales de los sistemas ciberfísicos son:

- La capacidad de **relacionarse** con los objetos físicos.
- La utilización de la información disponible en el mundo virtual, pudiendo tener la capacidad de **aprender y evolucionar**.
- La **seguridad** y la posibilidad de hacer cambios en **tiempo real**.

Los sistemas ciberfísicos se aplican en diversas áreas tecnológicas, de las cuales caben destacar:

- **Software:** Con la optimización de procesos y una mayor conexión se podrán hacer programas más eficientes, inteligentes y flexibles.
- **Servicios:** Disponen de mayor capacidad de infraestructuras y generarán productos de mejores prestaciones.
- **Nube:** Permitirán mayor adaptación y tenencia múltiple (una sola instancia de la aplicación se ejecuta en el servidor, pero sirviendo a múltiples clientes).
- **Big data:** harán que los datos se puedan distribuir de forma más rápida, en mayor cantidad y con mayor seguridad.

En relación con la empresa, disponer de una mayor capacidad de **interconexión**, adaptabilidad o de un intercambio de información mayor o más rápido supone una **ventaja** para todo tipo de organizaciones, tanto para **funcionamiento interno** como para las prestaciones de sus productos y **servicios**.

Se puede afirmar que los cuatro elementos citados anteriormente serán de gran utilidad para pymes y grandes empresas.

2.3.3. Cloud computing

El concepto de la **computación en la nube** empezó en proveedores de servicio de Internet a gran escala, como Google (Google Cloud Services), Amazon AWS (2006), Microsoft (Microsoft Azure) o Alibaba Cloud y otros que construyeron su propia infraestructura. Pero en realidad este concepto viene de mucho antes, ya Salesforce.com en 1999 fue pionera en la entrega de **aplicaciones empresariales** a través de una página web simple.

El cloud computing conocido también como computación en la nube, servicios en la nube, informática en la nube, nube de cómputo, nube de conceptos o simplemente «la nube», es un paradigma que permite ofrecer **servicios** de computación a través de una **red**, que usualmente es **Internet**. Pueden ser considerados varios servidores encargados de atender las peticiones en **cualquier momento**.

Se puede tener acceso a la **información** que contiene o al **servicio** prestado, mediante una **conexión** a internet desde cualquier dispositivo móvil o fijo ubicado en cualquier lugar. Están colocados en diversos lugares del mundo, medida que reduce los costos, garantiza un mejor tiempo de actividad y que los sitios web sean invulnerables a los delincuentes informáticos.

Cabe distinguir tres **niveles** en los que el cloud computing puede servir a las empresas:

- **Software como servicio:** Se encarga de entregar el software como un servicio a través de internet. Las **aplicaciones** que ponen a disposición este modelo de servicio son accesibles a través de un navegador web y el usuario **no tiene control** sobre ellas, aunque en algunos casos se le permite realizar algunas configuraciones. Al tenerla a disposición en la web, elimina la necesidad de tenerla instalada en el PC.
- **Plataforma como servicio:** Es la entrega de una plataforma de procesamiento completa al usuario, plenamente funcional y sin tener que comprar y mantener el hardware y software. En esta modalidad de servicio, el consumidor **crea el software** con herramientas facilitadas por el proveedor de servicios en la nube. Pueden servir a todas las fases del ciclo de desarrollo y pruebas del software, o pueden estar especializadas en cualquier área en particular.
- **Infraestructura como servicio:** Se encarga de entregar una **infraestructura** de procesamiento completa al usuario. Es un medio de entregar almacenamiento básico. Servidores, sistemas de almacenamiento, conexiones, y otros sistemas se concentran manejar tipos específicos de cargas de trabajo.

Con el cloud computing se obtienen muchísimos **beneficios** en la Industria, dentro de los cuales cabe destacar:

- **Mayor flexibilidad:** Los servicios que están basados en la nube pueden atender una mayor demanda de manera instantánea.
- **Solución de problemas:** Los usuarios puede solucionar los problemas de recuperación de una forma más eficaz.
- **La capacidad de trabajar en cualquier lugar:** Solo necesitan conexión a internet, cosa que no es difícil de obtener hoy día, para poder trabajar en cualquier sitio.
- **Colaboración:** Todos los empleados pueden compartir información o documentos al mismo tiempo consiguiendo así una mayor **eficiencia**. Permite el diseño **colaborativo** de productos, fabricación, pruebas, gestión y todas las etapas del ciclo de vida del producto.
- **Seguridad:** A los datos o documentos que están en la nube se puede acceder desde cualquier lugar, independientemente que hayamos tenido una **avería** en nuestro dispositivo.
- **Menor coste:** tener los documentos en la nube suele tener costes menores a los que podría suponer el almacenamiento en un aprovisionamiento físico.
- **Conciencia ecológica:** La computación en la nube utiliza solo el espacio necesario por el

servidor, reduciendo así la **huella de carbono**.

Aunque como ya se ha visto, la computación en la nube tiene muchísimas ventajas, una **desventaja** del uso de ella puede ser la **dependencia de Internet**. La disponibilidad de las aplicaciones está sujeta a la disponibilidad de red. Aunque antes se haya mencionado que disponer de red no es algo complejo, puede suponer un gran problema ya que en el momento que surja el mínimo suceso con la conexión imposibilitaría todo.

2.3.4. Big data

El término Big Data hace referencia al **conjunto de datos** o combinaciones de conjuntos de datos cuyo **tamaño**, complejidad y velocidad de crecimiento **dificultan su gestión**, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales. El uso moderno del término Big Data tiende a referirse al análisis del comportamiento del usuario, extrayendo valor de los datos almacenados, y formulando predicciones a través de los patrones observados.

Aunque el tamaño para determinar si un conjunto de datos se considera Big Data no está definido y sigue cambiando con el tiempo, la mayoría de profesionales actualmente se refieren a conjuntos de datos que van **desde 30-50 Terabytes** a varios Petabytes.

Durante los últimos años se está produciendo un **crecimiento** exponencial de la **información disponible**, información que en muchos casos es conveniente almacenar, posiblemente procesar y proteger.

Las **ventajas** que encuentran las empresas con el uso del Big data en la Industria son muchísimas, dentro de las cuales cabe destacar:

- **Reducción de costes:** Las empresas experimentan una disminución de costes relacionados con el **almacenamiento** de estos datos e identificando manera más **eficiente** de hacer negocios.
- Proporciona una mayor **rapidez** en la toma de decisiones: Con la gran capacidad de analizar nuevas formas que nos proporciona el Big data combinado con la alta velocidad con la que podemos hacerlo, proporciona una mayor **eficiencia** a la hora de tomar decisiones en función de lo que ya hemos aprendido.
- **Nuevos productos y servicios:** Con la capacidad de poder **medir** aquello que quieren los clientes gracias a la cantidad de datos recopilados.

A parte de todas las ventajas enumeradas anteriormente, cabe destacar la **principal** de ellas: la posibilidad de dar **respuestas** a la gran cantidad de incertidumbres que surgen en todos los departamentos de una organización. La recopilación de esta gran cantidad de datos y la búsqueda de **tendencias** dentro de ellos hace que las empresas evolucionen mucho más **rápidamente** y de manera más **eficiente**.

Actualmente, la buena gestión del Big data, se enfrenta a numerosos **desafíos**. Como ya hemos nombrado anteriormente, esta gestión de gran cantidad de datos no es algo fácil y todavía le queda mucho por recorrer. Algunos de ellos son:

- **La diversidad de fuentes:**
 - Datos de Internet y móviles
 - Datos de Internet de las cosas
 - Datos recopilados por empresas especializadas
 - Datos experimentales
- **La diversidad de tipo de datos:**
 - Datos no estructurados: videos, documentos...
 - Datos semi-estructurados: software, hojas de cálculo...

- Datos estructurados.
- El tremendo **volumen de datos**
- **La gran volatilidad:** Los datos cambian muy rápidamente, lo que hacen que tengan una validez muy corta. Necesitamos un poder de procesamiento muy alto.

2.3.5. Inteligencia artificial

El término «**inteligencia artificial**» fue definido formalmente en 1956 durante la conferencia de Dartmouth. En aquel momento, ya se había estado trabajando en ello durante cinco años previos, en los cuales se había propuesto muchas definiciones distintas que en ningún caso habían logrado ser aceptadas totalmente por la comunidad investigadora.

La Inteligencia Artificial (IA) es la combinación de algoritmos planteados con el propósito de crear máquinas que presenten las mismas **capacidades** que el **ser humano**.

Los expertos **clasifican** esta inteligencia artificial en diversos tipos:

- **Sistemas que piensan como humanos:** estos sistemas pueden automatizar funciones como la toma de decisiones, resolución de problemas y el aprendizaje. Un ejemplo puede ser las redes neuronales artificiales.
- **Sistemas que actúan como humanos:** Computadoras que realizan tareas de la misma forma que lo haríamos los humanos. Por ejemplo los robots.
- **Sistemas que piensan racionalmente:** Intentan imitar el pensamiento racional lógico de los seres humanos, es decir, se intenta investigar cómo conseguir que una máquina pueda percibir, razonar y actuar de manera consecuente.
- **Sistemas que actúen racionalmente:** Aquellos que intentan imitar de manera racional el comportamiento humano, como los agentes inteligentes.

Dos conceptos sustentados por la Inteligencia Artificial son los conocidos como Machine Learning y Deep Learning.

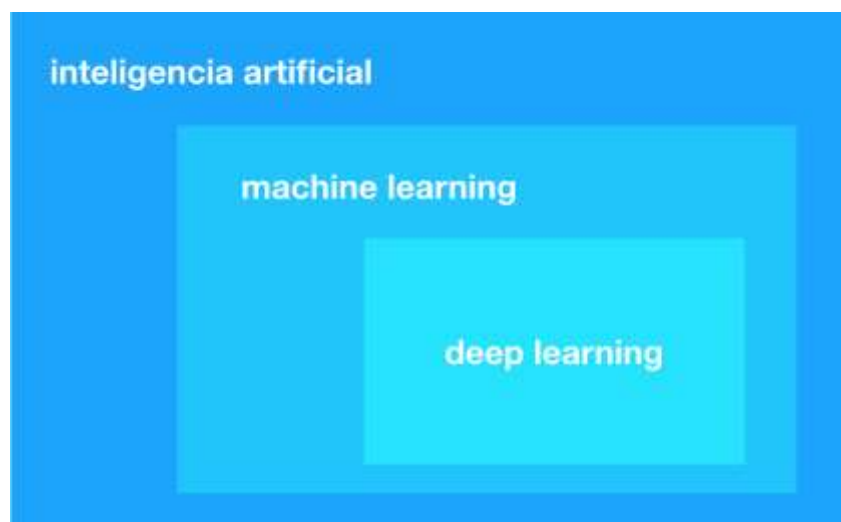


Figura 4: Esquema de la IA Machine Learning y Deep Learning. Fuente: Salesfor Ventas <https://www.salesforce.com/mx/blog/2018/7/Machine-Learning-y-Deep-Learning-aprende-las-diferencias.html> , 2018

Machine learning, o aprendizaje automático, se basa en el uso de algoritmos para organizar datos, reconocer patrones y hacer que dispositivos puedan aprender con esos modelos y generar ideas inteligentes sin necesidad de pre-programación.

Deep Learning es la parte del aprendizaje automático que, por medio de algoritmos de alto nivel, imita la red neuronal del cerebro humano.

La principal diferencia entre ambos es que el Deep Learning es un tipo de algoritmo más sofisticado de machine learning, construido a partir del principio de las redes neuronales.

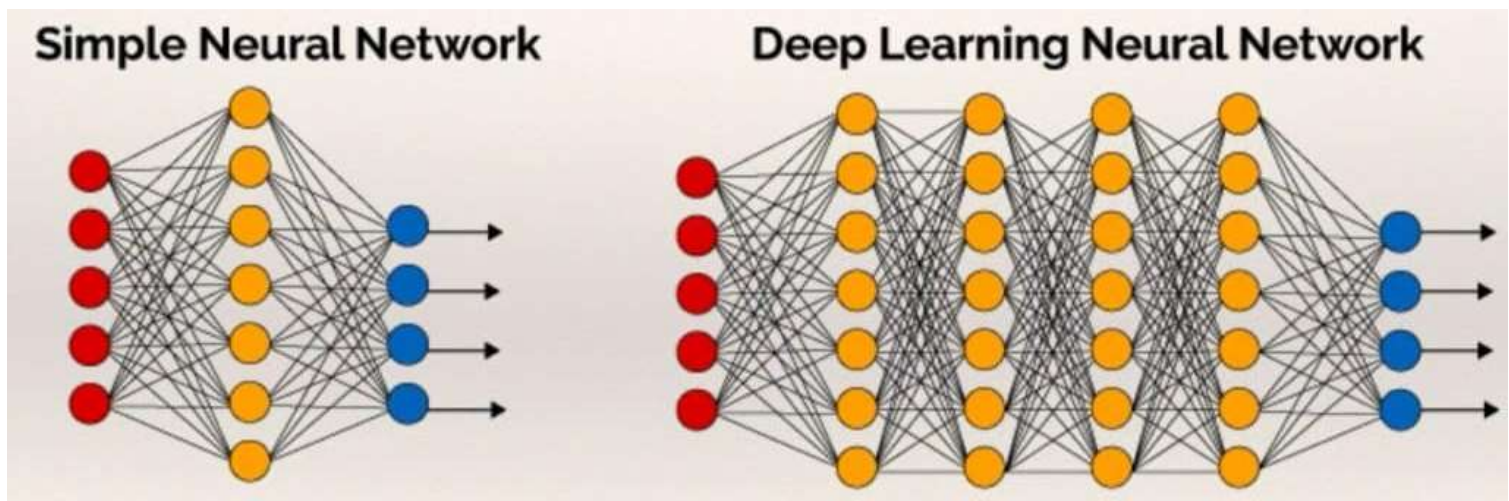


Figura 5. Diferencia entre red neuronal simple y Deep Learning. Fuente: IAartificial <https://iartificial.net/redes-neuronales-desde-cero-i-introduccion/> , 2018

En cuestión a las **emociones y sentimientos**, algunos expertos creen que pueda ser importante incorporar indicadores de estado para aumentar la **eficacia**, como por ejemplo, que «sientan hambre» al detectar que su nivel de energía está descendiendo.

Hoy día la IA ya está **presente** en un gran número de **situaciones**, como por ejemplo en la detección facial de los móviles, en los asistentes virtuales de voz como Siri de Apple, Alexa de Amazon o Cortana de Microsoft y está **integrada** en **dispositivos** cotidianos a través de robots o aplicaciones para móvil.

Las principales **críticas** a la inteligencia artificial tienen que ver con su capacidad de imitar por completo a un ser humano.

Uno de los mayores **problemas** en sistemas de inteligencia artificial es la **comunicación** con el usuario. La capacidad de los humanos para comunicarse entre sí implica el conocimiento del **lenguaje** que utiliza el interlocutor. Para solucionarlo hay dos opciones: o bien que el humano aprenda el lenguaje del sistema como cuando aprende cualquier idioma, o que el sistema tenga la capacidad de interpretar el mensaje del usuario en cualquier lengua.

Esta inteligencia artificial tiene diversas **aplicaciones**, entre las que cabe destacar:

- **Asistentes personales virtuales:** chatbots interactivos que podrán sugerirnos productos, restaurantes, hoteles, servicios, espectáculos según nuestra búsqueda.
- **Finanzas:** Pueden ayudar a los bancos a detectar fraudes, predecir patrones de mercado...
- **Comercial:** Posibilita hacer pronóstico de ventas y así poder elegir el producto que más convenga.

- **Sanidad:** ya existen chatbots que nos preguntan por nuestros síntomas para realizar un diagnóstico.
- **Logística y transporte:** Se puede utilizar para evitar colisiones y atascos o para optimizar el tráfico.

En lo que respecta a la Industria, la aplicación de la IA trae muchos **beneficios**, entre los que se pueden encontrar:

- Aumenta la eficiencia: Los trabajos realizados por las máquinas, a diferencia de la persona humana, se caracterizan no solo por mayor **rapidez**, sino mayor **exactitud y precisión**.
- Posibilita **obtener información de lugares** donde antes era impensable, gracias a dispositivos como drones inteligentes o imágenes satelitales.
- Pueden realizar determinadas tareas con cierto grado de automatización y así liberar de su realización a las personas, ocupando a éstas de otras tareas que necesiten una mayor implicación.
- Realiza **trabajos de riesgo** para las personas.

2.3.6. Robótica colaborativa

El concepto **Cobot, o Robot Colaborativo**, surge por primera vez en 1995 como parte de un proyecto de investigación encabezado por la Fundación General Motors, siendo el objetivo de este proyecto desarrollar robots tan seguros que pudieran trabajar colaborativamente con las personas.

Un robot colaborativo es un sistema que permite ser **programado** de forma sencilla, capaz de trabajar junto a operarios sin tener que utilizar sistemas de seguridad tradicionales y, normalmente, incorpora sistemas avanzados de control de fuerza que evitan los obstáculos.

La robótica colaborativa representa una nueva era en la automatización industrial, ya que permite la **introducción** de robots en **sectores** en los que, hasta ahora, no había sido posible. Esto supone una mayor **flexibilidad** y competitividad en la automatización de diversas tareas.

En definitiva, los robots colaborativos son aptos para **trabajar junto a personas** y permiten al empleado realizar las tareas que mejor desempeñe **evitando los trabajos peligrosos** o repetitivos.

Las principales **características** de estos robots son:

- **Colaboración:** El principal motivo por el que fueron creados fue para ayudar a las personas. La colaboración con ellas es un aspecto fundamental de los cobots.
- **Automatización:** Un cobot es capaz de realizar tareas de automatización que nunca se podrían haber imaginado que realizaría un robot, logrando impulsar la productividad a otros niveles.

Como ya se ha mencionado un cobot no es lo mismo que un robot, por ello debemos distinguir las **diferencias** entre ellos:

- El **tiempo** necesario para la puesta en funcionamiento de un cobot es **menor** al de un robot.
- Un cobot puede ser controlado por operarios con **poco conocimiento en programación**. Basta con mover el brazo robótico a los puntos deseados o tocar las flechas de la sencilla tableta con pantalla táctil.
- Los cobots son más **ligeros**, ahorran más espacio y se reasignan fácilmente a múltiples aplicaciones sin necesidad de cambiar su diseño de producción.

La **Federación Internacional de Robótica** define dos tipos de robots colaborativos:

- Un primer grupo engloba a los robots diseñados para uso colaborativo que cumplen con la norma ISO 10218-1.
- Un segundo grupo engloba a los robots diseñados para uso colaborativo que no cumplen con la norma ISO 10218-1. Esto no implica que estos robots no sean seguros, ya que pueden seguir diferentes estándares de seguridad, por ejemplo, nacionales.

En cuanto a la colaboración **robot-humano** los robots no están hechos para sustituir a los humanos. El robot mejorará su productividad, liberándoles de tareas monótonas y repetitivas y permitiéndoles centrarse en trabajos más complejos o finalizar la tarea en colaboración con el robot en un espacio compartido.

La aplicación de la robótica colaborativa tiene muchas **ventajas** dentro de la Industria 4.0. , entre ellas:

- Permiten un **acceso económico** a la automatización industrial. Con la adopción de esta, permite automatizar una línea de producción con cambios mínimos, y así conseguir una mayor accesibilidad para las pymes.
- Para un gran número de empresas permite dar **ayuda** a los trabajadores en ciertos **trabajos** de montaje que provocan **problemas** de espalda.
- La **programación** de estos es cada vez más **sencilla** y ofrece una gran flexibilidad para poder desempeñar una función distinta a la anterior.

Pero cabe decir que esta robótica colaborativa solo está en el principio de su desarrollo. Cada vez se dan más **avances** relacionados con sensores necesarios y con la programación de los cobots.

2.3.7. Realidad virtual y realidad aumentada

La **Realidad Aumentada y Realidad Virtual** son herramientas útiles para la optimización de los diseños que permiten mejorar la automatización de los procesos, el control de la fabricación y la construcción, los trabajos de mantenimiento y de seguimiento, así como el entrenamiento y los procesos formativos de los trabajadores.

La **realidad virtual** o **VR** se diferencia del resto por permitir al usuario a sumergirse por completo en un **mundo virtual**. Esto quiere decir que te permite **simular** una experiencia sensorial completa dentro de un **ambiente artificial** sin que veas nada de lo que hay en el exterior. Para poder disfrutar de ella suele ser necesario el uso de unas gafas especiales como de unos auriculares.

Suele haber dos tipos de gafas, las que tienen su propia pantalla incorporada como las Oculus Rift o las que necesitan que incorpores un smartphone para hacer de pantalla, como por ejemplo las Gear VR.

Las **ventajas** que tiene esta VR son las siguientes:

- Permite **interactuar** de una forma natural con un **entorno virtual**.
- Permite **simular** entornos que son experimentados como realidad.
- Facilita procesos de **aprendizaje**.
- **Reduce costos** de desarrollo de productos.
- Permite **experimentar** desde la fase de diseño.

La **realidad aumentada** o **AR** se diferencia del resto porque permite **complementar** el entorno **real** con **objetos digitales**. En ella se ve todo lo que existe en el mundo real, combinado con la superposición de objetos, animaciones o datos que realmente no están ahí. Esto permite, por ejemplo poder ver cómo quedaría un mueble en tu habitación, algo que ya están utilizando algunas empresas.

La realidad aumentada se puede llevar a cabo mediante gafas, auriculares. Por otro lado, también se puede utilizar la realidad aumentada en **dispositivos móviles** como smartphones. Estos utilizan sus

cámaras para mostrar en pantalla los **elementos físicos** reales que se ven, añadiendo **elementos digitales** que **interactúan** con los elementos reales a **tiempo real**. Una aplicación AR muy popular y conocida es el caso de Pokemon GO.

Entre las **ventajas** de esta realidad aumentada se encuentran:

- Permite cruzar datos digitales de instrumentación mecánica y virtual tomados desde distintas ubicaciones.
- Reduce riesgos laborales.
- Permite proporcionar instrucciones contextuales.

Es el «**mundo real**» lo que diferencia a ambas tecnologías, ya que la AR no sustituye la realidad física sino que sobrepone información virtual al contexto de la realidad existente.

Estas dos realidades han supuesto un gran avance para la Industria 4.0. Tienen muchas **aplicaciones**, dentro de las cuales cabe destacar:

- **Formación y simulación de entornos críticos:** Igual que se pueden generar entornos donde colocar las máquinas funcionando de manera real (AR), se puede crear un **mundo** totalmente **virtual** en el que colocar una máquina la cual ha parado su producción, y así comprobar su funcionamiento o llevarla a **condiciones extremas**.
- **Validación de tareas realizadas:** Estas realidades permiten también **sobreponer información** a un elemento físico para así **comprobar** que la acción realizada se ha completado de manera satisfactoria.
- **Sobreimpresión de información:** La posibilidad de poder sobreponer información digital a la real puede servir para facilitar la **formación** de los operarios.
- **Guiado y resolución de incidencias:** Mediante la AR los operarios pueden seguir procedimientos tediosos mostrándoles éste paso a paso. Además también se puede conectar con el servicio técnico, mostrándole todo lo que debe realizar.
- **Optimización de diseños:** También se puede saber si la maquinaria a construir se adaptaría a las dimensiones que disponemos.

2.3.8. Impresión 3D y fabricación aditiva

Fue Charles W.Hull, en el año 1985, el inventor del proceso de imágenes sólidas conocido por estereolitografía (**impresión 3D**), la primera tecnología comercial de prototipado rápido. En este método se obtienen los objetos mediante una **impresión** sucesiva de **finas capas** de material.

A menudo los términos Impresión 3D y Fabricación aditiva son usados como sinónimos, pero esto no es real. La **fabricación aditiva** hace referencia a **todas las técnicas** de fabricación por adición de material y empleadas para producir nuevos componentes complejos y durables, mientras que la **impresión 3D**, como heredera de la creación de un prototipo rápido, hace alusión a la fabricación de modelos o piezas finales de modo **rápido pero limitado**.

Esta tecnología permite dar una respuesta eficiente a situaciones en la que se requieran, como:

- Una gran **personalización** sin encarecer el proceso.
- Una gran **complejidad** de las piezas
- **Series cortas**

Estas situaciones nombradas previamente se ven posibilitadas con la utilización de la **impresión 3D**. Con ella es posible producir series cortas de prototipos y piezas personalizadas a la demanda requerida y con alta complejidad, sin que esto suponga un incremento de costes. Esto se debe a que puede realizar cambios en el modelo de una forma simple, cambios que eran el principal motivo de encarecimiento

en la producción tradicional.

Para llevar a cabo un proceso de fabricación aditiva se necesita reunir los siguientes **elementos**:

- Un ordenador.
- Un software de modelado 3D (Diseño Asistido por Computadora o CAD).
- Un equipo de fabricación aditiva.
- El material que se precise en cada caso para llevar a cabo la estratificación.

Una vez que se produce un boceto CAD, el equipo de fabricación aditiva lee los datos del archivo CAD y coloca o agrega capas sucesivas de líquido, polvo o el material de que se trate, capa sobre capa, para fabricar un objeto 3D.

Las **impresoras 3D** son por lo general más **rápidas**, más **baratas** y más **fáciles** de usar que otras tecnologías de fabricación por adición

La impresión 3D puede ser llevada a cabo mediante diversos **métodos**:

- **Impresión por extrusión:** Éste se lleva a cabo mediante el modelado por deposición fundida. Utiliza una función aditiva, depositando el material en capas, para conformar la pieza.
- **Impresión por hilado:** Se lleva a cabo a través de la fabricación por haz de electrones.
- **Impresión por granulado:** Este método se lleva a cabo por diversas tecnologías, como por ejemplo sinterizado selectivo por calor.
- **Impresión por laminado:** Realizado mediante la tecnología de laminado en capas.
- **Impresión por fotoquímicos:** Realizado a través de fotopolimerización por luz ultravioleta.
- **Impresión por inyección:** La impresora crea el modelo de capa en capa esparciendo una capa de la sección de la pieza.

Como se puede suponer la fabricación aditiva conlleva diversos **beneficios** en la Industria 4.0., entre los que se pueden encontrar:

- **Rompe con los esquemas tradicionales** y lentos de producción a los que estamos acostumbrados. Con la fabricación aditiva se puede producir a pequeña escala y así conseguir una **adaptación** mejor a los requerimientos del cliente.
- Poder reproducir **cualquier geometría** a diferencia de la producción tradicional, con la que no se pueden diseñar geometrías muy complejas.
- La posibilidad de tener una misma pieza en **diversos materiales** y así con **diversas propiedades** físicas para así saber cuál es la más conveniente para un determinado proceso.
- No se incrementan los costes al aumentar la complejidad geométrica de la pieza, cosa que con la producción tradicional si ocurre.
- No se incrementan los costes tampoco con una **diferenciación o personalización** de los productos.
- Da la posibilidad de realizar montajes en la pieza que se quiere trabajar sin la necesidad de calibrados o ajustes posteriores.

2.3.9. Ciberseguridad

La Ciberseguridad es el conjunto de **prácticas, procesos y tecnologías**, diseñadas para gestionar el **riesgo** del ciberespacio derivado del uso, procesamiento, almacenamiento y transmisión de información utilizada en las organizaciones e infraestructuras industriales, utilizando las perspectivas de personas, procesos y tecnologías.

Los **cimientos** en los que se basa la ciberseguridad son:

- **Confidencialidad:** El objetivo de la confidencialidad es prevenir la difusión de información sin autorización.
- **Integridad:** El objetivo de la integridad es prevenir modificaciones no autorizadas de la información.
- **Disponibilidad:** El objetivo de la disponibilidad es prevenir interrupciones no autorizadas.

La **seguridad** en las grandes empresas y en las pymes se ha vuelto **imprescindible**, debido a que un problema podría afectar a todos los ámbitos de una empresa, produciendo así una gran pérdida económica.

Actualmente, con la Industria 4.0 y así con el **aumento de las tecnologías** a través de internet como el Internet of Things (IoT), el Big Data, el Cloud... han provocado la necesidad de la adaptación de la Industria a todos los cambios. De ahí la **necesidad** de un aumento en la **ciberseguridad**.

Debido al aumento de las tecnologías y el aumento de uso de ellas, como se ha afirmado anteriormente, las infraestructuras industriales son cada vez más **atacadas**, por lo que la ciberseguridad en la industria ha pasado a ocupar un punto clave en el orden del día de estas empresas.

Las principales **amenazas** a controlar pueden ser:

- **Robo** de información.
- **Destrucción** de información.
- **Anulación** del funcionamiento de los sistemas.
- **Suplantación de la identidad**, publicidad de datos personales o confidenciales, cambio de información, venta de datos personales, etc.
- Robo de dinero, **estafas**,...

Por todo ello, a continuación, se detallarán algunos **motivos** por los que la ciberseguridad tiene un papel tan importante en la actualidad y específicamente en la **Industria 4.0**:

- **Replantea los parámetros de seguridad:** Tradicionalmente la Industria ha velado siempre por la seguridad de las personas de posibles daños físicos al trabajar con máquinas. Ya no solo es imprescindible la seguridad de las personas, ahora también es necesario la seguridad de toda la información depositada en la **red**. La industria 4.0 se sostiene principalmente en el **mundo digital** y en la inteligencia artificial. Por ello se necesita también esta seguridad tecnológica para una protección de los procesos tecnológicos de producción y de los CPS.
- **Asegura los datos confidenciales:** Una de las principales funciones de la ciberseguridad es proteger la **integridad de la comunicación** y recabar datos en las principales fases del proceso de producción.
- **Previene ataques de manera integrada:** La ciberseguridad consiste, principalmente, en la prevención de ataques internos o externos a la empresa. Abarca medidas de protección desde el nivel de gestión de una planta hasta el nivel de campo.
- **Incorpora funciones claves:** La ciberseguridad en la Industria 4.0 requiere que las máquinas integren **funcionalidades embebidas** de seguridad. Esto permite que ayude a interactuar con estos dispositivos sin riesgos. Dichas funcionalidades aseguran la seguridad, la accesibilidad con métodos como introducción de cifrado.
- **Clasifica eventuales riesgos y amenazas:** El primer paso que realiza el protocolo de ciberseguridad es **analizar el estado actual** de la industria. Consiste en un revelamiento que clasifique eventuales riesgos o amenazas. Esto permitirá **determinar** cuáles son las **adecuaciones necesarias** que deben incorporarse para alcanzar el nivel seguridad adecuado.

- **Incluye software altamente fiable:** Como ya se ha hecho referencia en ocasiones anteriores, la Industria 4.0 se basa en la **hiperconectividad** con las redes existentes o con otras nuevas con el IoT, centralizadas en nubes, que a su vez contienen una gran cantidad de datos. La ciberseguridad **protege** esta **cadena telemática** mediante equipos que protegen las Redes de Gestión y las Redes Industriales con **'cortafuegos'** y software altamente fiables de protección de acceso a servidores y nubes.

3 RETOS DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se considera gestión de la producción como la aplicación de métodos y de técnicas con el fin de transformar materias en productos acabados. Para ello se combinan recursos, como maquinaria, medios humanos y materiales con el objetivo de fabricar el producto con calidad y en cantidades definidas.

Desde un punto de vista de la logística, la organización de la gestión de producción hace referencia a la aplicación de soluciones para problemas de planificación, financieros, de calidad entre otros.

En este capítulo, se expondrán los principales retos a los que se enfrenta la industria actualmente en el ámbito de la gestión de la producción, así como las soluciones que aporta la Industria 4.0 para resolverlos.

3.1. Introducción

En cuanto concierne a la Industria, la gestión de producción Industrial es la respuesta a la necesidad cada vez mayor de incrementar la **productividad** en el sector industrial, debido entre otros motivos a la gran globalización de los mercados y el aumento de la competencia.

En el ámbito de la Industria 4.0, la gestión de la producción toma un papel relevante, siendo la **gestión de las operaciones de producción** el primer paso que debe seguir una industria para conseguir una fábrica **inteligente**.

El objetivo es conseguir, mediante la aplicación de tecnologías digitales, una gestión del proceso productivo de una manera más **eficiente**, consiguiendo así una mayor **flexibilidad** y por consecuencia reducir el **tiempo** de respuesta.

Las fábricas que gestionan la producción de una forma más digitalizada están más **preparadas** para afrontar cualquier cambio que pueda producirse en el mercado.

La digitalización de la gestión del proceso productivo, da respuesta a un gran número de problemas, entre los que se pueden destacar:

- **Descontrol** de la información de la producción.
- Presencia de errores de **planificación**.
- Sistemas de producción **no integrados**.
- Insuficiente **capacidad** para la medición de procesos productivos.
- No disponibilidad de información en **tiempo real**.

La digitalización en el ámbito de la gestión de proceso productivo también beneficia modelos como **Lean Manufacturing**. Es un método de organización del trabajo que se basa en la **mejora continua** y la optimización del proceso de producción, eliminando todo lo que no aporta valor al producto. Este método parte de un intercambio continuo de información entre todos los procesos, para así facilitar la toma de decisiones.

La gestión de la producción en la Industria es fundamental para trabajar de forma **eficiente**. Por ello, puede considerarse uno de los ámbitos en los que es imprescindible una evolución y **mejora** continua.

Actualmente, se está llevando a cabo un gran avance en la gestión del proceso productivo, pero siguen existiendo grandes retos a los que debe enfrentarse para conseguir un proceso productivo más eficiente y con mayor capacidad para **adaptarse** a diversas condiciones.

Los retos a los que se enfrenta el proceso productivo son los siguientes:



Figura 6. Retos de la gestión de la producción. Fuente: Elaboración propia. 2020

A continuación, se realizará un análisis de estas limitaciones y retos a los que se enfrenta la gestión de la producción en la Industria, a los cuales da respuesta y solución la **Industria 4.0**.

3.1.1. Gestión integral del ciclo de vida del producto. Trazabilidad.

Para obtener una **gestión integral** del ciclo de vida del producto es necesario tener trazabilidad del mismo, es decir, se debe conocer y registrar todo lo que concierne al producto desde su inicio hasta su fin.

Alcanzar una trazabilidad de producto no solo se basa en conocer toda la **información** referida a éste, sino en disponer de la capacidad de poder seguir al producto a través de todo su ciclo productivo y así sacar conclusiones útiles. Entre sus ventajas, se encuentran:

- Aumento en la posibilidad de **conocer ineficiencias** en alguno de sus procesos o de sus etapas y así conocer cambios a realizar para solucionar los diversos problemas que provoquen.
- Contribución un aseguramiento de la **calidad** y la certificación de producto
- Mayor **preparación al cambio**. Si no existe trazabilidad en el producto, un mínimo cambio en algún elemento sería un proceso difícil de implementar ya que se carece de información de éste.
- Disminución del **tiempo de reacción** frente a imprevistos.
- Posibilidad de **comparar** distintos **procesos** de productos similares para así poder producir el que más interese para un fin determinado.
- Obtención de una mayor visibilidad de la información por parte del **cliente**, así los propios clientes pueden aportar cambios sobre el producto en función a sus necesidades.
- Disponibilidad de información de gran utilidad en la **toma de decisiones**.
- Aumento de la **confianza en el producto** en todas las partes implicadas, desde los clientes hasta los distintos departamentos que intervienen.
- Disminución los **costes productivos** en operaciones que no aportan valor al producto.

Como ya se ha mencionado, alcanzar una trazabilidad de producto trae numerosos beneficios, pero no se debe olvidar que para llegar a ella hay que considerar una serie de requisitos y disponer de sistemas que lo posibiliten.

Para llegar a ella es **necesario**:

- En primer lugar, tener sistemas capaces de **captar toda la información** que concierne al producto, ya que no toda es inmediata.
- Disponer de **interconexión** entre los distintos departamentos que trabajan en el producto. Con el conocimiento de toda esta información los distintos departamentos pueden trabajar de forma más eficiente, y no de forma aislada, posibilitando así la gestión del ciclo de vida de forma conjunta.
- Disponer de sistemas capaces de **almacenar** esta información referida al producto, desde su inicio hasta su fin.
- Tener métodos para el **análisis** de todos estos datos, ya que con el mero conocimiento de estos no es suficiente.

Como se verá más adelante, a estas necesidades responderá la **Industria 4.0**.

3.1.2. Flexibilidad en la producción

Disponer de flexibilidad en la producción nace de la necesidad de una rápida adaptación y respuesta a las nuevas exigencias requeridas, tanto por el entorno competitivo existente como por los consumidores.

La flexibilidad puede estar considerada desde distintos ámbitos:

- **Flexibilidad de producto:** Se consigue con la posibilidad de producir diversos tipos de productos, adaptándose de forma rápida al cambio entre ellos.
- **Flexibilidad de volumen:** La Industria debe estar preparada a producir tanto grandes cantidades de un producto como pequeñas, pudiendo cambiar la velocidad de la línea de producción.
- **Flexibilidad de procesos:** La línea de producción debe estar preparada a pequeñas modificaciones en el producto que provoquen modificaciones en el proceso productivo. Para ello es necesario disponer de una gran división del trabajo, teniendo una gran disponibilidad de trabajadores y máquinas.

Actualmente existe una gran **competitividad**, por lo que tener un proceso productivo flexible es imprescindible.

El concepto de fábrica flexible es cada vez más importante. Para llegar a ella, es necesario realizar una serie de **cambios** en muchos ámbitos a lo que consideramos una **fábrica tradicional**. A continuación se enumeraran algunas de estas **diferencias** entre una fábrica tradicional y una fábrica flexible.

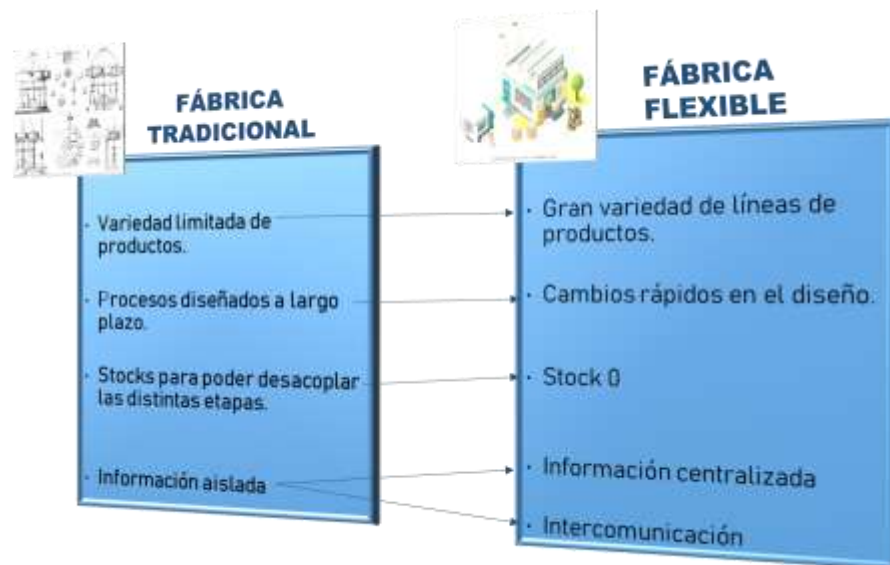


Figura 7. Fábrica tradicional vs Fábrica flexible. Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se puede observar, para conseguir una fábrica flexible hace falta superar otros retos, no solo obtener un proceso flexible. Algunos de estos cambios se analizarán de forma independiente, ya que son necesarios e imprescindible a tener en cuenta en la Industria actual para conseguir una **Industria 4.0**.

3.1.3. Personalización en la producción

Los **avances tecnológicos** y principalmente la variación en los requerimientos, motivan cada día a los

consumidores a ser más **individualistas** y exigentes. Esto provoca una diferencia mayor entre la demanda de distintos clientes, lo que obliga a las compañías a **adaptarse** a sus necesidades.

Para comprender lo que significa una producción personalizada, se debe empezar por el concepto de **producción masiva**.

La producción masiva se basa en producir en **grandes cantidades**, productos de bajo costo con unas **características determinadas**. Estos productos deben estar siempre disponibles en inventario para cubrir las necesidades de los clientes, los cuales acceden al producto con las características determinadas previamente. En estos procesos productivos los trabajadores trabajan bajo una supervisión muy elevada y desarrollan tareas muy **repetitivas, rutinarias y normalizadas**. Los procesos están totalmente determinados antes de conocer las **exigencias del mercado**.

Este tipo de producción **no** admite grandes **cambios** ni en las infraestructuras ni en el propio proceso, por lo que limitaría en gran medida la flexibilidad de la Industria.

Como ya se ha mencionado, la tecnología avanza a paso muy ligero y las necesidades de los consumidores también. Por ello, el concepto de producción en masa es uno de los cambios necesarios para adaptarse a las necesidades cambiantes. Las técnicas de producción en masa fueros sustituidas por procesos de producción flexible y mejora continua en la producción, así surge la **producción personalizada**.

La producción personalizada no se basa en grandes ciclos de producción, se basa en ciclos cortos y cambios constantes en el proceso productivo. Pero con esta personalización no es suficiente, hace falta un proceso productivo que cubra las **necesidades cambiantes** del consumidor pero que produzca también en **grandes cantidades**.

El nuevo concepto que se intenta implementar en la Industria, es lo que se conoce como **personalización masiva**. Así es posible personalizar productos o servicios para clientes individuales, y, además, hacerlo en grandes volúmenes y a un coste relativamente bajo.

Con este modelo, se ensamblan los **distintos módulos** de la línea de producción existente al diseño requerido por el cliente, lo que permite realizar distintas configuraciones del producto.

En resumen, el resultado de obtener un sistema de producción con personalización masiva es productos y servicios de bajo coste, alta calidad, volúmenes de producción elevados y productos y servicios personalizados a las necesidades del cliente. Para ello es necesario tener un proceso flexible, como ya se ha comentado previamente, y conocer a la perfección el mercado, por lo que es imprescindible un gran almacenamiento de datos y una gran interconexión.

3.1.4. Planificación

La planificación de la producción tiene como fin **relacionar** apropiadamente la **demanda**, con la **oferta** dentro de un plano temporal definido a medio y largo plazo. De esta manera, se pueden concretar planes de producción con cantidades específicas de cada producto en una serie de periodos definidos.

Con la planificación, las empresas pueden comenzar la producción de nuevos productos de forma **lógica y ordenada**.

La planificación en sí no es un reto a superar en muchas fábricas, ya que ya es parte de sus procesos. Pero sí se puede considerar uno de los ámbitos en los que es necesario un gran avance.

Como ya se ha mencionado, para llevar a cabo una planificación de la producción hace falta conocer muchos datos de ambos extremos del proceso productivo y un gran trabajo de la persona que la realiza, lo que puede llevar a problemas que se deben solucionar.

A continuación, se mencionarán los distintos problemas a superar en la planificación de la producción:

- La gran **carga de datos** que debe **almacenar** para poder realizar una planificación que se ajuste a los datos proporcionados. Como ya se ha mencionado, en el proceso de planificación se debe tener en cuenta los tiempos relacionados con los proveedores, con el propio proceso de producción, la demanda a proveer, entre otros.
- La **veracidad y rapidez** con la que se puede disponer de todos estos datos.
- **Manejar** de una forma **eficiente y veraz** esta **carga de datos** mencionada previamente. No solo es necesario sistemas de almacenamiento, también es necesario disponer de sistemas que manejen y ordenen estas grandes cargas de información.
- El propio **proceso de planificación** es de gran complejidad para ser realizado a mano por una persona. Teniendo en cuenta que ya presenta gran complejidad el almacenaje y manejo de esta gran cantidad de datos, ordenarlos de forma consecuente para así tener el proceso de producción planificado es algo complejo de realizar a mano. Cuando se suman varios procesos, varios proveedores, demandas etc. hay que tener en cuenta muchos factores para coordinarlos.
- Distintos **cambios en la producción** pueden suponer un gran problema si ésta no está realizada para poder implementarlos. El proceso de planificación, en la mayoría de los casos, no está realizado para que no sufra ninguna modificación. Normalmente, la primera planificación realizada no es la que obtendremos al final del proceso, ya que todas las partes implicadas sufren retrasos o problemas inesperados. El proceso de planificación debe estar preparado para estos cambios, por lo que, realizado a mano de una forma tradicional puede suponer un gran impedimento.

En definitiva, el problema del proceso de planificación es disponer de sistemas que sean capaces de realizarlo de una forma veraz y eficiente, capaz de soportar cambios sin que afecte en gran medida al proceso.

A parte de todos estos problemas que puede suponer el proceso de planificación, existen otro tipo de barreras que están cada vez más presentes.

Con la gran rapidez a la que avanza el mercado y las tecnologías, disponer de planificación a largo plazo es cada vez más un error. Esto requiere un proceso de **planificación dinámico**, no se puede restringir el proceso de producción a la planificación predicha, sin olvidar la gran importancia que tiene una buena planificación del proceso productivo.

3.1.5. Información veraz y de forma instantánea

Unos de los retos más importantes a los que se enfrenta el proceso productivo es el de obtener **información veraz** y de forma **instantánea**.

Como se puede observar, en los distintos retos que se enfrenta el proceso productivo, la principal barrera a superar para alcanzarlos es la de obtener continuamente información a una gran **rapidez**.

Es necesario hacer una **diferenciación** entre los **datos**, que es posible obtener de una forma relativamente fácil y lo que se considera **información**. La obtención de datos es posible llevarse a cabo en cierta medida, lo verdaderamente complicado es obtener información de estos datos. Muchas empresas no están prestando importancia al **valor** de sus datos ni a las **oportunidades** que ofrecen a la hora de generar información.

- **Los datos** no tienen sentido en sí mismos, solo son cifras recogidas sobre acontecimientos puntuales.
- **La información**, es la que se obtiene cuando se examinan estos datos convenientemente interpretados y comparados para conseguir un propósito.

El proceso productivo se basa en datos que llegan desde numerosas fuentes:

- **El cliente:** Para llevar a cabo el proceso de producción es necesario recibir toda la información relacionada con el cliente. Es necesario conocer la demanda requerida y las especificaciones de mercado que exigen, entre otros aspectos.
- **Proveedores:** Es necesario conocer lo ofrecido por parte de los proveedores, capacidad de suministro, tiempo de aprovisionamientos...
- **Propio proceso:** Para obtener información útil, es necesario conocer datos sobre la cantidad de producto realizado, la cantidad de materia prima utilizada, distintos tiempos de producción entre otros.

Realizado este análisis, observando la importancia de obtener información y la diversidad de las fuentes que nos proporcionan datos, es necesario analizar los distintos problemas que esto provoca.

- **Obtención de datos:** El primer paso a cumplir para disponer de información es la **obtención de los datos** previos para su posterior análisis. Actualmente, la tecnología y las necesidades del mercado van cambiando a una velocidad vertiginosa, por ello, es necesario disponer de sistemas capaces de obtener información a un ritmo rápido y así disponer de la información necesaria para estar actualizados a los últimos avances y necesidades de mercado. Otro reto que se plantea es la gran cantidad de **lugares de proveniencia**. En una Industria, como ya se mencionó previamente, los datos provienen de diversos medios, como pueden ser los distintos agentes que se ven inmersos, como cliente, proveedores, o de las mismas máquinas.
- **Almacenaje de datos:** El siguiente reto que se plantea para la obtención de información es el de almacenar los datos. Referente a este aspecto, se pueden considerar dos problemas principales:
 - La gran **cantidad de datos** que esto supone. Dado que cada vez es mayor el número de datos disponibles de un proceso, lo que se pretende es dar utilidad a todos estos datos, por lo que almacenarlo es una gran barrera.
 - La complejidad que supone la proveniencia de estos datos. Como ya se ha comentado previamente en uno de los problemas en la obtención de datos, cabe recalcar que la proveniencia de **distintas fuentes** también supone una dificultad para su posterior almacenaje.
- **Análisis de los datos:** Y finalmente, lo verdaderamente útil es obtener información de todos estos datos recogidos. Para obtener información de estos datos, es necesario el análisis de ellos de una forma rápida y veraz, por lo que, se necesitan dispositivos capaces de obtener información relevante a partir de una gran cantidad de datos.

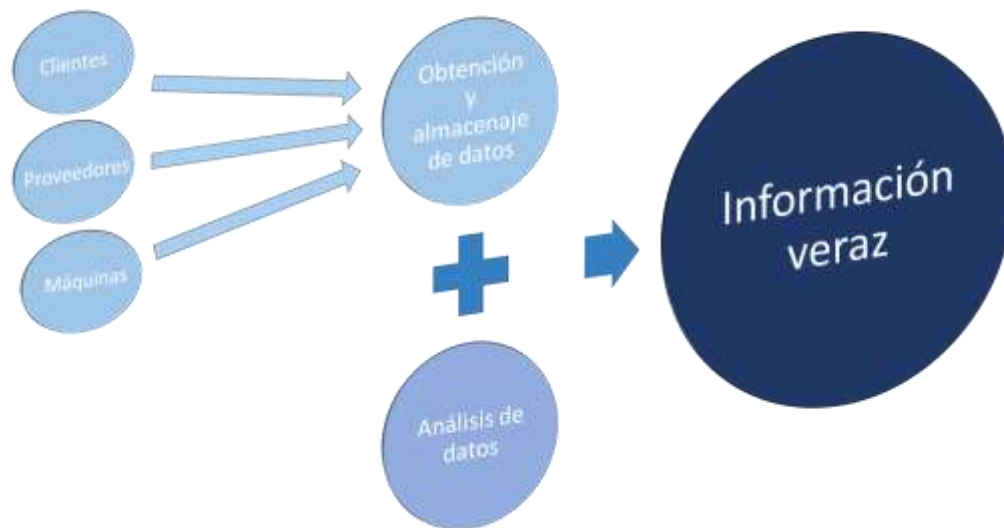


Figura 8. Transformación de datos en información. Fuente: Elaboración propia, 2020

3.1.6. Logística

Se entiende como **Logística Industrial** a la organización del desplazamiento y de la manutención de los materiales (materias primas y productos), ya sea en el interior o exterior de la empresa.

Este es uno de los ámbitos de la gestión de la producción donde existen un mayor número de retos a superar, debido a que en él se ven reflejados muchos de los mencionados anteriormente.

Como ya se ha comentado, la logística se encarga de la **coordinación** de los desplazamientos y almacenaje de productos y materia prima, por lo que disponer de información para ello es indispensable.

La logística se puede dividir en varios **procesos** que deben ser coordinados a la perfección: Compras, Servicio al Cliente, Gestión de Inventarios, Almacenamiento y Transporte.

A continuación, se enumerarán los distintos retos a los que se enfrenta la Logística en la Industria.

- **Planificar** las compras a realizar con información veraz. Como ya se ha explicado anteriormente, la planificación debe realizarse de una forma flexible y adaptada continuamente a los cambios del mercado.
- El principal fin de la logística es el de utilizar los medios de los que dispone de una forma óptima para garantizar el servicio al cliente. Para ello se necesita **conocer las necesidades** de los clientes de una forma dinámica, es decir adaptado a sus cambiantes necesidades.
- Conocer el **nivel de los inventarios** de una forma veraz e instantánea. Con ello se pretende un ahorro de tiempo y de costes. Para poder llegar a conocer el nivel exacto de un almacén rápidamente se necesitan avances en los diferentes procesos que lo componen:
 - La forma en la que se recogen los datos físicos existentes es inexacta y puede llevar a muchos errores. Se necesitan sistemas que vayan contabilizando el **nivel** de una forma **automatizada**.

- Sistemas que integren esta información y sean capaces de proporcionar la forma en la que deben ser colocados los productos o materiales para aprovechar al máximo el espacio disponible.
- Con respecto a la **toma de decisiones** relacionadas con el almacenamiento, es necesario **reducir** los **costes** que esto implique tratando a la vez de dar un nivel adecuado de servicio a los clientes. Para ello, conviene **reducir** al máximo el **inventario**, pero estando preparados ante los fuertes cambios que pueden producirse en el mercado, por lo que uno de los principales retos es disponer de una industria **flexible** y con información instantánea. Así, se requiere tener almacenes aptos para contener distintos tipos de productos, no en tan grandes cantidades, sino preparados para la alta flexibilidad que se exige.
- El aumento del **número de canales** para satisfacer las necesidades del cliente también afecta a la logística. Actualmente existen diversos canales a través de los cuales llegan los productos al cliente, internet, tienda física..., esto supone un gran reto en la forma en la que la logística gestiona el abastecimiento a los clientes.

En definitiva, uno de los grandes retos que se requiere la logística es la **intercomunicación** entre todas sus fases para optimizar el proceso, siendo uno de los ámbitos del proceso de producción que depende más de disponer de información instantánea para la continua toma de decisiones que requiere.

3.1.7. Concienciación de las mejoras en innovación

Uno de los grandes **avances** que es necesario en la gestión del proceso productivo se centra en las propias **personas**. Anteriormente solo se ha mencionado los distintos retos a los que se enfrenta la gestión de la producción desde el punto de vista de la información y las tecnologías, pero todo esto no es posible si las personas no se consideran parte esencial de este proceso.

El proceso productivo está en proceso de digitalización, se pretende llegar a disponer de **máquinas inteligentes**, capaces de llevar a cabo los procesos de forma **autónoma**, pero las **personas** nunca van a dejar de tener un papel **protagonista** en estos procesos.

Dentro de los retos a los que se enfrentan las propias personas, se encuentran:

- Cambio en el **modelo organizativo**. Las personas deben estar dispuestas a cambiar la forma en la que se organizan entre ellas para las tareas diarias. Se pretende conseguir un sistema de gestión que se base en la mejora continua de todos los procesos, en el que las personas son la pieza clave.
- Uno de los principales retos a los que se enfrenta la Industria es el de la **intercomunicación**, obtener información de forma instantánea, pero para ello las **personas** deben ser las primeras que estén **preparadas** y dispuestas a esta continua comunicación e interconectividad.
- Para llevar a cabo cualquiera de las mejoras en innovación, las personas deben actualizarse en estas tecnologías y estar dispuestas al proceso de **adaptación** que esto requiere.
- Disminuir la **resistencia al cambio**, es decir, concienciar a las personas de que la innovación en muchos ámbitos es la mejor forma de avanzar. En un gran número de ocasiones, la principal barrera a batir es sacar a las **personas** de su zona de **confort**. Cuando un proceso productivo es realizado con éxito, es complicado concienciar a las personas en que siempre hay algo que mejorar, y que para ello es **necesario** realizar cambios e **innovaciones**.
- Organizaciones de **personas flexibles**, que estén dispuestas a desempeñar otras tareas de la cadena productiva sin problema alguno.

- Ser conscientes de que, para desempeñar un trabajo, el primer paso es estar **formados** y conocer la **tarea** realizada. Para avanzar se necesitan personas **autónomas** y capaces de responder ante fallos o gestionar problemas que surjan en el proceso de producción.

En definitiva, la gestión del proceso productivo no superará los retos a los que se enfrenta si estos retos no están **liderados** por las personas implicadas, **comprometiéndose** al máximo y estando dispuestas a **adaptarse** a los cambios que el proceso de innovación trae implícitos.

3.1.8. Mejora medioambiental (huella de carbono)

Actualmente, no sólo se persiguen mejoras de **eficacia y eficiencia** de los procesos productivos, sino que hay que dar respuesta al reto social de lograr una economía y una **sociedad** más **sostenible**. Pero esto no va de una forma separada, lo que se quiere conseguir es que las mejoras tecnológicas supongan también un gran avance en el cuidado del medio ambiente.

El medio ambiente se ve **alterado**, en diferente medida, por todos lo que componen el **ciclo de producción** de un producto, desde la fabricación de las maquinarias que posibilitan éste hasta el propio ciclo del producto.

Entre los **retos** a mejorar en el ámbito del medio ambiente se encuentran:

- **Reducir** el número de productos como envases u otros **residuos** utilizados en la cadena de suministros. Para reducir la contaminación es tan importante reducir el uso de materiales tan contaminantes como el plástico y utilizar otros en su lugar como intentar reducir el número de envases en sí.
- Reducir el uso de energías no renovables y sustituirlo por el uso de **energías renovables**, y en cierta medida, intentar reducir el uso de energía adaptando los procesos a realizar.
- Reducir la **contaminación acústica**. La Industria provoca un fuerte aumento de ésta en las ciudades, produciendo efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de los seres vivos.

Cabe destacar lo que es conocido como **huella de carbono** del producto. Esto es un indicador ambiental en el que se ve reflejado la totalidad de **gases** de efecto **invernadero** emitidos por efecto directo o indirecto del producto. Llegar a conocer este indicador es algo muy significativo, ya que con ello se **reduciría** una gran parte de la **contaminación** actual.

Pero llegar a conocer la **huella de carbono** de un producto es algo que requiere la aportación de muchas **partes diferentes**. Para conocerla, hace falta saber el **aporte** de estos gases por parte de todo lo que se vea implicado en su producción, de todos los procesos y la maquinaria que se ha tenido que crear para llevarlos a cabo, de su transporte, de su almacenamiento... Todo esto implica almacenar y analizar grandes cantidades de **información** con la complejidad del gran número de puntos del que proviene, siendo éste de nuevo uno de los retos a los que puede ayudar a dar respuesta la Industria 4.0.

Pero para superar este, son necesarios un gran número de **avances**, los cuales serán posibilitados por la Industria 4.0. Estos serán analizados posteriormente.

3.1.9. Mantenimiento

Se entiende como mantenimiento industrial al conjunto de **normas** y técnicas realizadas para la **conservación** de la maquinaria e **instalaciones** de una planta industrial, para que proporcione el mejor **rendimiento** durante el mayor **tiempo** posible.

Existen distintos tipos de mantenimiento, los cuales van a ser mencionados para así entender mejor los retos a los que se enfrenta:

- Mantenimiento **correctivo**: Se basa en solucionar las averías una vez ya sucedidas.

- Mantenimiento **preventivo**: Consiste en intervenir continuamente la máquina para evitar averías.
- Mantenimiento **predictivo**: Este es el más complejo, se basa en la medición constates de los parámetros de la maquinaria para detectar cambios en estos y así predecir cuando sea posible que falle.

El concepto del mantenimiento Industrial a lo largo del tiempo ha cambiado en gran medida. Cada vez es posible disponer de un mayor número de **datos** de la maquinaria y de los procesos con los que se trabaja.

La reducción de averías mejora la **productividad** de las industrias, por lo que no cabe duda en que evitar averías en la maquinaria de trabajo es algo imprescindible. Por ello, aunque sea el mantenimiento más **complejo**, si se puede llevar a cabo, el mantenimiento predictivo puede considerarse el más efectivo, el cual se vería beneficiado gracias a las nuevas tecnologías de las que se disponen.

Éste no solo tiene como objetivo solucionar fallos, sino **prevenirlos**. Con estas técnicas se pretende que las máquinas trabajen a la mayor **eficiencia** posible y con el menor número de fallos, evitando así los **costes** que suponen una **avería**.

Para desarrollar unas buenas técnicas de mantenimiento, se deben tener en cuenta estos dos conceptos:

- Obtener **información con rapidez**: Como ya se ha mencionado previamente, el concepto de mantenimiento actual se basa en **prevenir** los fallos o averías, no en solucionarlos cuando ya hayan ocurrido. Para que esto sea posible, es necesario conocer el estado de las máquinas en todo momento, para así estar informados de las posibles **ineficiencias** que presenten.
- **Programación**: Para un buen mantenimiento, las distintas revisiones a las que se deben someter las instalaciones deben estar programadas. Cada maquinaria necesita un **seguimiento** distinto, ya que no se someten al mismo uso ni tienen la misma vida útil entre otros factores.

Pero estas técnicas de mantenimiento predictivo se enfrentan a distintos retos:

- Para conocer el **estado** de los distintos parámetros de las máquinas es necesario disponer de sistemas capaces de obtener los datos y comunicarlos a **tiempo real**, sin que sea necesario la intervención en la máquina.
- Sistemas capaces de **transformar** estos **datos** en información con el fin de **predecir** cuándo se producirán las **averías**.
- En el ámbito de la **fábrica inteligente**, uno de los retos a los que se enfrenta es el de dotar a las máquinas de capacidad de **aprender** de los errores, es decir, desarrollar software capaces de, basándose en los datos previos, predecir de forma más exhaustiva los errores de tu fábrica.

3.1.10. Gestión de la calidad

El control de la calidad consiste en la implantación de **programas**, mecanismos, herramientas y/o técnicas en una empresa para la **mejora** de la calidad de sus productos, servicios y **productividad**.

Dentro de la gestión de la calidad del proceso productivo, está el objetivo de mejorar la calidad de los propios producto, por ello es **aplicado** a todos los **procesos** que intervienen en el producto, desde su principio hasta su fin.

En relación a este **objetivo** principal, uno de los retos a superar es el que ya se ha mencionado en varias ocasiones: obtener **información** veraz proveniente de las diferentes fuentes que intervienen en el proceso productivo. Este reto común aplicado a la gestión de la calidad, se basa la necesidad de obtener datos para disponer de información y así mejorar la calidad del producto y de los procesos.

Para llevar a cabo una buena gestión de la calidad del proceso productivo, es imprescindible tener

conocimiento de lo sucedido previamente, es decir, se basa en el **pasado** para así poder predecir lo que acontecerá en un futuro.

Otro de los retos a superar es disponer de esta información mencionada de forma **instantánea**, con gran rapidez.

Uno de las características de una buena gestión de la calidad es la capacidad de **adelantarse** a las posibles ineficiencias que puedan ocurrir si todo sigue avanzando como lo había hecho hasta el momento. Para ello es imprescindible que la información llegue a una gran **velocidad**, porque si se supera el reto de disponer de información pero ésta es conseguida posteriormente pierde muchísima utilidad.

Como ya se ha mencionado, el control de la calidad es imprescindible para satisfacer a los clientes, por lo que aumentar la **fiabilidad** de la calidad es de gran importancia. Un tercer reto a superar es el de disponer de dispositivos capaces de obtener los datos utilizados posteriormente de una forma **automática**, obteniendo así **datos** más **fiabes** y posibilitando disponer de información veraz para mejorar la calidad del producto o de los procesos.

Pero aparte de disponer de datos e información veraz, la gestión de la calidad necesita **dispositivos** capaces de proporcionar las **mejoras** a llevar a cabo, partiendo de esos datos, para aumentar la eficiencia del proceso. Para ello, se enfrenta a la necesidad de conseguir dispositivos **inteligentes**, que de una forma automática sean capaces de detectar ineficiencias y dar una solución a llevar a cabo, partiendo de los datos previos.

Todos estos avances, aparte de aumentar la calidad ofrecida a los clientes, suponen una disminución de **costes** para la propia Industria. Superando estos retos, la Industria dispondría de una gran capacidad para aumentar la eficiencia de sus procesos, disminuyendo los gastos innecesarios que no aporta valor al producto o al proceso.

Como se detallará posteriormente la Industria 4.0 da respuesta a gran parte de estos retos.

3.1.11. Coordinación de procesos

El concepto de proceso industrial hace referencia al conjunto de **operaciones** a realizar para la **elaboración** de **productos** que, a partir de las diferentes materias primas, se transforman para satisfacer las necesidades de los usuarios.

En cualquier planta industrial se llevan a cabo una gran cantidad de procesos, que pueden ser llevados a cabo simultáneamente o en cadena.

Estos procesos **no** son procesos **estáticos**, que se mantengan idénticos en el tiempo, sino que dependen de un gran número de factores externos que lo alteran, y por ello están sujetos a una continua **toma de decisiones**.

A parte de factores externos por los que se ven afectados, también se alteran entre ellos, es decir, la mayoría **no** son procesos **independientes**, dependen unos de otros en diferente medida.

Estos procesos deben ser **coordinados**, tanto si se llevan a cabo simultáneamente para después el material resultante ser ensamblado como si se realizan en cadena, actuando uno detrás de otro en la misma materia.

Esta coordinación de procesos se ve sometida, como ya se ha mencionado previamente, a una gran cantidad de **toma de decisiones**, por lo que disponer de **información** veraz y de forma instantánea es imprescindible para ello. Este reto al que se enfrentan todos los ámbitos de la industria es clave en la coordinación de procesos, ya que de una buena o mala decisión puede depender toda la cadena productiva.

Para disponer de información que facilite la toma de decisiones, previamente debe haber sido tomada

de las propias plantas industriales. Otro reto al que se enfrenta la coordinación de procesos industriales es disponer de dispositivos capaces de obtener **datos de manera instantánea de las máquinas**, de los trabajadores y de todos los elementos que intervengan. Para ello, aparte de la necesidad de disponer de estos sistemas, es imprescindible el intercambio de información entre las personas.

Aumentar el conocimiento de datos, controlarlos instantáneamente y coordinar la toma de decisiones son unos de los retos a los que se enfrenta este ámbito de la cadena de producción.

3.1.12. Centralización de la información

Otros de los retos a los que se enfrenta la Industria 4.0 es disponer de información centralizada. Un sistema centralizado se basa en disponer de un **único** lugar al que acceder para obtener la información necesaria.

Con un sistema centralizado se evitaría muchos de los problemas que pueden surgir en el proceso productivo. Si se supera este reto, se obtendrían beneficios en muchos ámbitos, entre los que destacan:

- Veracidad de la información. Si todos los departamentos o todas las partes que intervienen en el proceso tienen la capacidad de **modificar** o aportar los **datos** a un **único sistema**, permite que la información sea veraz, ya que no ha tenido que ser transmitida de un departamento a otro y sometida a los **errores** que esto supondría.
- Incrementar la **velocidad** con la que podemos disponer de la información necesaria. Si se dispone de un único lugar donde vienen almacenados los datos, disminuiría el tiempo tanto de **obtención** de ellos como el que se tarda en **aportar** los datos necesarios para los diferentes departamentos.
- Mejoría la **flexibilidad y personalización**. Al disponer de información centralizada se dispone de mayor capacidad para realizar cambios tanto en el producto y como en el proceso productivo. Como ya se ha mencionado, la base para poder obtener un proceso productivo flexible y personalizado es disponer de información que lo posibilite, por lo que con la centralización de ésta, proporciona la capacidad de disponer de ella de una forma rápida y veraz.
- Mejoraría la coordinación entre procesos. Para que dos procesos que tienen efecto el uno sobre el otro avancen de forma correcta, sin ineficiencias, deben disponer ambos de **información** veraz y de forma instantánea. Esto ocurre casi en el 100% de los procesos productivos, todos están compuestos por varias fases o por varios agentes que actúan de forma separada. Por ello, disponer de una centralización de la información **elimina errores** de transmisión y la lentitud que ello conlleva.

3.1.13. Interconectividad

Otros de los grandes retos a los que se enfrenta el proceso productivo es el de una **interconectividad** continua entre todos los elementos de la cadena de producción.

A parte de tener toda la información almacenada en una ubicación única, es imprescindible disponer de **medios** para acceder a dicha información de forma rápida. No solo implica disponer de la red lo posible, también se debe disponer de equipos que den soporte.

Para gestionar el proceso productivo hay que considerar la gran cantidad de elementos que lo componen. Está formado por un gran número de agentes, fases, productos en continuo movimiento que deben ser controlados y **localizados** entre otros.

Disponer de ella es necesario en muchos ámbitos del proceso productivo, dentro de los que destacan:

- En cuanto a la gestión del **ciclo de vida del producto**, es imprescindible contar con interconexión entre los distintos departamentos. Disponiendo de los dispositivos necesarios, sería posible intercambiar los datos referidos al producto entre las distintas partes que intervienen, y así poder gestionar el ciclo completo del producto y no cada elemento por separado.
- Para disponer de productos **adaptados** a la **demanda** cambiante del mercado debe estar al tanto de esta demanda al instante, por lo que es imprescindible disponer de medios capaces a través de los que se pueda proporcionar esta información.
- Un concepto a resaltar, es disponer **máquinas conectadas** a los dispositivos de análisis. Esto es posible gracias a la existencia de equipos que proporcionen la capacidad a las máquinas de captar estos datos, para después enviarlos a equipos capaces de analizarlos, como ordenadores, contando siempre a la existencia de red. Gracias a esto, mejoraría la eficiencia de los procesos y la rapidez con la que se conoce el avance de la producción.

3.1.14. Integración de los sistemas de gestión

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la Industria hoy día es tener una total **integración** de todos los sistemas de gestión existentes.

Después de una gran **evolución**, previamente a la Industria 4.0, la captura de datos ha pasado por varios momentos.

En un primer momento, todo se realizaba a **papel**. Esto provocaba muchos errores de tipificación y de cálculo entre otros.

Posteriormente, con la introducción de las **computadoras**, se produjo un gran avance, siendo la plataforma **Excel** una gran protagonista. Aun así seguirán encontrándose un gran número de errores de tipificación entre otros.

Previo a la Industria 4.0, se introdujeron los sistemas de gestión, como ERP o MES entre otros. Estos supusieron un gran avance.



Figura 9. Historia de la captura de datos. Fuente: Geinfor. <https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/>, 2019

Hasta este momento:

- **Captura de datos:** de forma manual. Es el operario el que tiene que introducir los datos en las computadoras.
- **Procesado de datos:** Procesado de datos de forma automática gracias a la lógica informática.
- **Consumo de la información:** Gracias a la incorporación de los sistemas de gestión, esta información dejó de estar aislada. Gracias a ellos se propaga por toda la organización.

La utilización de **sistemas de gestión** es una realidad ya consolidada. Estos sistemas digitales son implementados por muchas Industrias, pero, la limitación que presentan es que son **sistemas cerrados** sin capacidad de configuración. De forma individual no proporcionan la **flexibilidad** necesaria para adaptarse a las cambiantes necesidades del negocio y del mercado.

Se busca una interacción en **tiempo real** entre todos estos sistemas y las plantas de fabricación. Esto es conocido como una **interoperabilidad de sistemas**. Con una gran interoperabilidad de sistemas en los procesos de gestión, se obtiene una mejora en la **productividad**, una disminución en los costes y una mejora de la calidad.

Para ello es necesario contar con una fábrica totalmente interconectada, obligando a tener medios para la **comunicación** de datos y sistemas para el **análisis** estos datos.

Es la **Industria 4.0** la que da la solución. Proporciona una interconexión total de la Industria y los medios necesarios para la comunicación de grandes cantidades de datos. Esto lo hace posible mediante sus habilitadores digitales.

Antes de profundizar en cada uno de estos sistemas de gestión, de forma sintética, estos sistemas pueden ser diferenciados en función del objeto principal que gestionan:

- **MES:**
 - Se ocupa de la **Producción**.
 - Su foco está puesto en el **Producto**.
 - Asiste en las **Decisiones de la Planta**.
- **ERP:**
 - Se ocupan de la **Planificación Empresarial**.
 - Su foco está puesto en el **Cliente**.
 - Asiste en las **Decisiones de Negocio**
- **SCADA:**
 - Se ocupan del **Control de Procesos**.
 - Su foco está puesto en los **Procesos**.
 - Asiste en las decisiones de **Procesos Productivos**.



Figura 10. Pirámide de los sistemas de gestión. Fuente: Geinfor. <https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/> , 2019

A continuación se explicarán los sistemas de gestión mencionados anteriormente.

3.1.4.1. MES

Un Sistema MES (Manufacturing Execution System en inglés) es un **software** enfocado al Control de la Producción, que monitoriza y documenta la gestión de la planta aumentando la trazabilidad y la calidad entregada al cliente. Este sistema facilita indicadores fiables para la toma de decisiones.

Son una pieza clave en el avance hacia la Industria 4.0, ya que posibilita la **gestión en tiempo real** de las operaciones de fabricación integrada con todos los elementos de la cadena de valor, como proveedores, clientes etc.

El principal objetivo de un sistema MES es, como ya se ha mencionado, mejorar la **eficiencia de la Planta de Producción** (OOE por su nombre en inglés). Esto provoca:

- **Una reducción de costes:** Para poder reducir los costes es imprescindible medirlos previamente, y por ello **capturar la información**. Un sistema MES es el encargado de capturar la información y el lugar donde se produce, de una forma fiable y precisa. Una vez capturada la información, también es el responsable de **gestionar y explotar** la información de costes. El resultado es poder realizar un gran **análisis de la contabilidad** y así una gran reducción de costes.
- **Una mejora de la productividad:** Para obtener una mejora en la productividad es necesario poder medir la productividad actual y conocer los **puntos clave de mejora**. Un MES es capaz de identificar las pérdidas de eficiencia y, con la ayuda del ser humano, puede clasificarlas y categorizarlas para mejorar la **toma de decisiones**.
- Un aumento de la **trazabilidad** y de la **calidad** entregada al cliente.

Este software puede **beneficiar** a dos perfiles principalmente:

- **Operario:** Un software MES es de gran utilidad para diversas funciones de un operario. Entre ellas, ejecutar las órdenes de producción, mejorar el OOE o localizar las pérdidas de eficiencia y darle una solución.
- **Director de producción:** Un software MES aporta una gran ayuda a muchas de las funciones de directores y rangos intermedios. Es de gran utilidad para la gestión de la planta, para mejorar la eficiencia productiva, para planificar las órdenes de producción o coordinar los distintos equipos.

En resumen, un software Mes debe cumplir cinco **funcionalidades** principalmente:



Figura 11. Funcionalidades de un sistema MES. Fuente: Geinfor.
<https://geinfor.com/business/sistema-mes-manufacturing-execution-system/> , 2019

- **Ejecutar órdenes de producción.**
- **Medir los costes reales de producción.** Un Software MES es capaz de calcular en tiempo real el coste directo de cada Orden de Producción
- **Calcular el rendimiento (OOE) de cada centro productivo y las razones de las pérdidas de eficiencia.**
- Poder tomar **acciones** preventivas y/o correctivas en función de la información de la que se dispone, pudiendo así adelantarse a eventos futuros.
- **Conectar** la información de planta con el resto de la organización.

3.1.4.2. ERP

Los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés, enterprise resource planning) son los sistemas de información que **gestionan** cada área de un negocio y **automatizan** sus procesos internos. Los datos que se generan se comparten con todos los departamentos, dando lugar a un **sistema unificado**.

Estos sistemas proporcionan una **integración** de toda la información; información financiera, relacionada con los pedidos...; proporcionando así **distintas perspectivas** gracias a toda la información integrada. Con ello **estandarizan** las operaciones de las distintas áreas.

Este término viene de 1990, cuando Gartner lo creó ERP para describir la evolución de la planificación de necesidades de materiales y la planificación de recursos de fabricación.

Los sistemas ERP son llamados en algunas ocasiones **back office** (trastienda) ya tratan directamente con los proveedores, es decir, ni el cliente ni el público general tienen acceso a él.

Un Sistema ERP se debe tener 3 características principales:

- Se caracterizan por estar compuestos por diferentes **módulos**. Entre sus módulos más comunes se encuentran el de manufactura o producción, almacenamiento, logística e información tecnológica, incluyen además la contabilidad, y suelen incluir un sistema de administración de recursos humanos, y herramientas de mercadotecnia y administración estratégica.
- Deben ser **configurables** mediante desarrollos en código del software. Por ejemplo, para controlar los inventarios cada empresa puede tener un método distinto. Un ERP debe estar preparado para cambios en el código y así satisfacer cada exigencia.

- Deben estar **especializados**, y así poder dar soluciones en áreas de gran complejidad en continuo cambio. Las empresas quieren soluciones reales que satisfagan sus necesidades. Un ERP genérico implica una menor efectividad, ya que está basado en respuestas generalistas.

Otras características que deben tener estos sistemas son:

- Deben tener una **base de datos centralizada**.
- Los **datos** capturados en un ERP deben ser **consistentes, completos y comunes**.
- La misma solución ERP debe servir a clientes de distintos sectores. Se adaptan mediante la **parametrización** del sistema.

La utilización de un sistema ERP tiene muchas **ventajas** para la industria, entre ellas destacan:

- **Optimización de los procesos**.
- Acceso a la información: Esto es debido a que estos sistemas tienen una base de dato común.
- Posibilidad de **compartir la información** con cualquier departamento de la organización: esto se debe a su integración en toda la empresa.
- **Eliminación** de datos y **operaciones innecesarias**, y con ello disminución de tiempo y costes.

Para trabajar con el existen dos alternativas:

- **ERP online:** No necesita ser instalado. Tiene las mismas utilidades que un ERP on-premise, pero para acceder deber ser a través de la nube.
- **ERP on-premise:** Esta solución debe ser instalada localmente. Requiere supervisión experta.

Un aspecto que no se puede pasar por alto de estos sistemas es la **compleja implantación** que requieren. Como se ha mencionado antes, un sistema ERP parte de la **configuración inicial** de la aplicación y sufre un gran desarrollo hasta llegar a un **sistema especializado** para cada empresa. Para ello se requiere un gran esfuerzo en tiempo y en dinero, es decir, una **mayor personalización** implica **mayores costes**. Una empresa que no tenga que realizar demasiados procesos complejos tendrá que pagar un precio más reducido. En cambio, una multinacional con una gran cantidad de procesos y funciones complejos necesitará un ERP mucho más amplio y por ello de mayor precio.

Los **costes** de un ERP se pueden clasificar principalmente en:

- **Hardware:** Aumentarán en función del equipamiento necesario para poder funcionar, como por ejemplo ordenadores, infraestructura...
- **Software:** Es el más importante, pero no tiene que ser el más costoso. No están del todo claro, ya que existen un gran número paquetes y funcionalidades que no hacen variar el precio hasta el final.
- **Servicios:** Dentro de ellos se encuentran implementación, mantenimiento, consultoría y formación.

La **implantación** de estos sistemas ERP se llevan a cabo en distintas fases:

- **Análisis:** La empresa deberá definir el proyecto y los requisitos que debe cumplir el software.
- **Diseño:** Se desarrollará todo lo relacionado con las aplicaciones y funcionalidades principales del sistema.
- **Implementación:** Esta fase es muy importante. En ella se instalará el software y se pondrá en marcha el nuevo sistema.

- **Post-implantación:** Es la etapa en la que se ajustan detalles y se mejora buscando solución a los problemas que surjan.



Figura 12. Fases de la implantación de un sistema ERP. Fuente: Tic.portal.
<https://www.ticportal.es/temas/enterprise-resource-planning/implantacion-erp> , 2020

3.1.4.3. SCADA

SCADA, un acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (**Supervisión, Control y Adquisición de Datos**), es un sistema de elementos de software y hardware que permite a las industrias:

- **Controlar** los **procesos** industriales localmente o a distancia.
- Monitorizar, recopilar y procesar **datos en tiempo real**.
- **Interactuar** de forma directa con **dispositivos** como sensores, bombas... a través del software de interfaz hombre-máquina (aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual éste controla el proceso), es decir, facilita la **retroalimentación** en tiempo real con los dispositivos de campo. La realimentación, también denominada retroalimentación o feedback es el proceso de **compartir observaciones**, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información para mejorar o modificar distintos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser **bidireccional** de modo que la mejora continua sea posible en ambas direcciones.

Los sistemas scada son muy importantes para los procesos industriales, ya que ayudan a mejorar en **eficiencia**, procesar datos para **tomar decisiones** más eficientes e inteligentes, y a avisar de los problemas del sistema para ayudar a **reducir el tiempo de inactividad**.

En relación con la arquitectura básica de un sistema SCADA se encuentran los siguientes componentes:

- **Unidad de terminación remota (RTU):** Es el componente que se conecta al equipo **físico**, leyendo datos de estado, medidas como presión, flujo... El RTU puede **enviar señales** por el equipo que pueden controlarlo, como abrirlo, cerrarlo, configurar la velocidad. Puede tanto **leer** el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos, como **enviar** comandos digitales o puntos de ajuste analógicos.
- **Estación maestra:** Este término se refiere a los servidores y al **software** responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTUs, PLCs, etc). Estos bloques software permiten actividades de **adquisición, supervisión y control**. El sistema SCADA normalmente presenta

la información al personal de manera gráfica, en forma de un diagrama de representación.

- **Infraestructura de comunicación:** Estos sistemas tienen tradicionalmente una combinación de radios y **señales directas** para conocer los requerimientos de comunicaciones. Para que una instalación Scada sea aprovechada correctamente deben ser sistemas de **arquitectura abierta**, es decir, capaces de adaptarse a las necesidades de la empresa, deben tener **facilidad para comunicarse** con el usuario y deben ser programas **sencillos de instalar**.

La utilización de un sistema Scada presenta muchos **beneficios**, entre los que se pueden destacar:

- Da la posibilidad de **almacenar** gran cantidad de **datos**, pudiendo almacenarlos en **distintos formatos**, según los requisitos del usuario.
- Proporciona la posibilidad de tener conectados un **gran número de sensores** para controlar **distintos procesos**.
- Posibilita la obtención de **simulaciones** de datos reales.
- Permite obtener muchos **tipos de datos** gracias a las RTU.
- Aumenta la **seguridad** de los trabajadores gracias a procesos predefinidos por un sistema Scada.
- **Reducción de costes** de ingeniería, gracias a la fácil integración de todos los dispositivos de planta.
- Poder de **monitorizar** los datos desde **cualquier lugar**.
- Proporciona una **optimización** de procesos y de recursos.
- Aumento en la **productividad** y en la **velocidad** de respuesta.

3.1.4.4. PLM

Product Lifecycle Management, o PLM, es el proceso de gestionar el **ciclo de vida** completo del **producto** desde su ideación, pasando por diseño de ingeniería y manufactura, hasta el servicio o desecho. Se construyen para integrar datos de productos con procesos y sistemas de negocios, incluyendo entre otros elementos listas de materiales (BOM), registros de cumplimiento, bibliotecas de herramientas de manufactura y recursos, instrucciones digitales de trabajo, etc.

Debido a la cantidad de datos que se generan a lo largo de la vida del producto, es imprescindible la existencia de una aplicación que gestione todo estos datos de una manera **transparente** y **centralizada**.

Para poder llevar a cabo esta gestión se utilizan **soluciones integradas** de software.

- **CAD** (Computer Aided Design): es un diseño asistido por ordenador, utilizado para todo lo relacionado con la concepción del producto.
- **CAE** (Computer Aided Engineering): es ingeniería asistida por ordenador y se utiliza para la el análisis y la simulación del diseño previamente realizado del producto.
- **DMF** (Digital Manufacturing): El objetivo de esta solución software es realizar un análisis de como se va a producir y dar mantenimiento al producto específico.
- **PDM** (Precedence Diagram Method): Por ultimo, gracias a esta solución se captura, reutiliza y comparte toda la información generada en cada una de las etapas.

Dentro de la gran utilidad que tiene un Sistema PLM, las principales **funcionalidades** de este se pueden sintetizar en:

- **Almacenar**, organizar y proteger los datos.
- **Gestionar** los documentos y sus cambios.
- Buscar y **recuperar** la información.
- **Compartir** datos con usuarios de forma controlada.
- **Ejecutar procesos** y flujos de trabajo (workflows).
- **Visualizar** datos y documentos

De todas ellas la empresa logra cubrir dos **funciones** principalmente: proporcionar el **almacenaje** de toda la información que afecta al producto y servir de **canal de comunicación** formal entre todos los departamentos que participan en su producción. Estos sistemas pueden ser aprovechados para **colaborar instantáneamente** en el diseño de producto.

La utilización de un sistema PLM proporciona muchos **beneficios**, entre ellos se pueden destacar:

- Aumento en la capacidad de **innovar**, tanto en relación con un producto en sí como en los procesos productivos. Esto provoca una reducción del **time-to market** (tiempo que pasa desde que se lanza un producto hasta que una actualización del mismo llega para sustituirlo) y optimización de recursos para mejorar la eficiencia.
- Permite una **toma de decisiones** de forma más fiable y unificada.
- **Reduce los tiempos** de realización de prototipos y de salida al mercado.
- Aumento en los **ingresos**.
- **Desarrollo global del producto**: permite la colaboración rápida y segura entre sitios globales y socios de la cadena de suministro. Así, se puede tener una visión global de la toma de decisiones en todos los ámbitos y de los flujos de trabajo.
- **Gestión de la calidad** del producto.

4 APLICACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0. EN LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Analizados los diferentes retos a los que se enfrenta la gestión del proceso productivo, es la Industria 4.0 la que da las soluciones a ellos.

Para ello, se expondrán la aplicación de los habilitadores digitales ya desarrollados previamente a la gestión del proceso productivo.

4.1. Internet de las cosas

Como ya se ha mencionado previamente, el Internet de las cosas se basa en la **interconexión** entre diversos objetos. Esto puede considerarse uno de los principales avances de la Industria 4.0. A continuación, se desarrollaran los beneficios que proporciona a los problemas que presenta la gestión del proceso productivo mencionado previamente.



Figura 13. Retos beneficiados por el IoT. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Logística:** Utilizar el internet de las cosas en el proceso productivo tiene un gran beneficio en lo que respecta a la logística. Gracias a ello sería posible conocer el **lugar** donde se encuentra cada producto dentro de la cadena de suministro, agilizando así el proceso de obtención de esta información. Esto disminuiría el número **errores** y la inexactitud que se comete al intentar conocer donde se encuentra cada elemento a **tiempo real**, ya que se tendría constancia de ello gracias a que los propios elementos son los que irían notificando el lugar y más datos en lo que a ellos concierne. Permitiría conocer los niveles de **stock** de forma automática, sin cometer los errores a los que han sido condenados la Industria tradicional.
- **Gestión de la calidad:** Gracias al **IoT**, no solo se puede conocer el lugar en el que se encuentran los diferentes elementos de la cadena de suministro. Con los sistemas embebidos que van en cada producto, sería posible conocer otros datos referidos a la calidad de estos productos, como fechas de caducidad, si tienen algún desperfecto, lo que sería un gran avance en este ámbito. Al disponer de esta información, sería posible eliminar productos que no estuvieran en **perfecto estado** sin necesitar de un gran esfuerzo, y en consecuencia aumentar la calidad del servicio proporcionado al cliente.

- **Mejora medioambiental:** En cuanto al medioambiente, cabe resaltar la repercusión del IoT en la **huella de carbono**. Como ya se mencionó previamente, la huella de carbono es el aporte gases de **efecto invernadero** por parte de todo lo que se vea implicado en la obtención de un producto. Para poder conocerla, y así reducir la expulsión de estos gases, es necesario en primer lugar conocer todo lo que interviene en el producto. Si se dispone de esta **información** gracias a que sean los propios productos y procesos los que vayan notificando de todo lo que va aconteciendo, sería mucho más sencillo poder conectar toda esta información y así conocer la huella de carbono.
- **Coordinación de procesos:** El IoT aporta un gran beneficio en la coordinación de procesos. Éste permite tener todo conectado en una misma plataforma. Realizando las siguientes acciones:
 - Gracias a **sensores** colocados en todos los agentes que forman parte del proceso productivo permite monitorizar aquellos procesos a controlar.
 - Uno de los avances más grandes que ha aportado el IOT es la posibilidad del **control en remoto**, por una parte los sensores instalados, y por otro, el mismo proceso productivo.
 - Gracias a los sensores que proporcionan datos, y al big data por ser la plataforma en la que es posible almacenarlo, el IoT permite el **análisis** de ellos para tomar decisiones.
 - El último paso que permite el IoT es, partiendo de todos los avances anteriores, controlar y **optimizar los procesos**. Con el conocimiento previo, ya se conocen las posibles fugas o ineficiencias del proceso y los datos relacionados con ellas.
- **Integración de los sistemas de gestión:** Disponer de sistemas integrados que favorezca la toma de decisiones se ve impulsado por el IoT. Éste hace posible la interconexión de ellos, y así el continuo intercambio de información acelerando el proceso.

4.2. Sistemas ciberfísicos

Un sistema ciberfísico puede considerarse que tiene una utilidad similar a la del IoT, pero estos sistemas van más allá. No solo permite la **interconexión** entre procesos o elementos el proceso productivo, como ya se ha mencionado en el Iot, sino que además de eso son capaces de **aprender** de la interacción con el mundo real.

Esto es un **gran avance** para la mayoría de los retos que han sido desarrollados previamente, ya que disponer de sistemas capaces de actuar por ellos mismo, relacionarse con otros objetos y proporcionar la información necesaria en tiempo real supone un gran cambio en la gestión del proceso productivo tradicional.



Figura 14. Retos beneficiados por Sistemas ciberfísicos. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Logística:** La introducción de sistemas ciberfísicos supone un gran avance para la logística.

Disponer de sistemas capaces de **actuar** por ellos mismos, aprendiendo del exterior, **interconectados** entre ellos y proporcionando la información necesaria, concede las claves para contar con un sistema logístico **eficiente**, capaz de controlar la ubicación de los elementos de la cadena de suministro, y capaz de tomar las decisiones oportunas para así optimizar el tiempo y el espacio. La introducción de sistemas ciberfísicos no solo aporta un gran avance, sino que pueden llegar a proporcionar la existencia de almacenes totalmente **controlados** por ellos. Gracias a la interconexión entre ellos, al **autocontrol** y a la capacidad de aprender del exterior tienen todos los requisitos para ser capaces de disponer la ubicación de los materiales y productos terminados de aquella forma que optimice el espacio.

- **Flexibilidad en la producción:** Disponer de sistemas ciberfísicos interconectados, concede al proceso productivo la capacidad de **responder** con mayor rapidez a las cambiantes necesidades del mercado. Frente a un cambio en cualquier ámbito del proceso productivo, si éste está formado por procesos o elementos interconectados entre sí, capaces de cambiar su funcionamiento dependiendo de la información que reciban y con la capacidad de aprender de ella, la rapidez con la que se adopta este cambio sin suponer un gran problema dota al proceso de una **flexibilidad** considerable.
- **Mantenimiento:** En este ámbito se ve uno de los grandes avances que proporcionan los sistemas ciberfísicos. Como se mencionó en el apartado correspondiente, una fábrica para considerarse **fábrica inteligente** debe estar compuesta por elementos capaces de **aprender** de sus propios errores, lo que sería aportado por los sistemas ciberfísicos. Un proceso productivo formado por sistemas ciberfísicos sería capaz de prevenir errores, y así disminuir en todo lo posible mantenimientos correctivos, evitando paradas en la producción y disponiendo así de sistemas con mayor **eficiencia y eficacia**.
- **Coordinación de procesos:** Los sistemas ciberfísicos aportan una funcionalidad similar a la del Iot, aportando también la ya mencionada **capacidad de aprender** de la que disponen. El proceso productivo sería capaz de estar interconectado entre todas sus fases, con la información centralizada y disponiendo así de una integración total de los sistemas **cibernéticos y físicos**. Esto proporciona una gran coordinación entre todas sus fases, ya que al disponer de la capacidad de conectarse entre ellas da una mayor rapidez a la hora de notificar sucesos o de intercambiar información.

4.3. Cloud computing

La computación en la nube es uno de los habilitadores cuya utilidad se ve reflejada en la combinación con otros de ellos. Proporciona la capacidad de disponer de toda la información sin la necesidad de tenerla físicamente, solo es necesario la **conexión a internet**. Esto puede ser de gran utilidad para el Iot, para los sistemas ciberfísicos... ya que podrían disponer de la información necesaria en cualquier lugar.



Figura 15. Retos beneficiados por el Cloud Computing. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Flexibilidad:** En la gestión de la producción, como ya se ha mencionado en numerosas ocasiones, el pilar fundamental para que funcione de la forma más productiva posible es disponer de **información veraz y útil** para apoyar la toma de decisiones. Gestionar un proceso productivo sin información previa o con información falsa lleva a un proceso productivo lleno de **errores**. El cloud computing permite disponer de la información necesaria de una forma rápida y en cualquier lugar, dotando así al sistema de una gran capacidad para tomar decisiones y de una gran flexibilidad.
- **Mejora medioambiental:** En lo que respecta al medio ambiente, la utilización del cloud computing supone un beneficio. Para la gestión de un proceso productivo es necesario una gran cantidad de información, y como ya se ha mencionado su **almacenamiento**. Con la utilización del cloud computing disminuye la utilización de sistemas físicos a los estrictamente necesarios para ello, y con ello la **huella de carbono**.
- **Personalización:** Gracias al cloud computing la empresa puede disponer de una gran **personalización** en la producción. Poder utilizar la información necesaria, en el momento y lugar en el que sea requerida permite poder adaptar el proceso productivo a las necesidades en cada momento.

4.4. Big data

El big data, como ya se ha mencionado previamente, tiene un gran número de beneficios, entre los que destacan los que respectan a la **gestión del proceso productivo**, que serán desarrollados a continuación.



Figura 16. Retos beneficiados por el Big data. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Trazabilidad de producto:** Como cabe suponer, toma un gran papel en la gestión integral del ciclo de vida del producto. Un producto, desde que comienza su producción hasta que llega al cliente pasa por un gran número de **fases** y de lugares diversos, por lo que almacenar esta gran cantidad de datos con la complejidad de la **variedad de fuentes** es la principal dificultad, la cual se ve posibilitada por la aparición del Big data. El Big data permite manejar una gran cantidad de datos, provenientes de diferentes fuentes y analizarlos dando **información útil** sobre ellos.
- **Flexibilidad y personalización en la producción:** Para que un proceso productivo sea capaz de adaptarse a los cambios en la demanda y a los requerimientos del cliente de una forma rápida y a un bajo coste es imprescindible disponer de **gran cantidad de información**. Para que sea capaz de adaptarse necesita información no solo proveniente del consumidor referida a sus necesidades, es imprescindible disponer de sistemas que permitan coordinar todos procesos de una forma centralizada, por lo que disponer de un sistema que te de la posibilidad de conocer a tiempo real todo lo que va sucediendo en los diversos procesos es muy importante, y se ve posibilitado con el big data, proporcionando la **información necesaria y su respectivo análisis**.

- **Planificación:** Una planificación efectiva en la gestión del proceso productivo se basa en los datos de los que se disponen. Para ello, es necesario conocer la **demanda**, **tiempos** de proveedores, **capacidad** del propio proceso entre otros muchísimos factores que intervienen. El principal problema que se presenta es disponer de esta información de una forma rápida, ya que está en continuo **cambio**, y disponer de un sistema de planificación **dinámico** capaz de adaptarse a estos datos sin ser modificado en gran medida. El big data proporciona esa información veraz e instantánea superando la complejidad proveniente de las diversas **fuentes**, por lo que el big data da un gran impulso a una planificación adaptada, ayudando así a disponer de un proceso productivo flexible.
- **Información veraz y de forma instantánea:** Se puede decir que este reto engloba a uno de los principales problemas que pueden surgir transversalmente en el proceso productivo. El pilar fundamental de una buena gestión del proceso productivo es disponer de la información necesaria en el momento necesario, principal avance que proporciona el big data.
- **Logística:** Una red logística se basa en coordinar, de la forma más **eficiente** posible y minimizando al máximo el coste, todos los movimientos de materiales y productos a lo largo de la cadena productiva. Para ello, uno de sus principales retos es conocer niveles de **inventario**, necesidades del cliente entre otros, para así poder tomar decisiones. El big data es capaz de almacenar la información necesaria y proporcionar un análisis que nos permita actuar de forma consecuente.
- **Integración de los sistemas de gestión:** Para poder obtener una integración de los sistemas de gestión es necesario disponer de un sistema capaz de almacenar las grandes cantidades de datos que estos generan diariamente. El big data posibilita este **almacenamiento**, convirtiéndose en un gran soporte de estos sistemas.

4.5. Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es un gran avance que introduce la Industria 4.0, con la que se ven solucionados muchos de los retos presentados en la gestión del proceso productivo.



Figura 17. Retos beneficiados por la Inteligencia Artificial. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Flexibilidad y personalización:** Dotar a las propias máquinas de la capacidad de **tomar decisiones y aprender** de los errores a lo largo del proceso productivo dota al propio proceso de una alta flexibilidad. Como ya se ha mencionado en varias ocasiones, la industria tradicional se basaba en la producción en masa de un mismo producto, y realizar cambios en éste suponía un gran esfuerzo y un gran incremento de costes. Con la **inteligencia artificial** realizar estos cambios sería un procedimiento sencillo, ya que las propias máquinas están dotadas de la capacidad de adoptar cambios en su propio funcionamiento. Este avance también se ve reflejado en la personalización. Una misma máquina, programada para ello podría desempeñar varias funcionalidades, posibilitando así producir productos muy diversos sin un gran cambio.
- **Coordinación de procesos:** Procesos controlados por algoritmos provenientes de las propias

máquinas, a su vez conectadas entre ellas dotan al proceso productivo de una gran coordinación.

- **Mantenimiento:** Con la inteligencia artificial es posible crear algoritmos capaces de poder detectar malos funcionamientos y así predecir **paradas** inesperadas, posibles problemas que pueden presentar los sistemas que intervienen y así disminuir el tiempo de parada y las pérdidas que ello supone.
- **Control de la calidad:** Actualmente, cada vez se producen más cambios de formato en los productos y de las especificaciones de éste, por lo que es cada vez más difícil verificar la calidad de ellos. Gracias a la inteligencia artificial se puede adoptar estos cambios en el producto de forma automática, sin pérdidas de **productividad**.

4.6. Robótica colaborativa

La robótica colaborativa es un gran avance para la gestión del proceso productivo, trayendo un gran número de beneficios. Entre todos ellos, se pueden destacar:

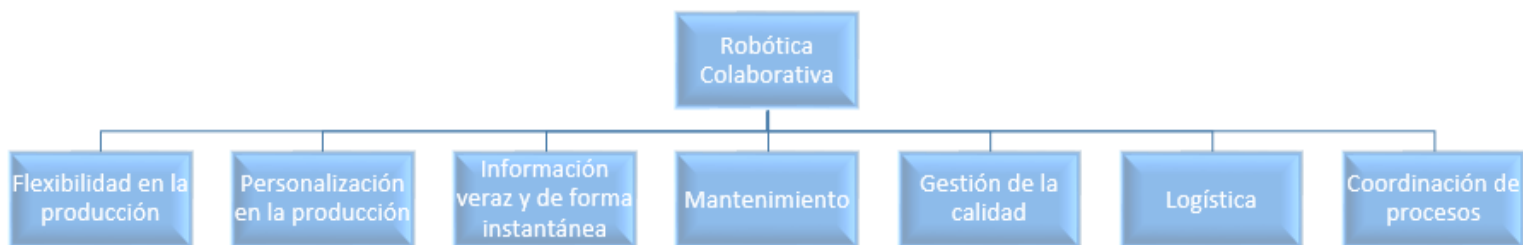


Figura 18. Retos beneficiados por la Robótica Colaborativa. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Flexibilidad de la producción:** En cuanto a la flexibilidad de la producción los cobots han traído un gran número de beneficios. Uno de los grandes avances ha sido la posibilidad de ser **programados de una forma sencilla**, pudiéndose realizar cambios en las funciones a desarrollar cambiándolo visualmente desde una tablet u otro dispositivo. Esto permite disponer de un proceso productivo flexible, capaz de adaptarse a diversas funciones de una forma instantánea. Con su aparición también se han podido incluir en tareas o sectores del proceso productivo que antes era impensable, aumentando la flexibilidad del proceso.
- **Personalización:** La personalización es otro de los grandes avances. Tener la capacidad de, como ha sido mencionado, poder modificar las funciones del cobot en un instante hace posible poder realizar **productos distintos** sin un gran esfuerzo. Gracias a ello se puede disponer de un proceso productivo capaz de realizar de una forma rápida productos **adaptados** a las necesidades de cada cliente.
- **Información veraz y de forma instantánea:** La utilización de cobots beneficia disponer de **información instantáneamente**. Cuando una acción es realizada por un cobots, de forma automática esta recogido todos los datos que sean necesarios. Esto hace que se pueda disponer de ella rápidamente y evitando los errores que provoca la anotación manual de esta información.
- **Logística:** Los cobots también han tenido un papel importante en el ámbito de la logística. Son capaces de desempeñar las tareas de **almacenamiento** de una forma más **precisa**, dotando así de una mayor **optimización del espacio**. Permiten también poder tener la información del lugar donde se han ido almacenando todos los productos sin error, ya que gracias a la inteligencia artificial son capaces de almacenar la información con una gran exactitud.
- **Mantenimiento:** Un cobot, gracias a la **inteligencia artificial** de la que dispone, es capaz de disminuir en gran medida las tareas de mantenimiento. Éste puede estar preparado para que

notifique cuándo el funcionamiento no es correcto, y así evitar grandes paradas de la maquinaria, aumentando la eficiencia del proceso.

- **Gestión de la calidad:** Su utilización aporta también beneficios en cuanto a la calidad de los productos. Introducir a cobots para realizar distintos procedimientos de manera automática asegura un mayor cumplimiento de la tarea de forma más exacta, evitando un gran número de errores.
- **Coordinación de procesos:** En cuanto a la coordinación de procesos, la robótica colaborativa es un gran avance. Disponer de robots capaces de **interactuar** entre ellos y con los seres humanos de forma rápida hace que el proceso esté altamente coordinado, sin ineficiencias o errores producidos por el intercambio de información entre varias fuentes.

4.7. Realidad virtual y realidad aumentada

La **realidad virtual y realidad aumentada** es uno de los grandes cambios que propone la Industria 4.0. Para los distintos retos supone:



Figura 19. Retos beneficiados por la Realidad Virtual y Realidad Aumentada. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Flexibilidad en la producción:** En relación con la flexibilidad de la que dispone el proceso productivo, la VR y AR suponen un gran avance. Gracias a la posibilidad de poder **simular** nuevos productos, nuevos procesos o poder controlarlos gracias a la superposición de elementos virtuales facilita la realización de modificaciones y así dota al proceso productivo de una mayor **flexibilidad**. Tener la capacidad de prever y comprobar la **funcionalidad** de los productos antes de tener que ser fabricados agiliza la gestión del proceso productivo, por lo que hace que estén más preparados y adaptados a los cambios del mercado.
- **Personalización en la producción:** Disponer de una gran personalización del proceso productivo se ve favorecido gracias a la VR y AR. Permiten comprobar la funcionalidad de distintas propuestas antes de tener que ser fabricadas, y con ello la posibilidad de poder realizar cambios a los productos existentes con la comprobación previa de esta simulación, y con ello la posibilidad de disponer de productos personalizados en función a las preferencias del mercado. La existencia de ellas permiten estar continuamente **adaptados** a las exigencias del mercado.

- **Concienciación de las mejoras en innovación:** Como ya se ha mencionado previamente, estar **concienciados** de que disponer de un proceso productivo digitalizado es la mejor forma de **avanzar** y conseguir aumentar la productividad de la industria. Pero para ello, el primer paso a conseguir es estar concienciados de ello, ya que las personas son las primeras que deben liderar este proceso. Con ella, el aprendizaje de las personas se puede realizar de una forma sencilla, gracias a la capacidad de poder superponer elementos virtuales a los reales, y así dotar de la capacidad de poder ver las innovaciones que se pueden llevar a cabo antes de ser realizadas. También suponen un gran avance en la **interacción** entre las personas y las máquinas de una forma más visual y comprensible.
- **Mantenimiento:** Otros de los retos a los que se enfrenta la VR y AR es al relacionado con el mantenimiento del proceso productivo. Como ya ha sido mencionado, poder **prever** posibles incidencias del sistema es uno de los objetivos a conseguir. Una de las ventajas de su utilización es la posibilidad de llevar al sistema productivo a **situaciones extremas**, y así, poder saber su funcionamiento si se da estos **momentos críticos**, previniendo paradas en el sistema y así disminuyendo las pérdidas que supone. También supone una gran mejora a la hora de afrontar incidencias ya ocurridas. Con la VR Y AR, los operarios encargados de subsanar las posibles incidencias pueden seguir el proceso de reparación de una forma **interactiva y visual**, pudiendo visualizar en la propia máquina virtualmente el procedimiento a seguir.
- **Gestión de la calidad:** Poder comprobar las características y funcionalidades de los productos antes de ser puestos en el mercado aumentaría la calidad de ellos. Esto se ve posibilitado gracias a la AR y VR. Gracias a la posibilidad de combinar los propios productos reales con elementos virtuales que lo lleven a situaciones en las que se puedan comprobar si **funcionan correctamente**, pone en evidencia posibles fallos que puedan contener, y así poder ser corregidos antes de ser puestos en manos del cliente. Si se puede comprobar esto en la mayor parte de los productos, la calidad de los productos que llegan al cliente sería mayor.
- **Logística:** La VR y la AR también suponen un gran beneficio en los que respecta a la logística. Dan la posibilidad de poder **gestionar el espacio** de almacenamiento de una forma más eficiente. Gracias a la AR es posible simular la disposición de los stocks existentes, y así poder encontrar la forma en la que ser colocados para poder optimizar el espacio.

4.8. Impresión 3D y fabricación aditiva.

La impresión 3D y fabricación aditiva son dos formas que cambian por completo el concepto de **producción tradicional** caracterizada por la fabricación en masa. Esto supone un gran avance respecto a los distintos retos a los que se enfrenta la gestión del proceso productivo:

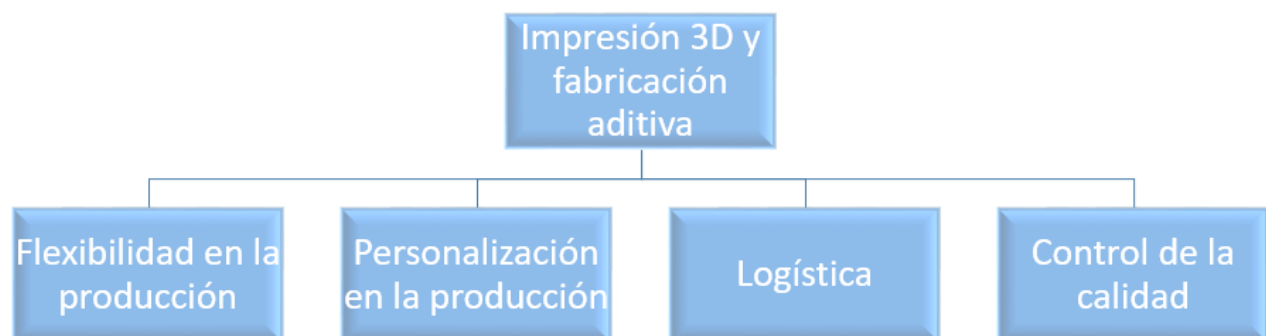


Figura 20. Retos beneficiados por la Impresión 3D y Fabricación Aditiva. Fuente: Elaboración propia, 2020

- **Personalización de la producción:** La impresión 3D y fabricación aditiva son los grandes avances que posibilitan en gran medida personalización de la producción. Se pueden llevar a cabo cambios en los productos a fabricar de forma sencilla, ya que los sistemas encargados proporcionan la posibilidad de ser modificados de una forma simple realizando productos con diversas características. Rompe también con las limitaciones en la **complejidad de la geometría**. Gracias a poder adaptarse a las distintos requerimientos y poder realizar geometrías complejas se llega a obtener productos con características altamente personalizadas.
- **Flexibilidad en la producción:** La flexibilidad del proceso productivo también se ve incrementada con la utilización de ellas. Como ya se ha mencionado, con esta nueva mentalidad, la producción en masa a la que se estaba acostumbrada se ve sustituida por la producción de **series cortas** altamente **personalizadas**. Gracias a la facilidad de adaptar los sistemas de fabricación a las necesidades y de ser capaz de producir series cortas con un alto rendimiento, dota al proceso productivo de una gran flexibilidad de la capacidad de estar adaptado a los posibles incidentes a los que tenga que hacer frente.
- **Logística.** La impresión 3D y fabricación aditiva trae beneficios en el ámbito de la logística. Estos beneficios se ven reflejados en el **espacio de almacenamiento** del que se dispone, disminuyendo la cantidad de **stocks necesarios**. Gracias a la rapidez y personalización que aporta, disminuye la necesidad de tener que almacenar grandes cantidades de producto para poder satisfacer las necesidades del cliente. Como ya se mencionó previamente, la producción en masa será sustituida por una más personalizada, y gracias a la impresión 3D y fabricación aditiva es posible disponer del producto rápidamente sin tener que ser almacenado.
- **Gestión de la calidad:** En el ámbito del control de la calidad la impresión 3D trae grandes beneficios. Dispone de sistemas capaces de **calibrar parámetros** y características, controlando así que la pieza resultante tenga las características previamente definidas con una mayor precisión. Gracias a ella también se ha simplificado en gran medida la creación de maquetas para el control y verificación de parámetros.

5 APLICACIONES REALES

5.1. Introducción

Ya expuesta toda la teoría relacionada con la **Industria 4.0** en el **proceso productivo**, desde los **retos** que éste presenta hasta las **soluciones** aportada por la Industria 4.0, es el momento de exponer algún ejemplo de empresas reales de la Industria española que han sabido adaptarse a los avances propuestos por la transformación digital en la Industria.

5.2. Seat

El caso real que se va a exponer corresponde con la empresa española de automóviles SEAT, siendo la única compañía que diseña, desarrolla, fabrica y comercializa automóviles en España. Fue fundada en 1950 por el INI, comenzando con su actividad industrial en la planta de la Zona Franca de Barcelona.

SEAT es un claro ejemplo de una empresa la cual dispone de un sistema de producción digitalizado. Ha sido el en el **II Congreso Industria Conectada 4.0**, celebrado en Madrid el 26/09/2018, donde expuso las claves que sigue SEAT en términos de la Industria 4.0.

A continuación, se expondrán las tecnologías adoptadas por SEAT que les hace introducirse de lleno en la Industria 4.0.

5.2.1. Funcionamiento del proceso productivo

El proceso productivo de SEAT está dividido en varias instalaciones, cada una con una función específica:

- **Fábrica de Martorell:** Introducir innovaciones en el proceso de producción, aumentar la **formación** del personal e incorporar la tecnología más moderna la han convertido en una de las fábricas más modernas de Europa. El proceso está formado por varias **fases**, de las cuales algunas funciones son realizadas completamente por robot proporcionando una mayor precisión. Durante el proceso, se realizan **mediciones online**, proporcionando una mayor exactitud de las tareas realizadas. Cabe destacar la utilización de herramientas que permiten la **visualización** de nuevos procesos antes de implantarlos, proporcionado por habilitadores digitales de la **Industria 4.0** como la Realidad Aumentada. La calidad de los productos se ve garantizada gracias a controles estandarizados antes de ser distribuidos. Todas estas tecnologías, aparte de introducir mejoras en la producción, favorecen en gran medida al medio ambiente, utilizando sistemas que reducen las emisiones de gases contaminantes, una de las bases de la Industria 4.0.



Figura 21. Fábrica de Martorell. Fuente: SEAT MEDIACENTER. <https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html> , 2020

- **Centro técnico:** Dedicado a actividades de Investigación y Desarrollo (I+D), actuando como impulsor del **desarrollo tecnológico**. El procedimiento de creación de nuevos vehículos viene realizado en varias fases. En la primera de ellas, basada en el planteamiento de elementos generales, la **realidad virtual y simulación** juegan un papel esencial para realizar multitud de pruebas. Con ellas se ven acortados los tiempos de desarrollo, reducidos los costes y aumentada la **calidad**. Acabada la primera fase, y la fase de desarrollo en la que es utilizada también la VR, son utilizados prototipos para poder ser probados y así comprobada la calidad de ellos.



Figura 22. Centro Técnico. Fuente: SEAT MEDIACENTER. <https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html> , 2020

- **Centro de prototipos de desarrollo:** La tarea principal en la que se basa es en la creación de nuevos **prototipos físicos y virtuales** con una mayor eficiencia y productividad, con el fin de conseguir nuevos lanzamientos en plazos más cortos y con mayor calidad. Una de las herramientas utilizadas es la llamada ‘Ergonomía Virtual Aplicada’, con la que se puede simular operaciones de montaje de manera virtual para así comprobar la fatiga de los operarios en las tareas diarias, poniendo no solo el foco en los avances tecnológicos.



Figura 23. Centro de prototipos de desarrollo. Fuente: SEAT MEDIACENTER. <https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html>

- **Design Center:** Es uno de los centros de diseño más moderno y funcionales del mundo. Utiliza las tecnologías más avanzadas en lo que respecta al diseño por ordenador, herramientas de **simulación** y cálculo y sistemas avanzados de **realidad virtual**. Con estos avances se permite la visualización simultánea de varias personas.



Figura 24. Design Center. Fuente: SEAT MEDIACENTER <https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html> , 2020

- **Centro de recambios originales:** Este se basa en un sistema de control informático, con el que se puede saber el **nivel de stock** disponible y realizar un seguimiento a tiempo real de los pedidos gracias a la conexión de los propios vehículos con el sistema. Con su utilización se consigue una gran coordinación.
- **Seat componenetes:** Esta instalación es la encargada de fabricar cajas de cambios, proceso muy especializado ya que la caja de cambio es uno de los elementos más complejos del automóvil. Es caracterizada por una la alta **calidad** del proceso productivo y del producto de la compañía.
- **Seat services:** Dotada con la última tecnología en **comunicaciones**, haciendo uso de un equipamiento sostenible. El cliente se ve beneficiado gracias al cuidado de su coche de la mejor forma, realizado por un personal altamente cualificado.



Figura 25. Seat Service. Fuente: SEAT. <https://www.seat-mediacenter.es/homepage.html> , 2020

Como se puede observar en los procesos realizados por las distintas instalaciones, hay una gran utilización de los habilitadores digitales impulsados por la Industria 4.0. Destacan:

La utilización de **VR Y AR** para distintos usos, como la simulación de procesos antes de ser implantados, para probar prototipos antes de ser creados y así comprobar la calidad de ellos o para el propio diseño de nuevos productos.

La utilización de **robots colaborativos** para desempeñar diversas funciones del proceso productivo. El uso del **IoT** para poder localizar los distintos pedidos realizados y así disponer de una red logística más eficiente.

También se e aprecia una división en instalaciones con diversas funcionalidades, pero con una alta **coordinación** gracias a la utilización de habilitadores digitales y centralización de la información. Esto proporciona una alta **flexibilidad** y una gran **capacidad** para poder **reaccionar** ante situaciones críticas como el **Covid**. A continuación, se expondrá como ha hecho frente SEAT a esta situación.

5.2.2. Respuesta frente al Covid

Como ya se ha podido apreciar, SEAT está altamente **preparada** ante situaciones críticas. Dispone de un proceso productivo **digitalizado**, en el que la Industria 4.0. está presente, dándole la capacidad de poder adaptar la maquinaria disponible a las funciones que sean requeridas.

Esto es lo que ha sucedido con la aparición de **Coronavirus**. En marzo de 2020 se declara en España

el estado de alerta a consecuencia de la crisis sanitaria producida por la aparición de una pandemia mundial de la enfermedad COVID-19. El COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que se ha descubierto más recientemente. Actualmente la COVID-19 es una pandemia que afecta a muchos países de todo el mundo.

Debido a la aparición de la pandemia, había la necesidad de fabricar respiradores ya que no había existencias de ellos, por lo que SEAT se dispuso a adaptar sus fábricas para la producción de ellos.



Figura 26. Respiradores Seat. Fuente: ABC https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-seat-paraliza-fabricacion-respiradores-descenso-pacientes-coronavirus-202004111241_noticia.html , 2020

Para llegar a la producción de ellos, han tenido que pasar por diversas fases, todas realizadas en tiempo Récord. Esto ha sido posible, a parte de los habilitadores digitales y digitalización de la que disponen de la **bajada de producción** que ha traído la pandemia, algo a lo que hay que hacer referencia. Con la aparición de ella, las industrias han sufrido una gran disminución de la demanda ya que el mundo estaba parado. Esto les ha traído la necesidad de reinventarse o parar de producir en todos los ámbitos.

En cuanto a los recursos de los que disponen, en primer lugar, hay que hacer referencia al interés y a la alta **formación** de los **empleados**, que han sido una parte clave para el éxito del proyecto. Disponer de **formación continua**, utilizando técnicas visuales como ya ha sido mencionado, dota a los propios empleados de una gran capacidad para poder adaptarse a distintas situaciones, dotando al proceso de mayor **flexibilidad**.

El producto que ha sido adaptado a la funcionalidad de respirador ha sido el motor de un parabrisas. Para llegar al producto final, han sido propuestos distintos **prototipos**, un total de 13. Para la fase de diseño de ellos, disponer de técnicas como la **realidad virtual**, facilita en gran medida este proceso, ya que pueden ser observados antes de ser creados físicamente. Ante situaciones donde el **tiempo** es clave, es imprescindible disponer de ésta técnica.

A parte de ser utilizada para el diseño, una vez diseñados los distintos prototipos, comprobar la **calidad** de ellos es esencial. Esto también se puede realizar de forma rápida gracias al uso de técnicas complejas como esterilización con luz ultravioleta y al uso de la **Realidad Aumentada**, pudiendo simular que están en funcionamiento y así llevarlos a situaciones críticas.

Para la fabricación del respirador, ha sido adaptada la sección que anteriormente era destinada a la fabricación del subchasis

La clave del respirador es el motor adaptado del limpiaparabrisas, aunque también se emplean otros elementos, como engranajes impresos por la propia SEAT o ejes de cajas de cambios.

5.3. ASTI Mobile Robotics

En Burgos se encuentra la fábrica de **robots autónomos** líder en Europa, según un 'ranking' de la Universidad de Leibniz, llamada ASTI Mobile Robotics. Esta empresa está dirigida por la Ingeniera

española Verónica Pascual Boé, ingeniería que en los últimos 15 años ha sido capaz de transformar la empresa familiar de sus padres en una **multinacional** en la que trabajan 240 trabajadores de los cuales el **80% son ingenieros**.

Esta Industria se encarga de fabricar Robots autónomos capaces de desempeñar labores relacionadas con diversos ámbitos, desde la alimentación hasta el automóvil.

Como se ha mencionado, se dedica a diferentes ámbitos, dentro de los que destacan:

- **Manufacturing:** Desarrolla robots capaces de transportar materias primas, WIP y productos terminados capaces de optimizar sus flujos, aportando flexibilidad y productividad al proceso, retos que fueron mencionados previamente.
- **Logística:** Desarrolla dispositivo capaz de optimizar el espacio disponible, decidiendo los tiempos de entregas y la disposición en almacén. Proporciona un transporte seguro de los productos, proporcionándolos en perfecto estado.



Figura 27: Robot para el ámbito de la Logística: Fuente: ASTI Mobile Robotics. <https://www.astimobilerobotics.com/>, 2020

Esto era así hasta que aconteció la llegada del **Coronavirus**, momento en el que la mayoría de sus clientes cerraron. En ese momento decidieron que con la tecnología que disponían podían ayudar en gran medida a la lucha contra el virus. Esto era posible gracias a la automatización y mejoras en innovación con las que contaban.

Definieron un producto junto con BOOS Technical Lighting y en tiempo récord consiguieron desarrollarlo. Estos robots eran capaces de desinfectar las habitaciones gracias a técnicas de luz ultravioleta, realizándolo en un tiempo reducido.

El robot realizado, llamado ZenZoe, es capaz gracias a la **inteligencia artificial** mapea toda la zona y garantiza que no habrá ningún hueco donde no llegue con esta luz ultravioleta para ser desinfectado. Hace también uso de otro habilitador digital de la Industria 4.0., permite **trazabilidad en la nube**, una gran ventaja para hospitales y otros centros.



Figura 28: ZenZoe. Fuente: El mercantil <http://elmercantil.com/2020/05/07/asti-mobile-robotics-lidera-el-desarrollo-de-un-robot-para-desinfectar-almacenes/> , 2020

Desde que fueron probados en residencias y en Ifema, han sido utilizados en un gran número de quirófanos Covid-19, siendo de gran utilidad.

En este caso se pueden poner en evidencia los beneficios que aportan introducir robots en la gestión del proceso productivo.

Con la utilización de robots se permite la realización de productos más **personalizados**, como se ha podido realizar en este ejemplo adaptándose a las necesidades del Covid-19. Gracias a estar totalmente adaptada y automatizada han podido fabricar un producto con una función distinta en tiempo récord.

Otra de las ventajas que se puede apreciar en este ejemplo es la disposición de cadenas de suministros con una mayor **autosuficiencia**. Con la llegada del virus, durante el estado de alarma decretado han desaparecido las compras físicas, pasando todas a ser compras online. Disponer de la capacidad de responder a este cambio en la demanda es uno de los grandes avances que permiten los habilitadores digitales, aportando una gran flexibilidad.

Otra de las ventajas que defiende la Ingeniera Verónica Pascual está relacionada con el **ser humano**. Se toma a los robots como una sustitución del trabajo realizado por las personas, pero esto no es así. Se ha comprobado que genera más trabajo y que además, libera a las personas de realizar tareas peligrosas que puedan poner en riesgo su vida.

6 CONCLUSIONES

Como se ha podido comprobar, disponer de una industria digitalizada es imprescindible para poder adaptarse de manera ágil y eficiente al mercado y poder responder ante los cambios a los que se enfrenta. De los anteriores apartados expuestos, desde la descripción de cada habilitador digital de la Industria 4.0, el análisis de los retos a los que se enfrenta el proceso productivo y para finalizar, la aplicación de estos habilitadores a los retos se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La **información** es la clave de todos los avances propuestos. Como se puede comprobar, en todas las soluciones y retos propuestos, disponer de información es el primer paso para que se puedan realizar otros cambios. Para poder avanzar, cambiar en lo que un proceso no es eficiente o poder aplicar los avances tecnológicos propuestos debe partir de información previa que ponga en evidencia la situación en la que se encuentra.
- La tecnología no llega para sustituir al **ser humano**, sino para realizar el trabajo más eficiente y complementar las tareas que éste realiza. Uno de los miedos que persigue al avance tecnológico es que sustituya al ser humano por las máquinas o robots, pero como se ha podido comprobar el ser humano tiene un papel imprescindible. Aunque algunas tareas automáticas sean sustituidas pasarán a realizar otras de una mayor implicación.
- Actualmente, la tecnología está avanzando a una **velocidad vertiginosa**, por lo que cada vez se dispone de dispositivos capaces de hacer actividades que antes eran impensables. Esto nos obliga a estar en un continuo proceso de cambio, adaptando las industrias a las nuevas realidades tecnológicas.
- Para disponer de sistemas productivos eficientes, a bajo coste y capaz de responder a cualquier circunstancia de forma rápida es imprescindible que el proceso esté **digitalizado**. A parte de que el análisis técnico ponga esto en evidencia, la exposición de situaciones reales que han sido capaces de adaptarse e introducir las soluciones tecnológicas hace que no quepa ninguna duda que es la mejor forma por la que avanzar.
- Con todo el análisis realizado, se puede concluir que la Industria 4.0 proporciona indudables beneficios en la gestión de la producir y contribuye de manera clara y efectiva a resolver los retos que se plantean.
 - Gestión integral del ciclo de vida del producto. Trazabilidad.
 - Flexibilidad en la producción
 - Personalización en la producción
 - Planificación
 - Información veraz y de forma instantánea
 - Logística
 - Concienciación de las mejoras en innovación
 - Mejora medioambiental (huella de carbono)
 - Mantenimiento
 - Gestión de la calidad
 - Coordinación de procesos
 - Centralización de la información
 - Interconectividad
 - Integración de los sistemas de gestión

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

- [1] R. M. García, «ICEMD,» 12 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.icemd.com/digital-knowledge/articulos/robotica-colaborativa-papel-tienen-las-personas/>. [Último acceso: 12 2019].
- [2] Gobierno de España. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, [En línea]. Available: <https://www.industriaconectada40.gob.es/difusion/Paginas/pildoras-formativas.aspx>. [Último acceso: 12 2019].
- [3] Mooc - Universidad Politécnica de Madrid, [En línea]. Available: <https://youtu.be/tTrLlKXISU0>. [Último acceso: 12 2019].
- [4] «Geinfor,» [En línea]. Available: <https://geinfor.com/blog/industria-40/>. [Último acceso: 12 2019].
- [5] «CIC,» [En línea]. Available: <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/>. [Último acceso: 12 2019].
- [6] «Blog/Industria 4.0,» [En línea]. Available: <https://industria4.es/formacion/habilitadores-digitales-herramientas-industria-4/>. [Último acceso: 12 2019].
- [7] «Hablemos de empresa,» [En línea]. Available: <https://hablemosdeempresas.com/grandes-empresas/iot-en-procesos-produccion/>. [Último acceso: 12 2019].
- [8] «TICNegocios,» [En línea]. Available: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/sistemas-ciberfisicos-la-respuesta-a-las-necesidades-de-la-sociedad-y-la-industria/>. [Último acceso: 12 2019].
- [9] «Salesforce,» [En línea]. Available: <https://www.salesforce.com/mx/cloud-computing/>. [Último acceso: 12 2019].
- [1] «PowerData,» [En línea]. Available: <https://www.powerdata.es/big-data>. [Último acceso: 12 0] 2019].
- [1] «Wikipedia,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>. [Último 1] acceso: 12 2019].
- [1] «Iberdrola,» [En línea]. Available: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-2>] artificial. [Último acceso: 12 2019].
- [1] «AER-Automation,» [En línea]. Available: <https://www.aer-automation.com/mercados-3>] emergentes/robotica-colaborativa/. [Último acceso: 12 2019].
- [1] «Universal-Robots,» [En línea]. Available: <https://www.universal-robots.com/es/cobots-robots-4>] colaborativos/. [Último acceso: 12 2019].

- [1] «Grupo Garatu,» [En línea]. Available: <https://grupogaratu.com/realidad-virtual-vr-realidad-5-aumentada-ar-las-empresas-industria-4-0/>. [Último acceso: 02 2020].
- [1] «Tic-Portal,» [En línea]. Available: <https://www.ticportal.es/temas/enterprise-resource-6-planning/que-es-sistema-erp/>. [Último acceso: 03 2020].
- [1] «Zona Logística,» [En línea]. Available: <https://zonalogistica.com/los-cinco-procesos-de-la-7-logistica/>. [Último acceso: 04 2020].
- [1] «IMF,» [En línea]. Available: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/logistica/logistica/internet-8-cosas-iot-aplicada-logistica/>. [Último acceso: 04 2020].
- [1] «Be-Smart,» [En línea]. Available: <https://be-smart.io/blog/el-internet-de-las-cosas-iot-para-9-optimizar-procesos-productivos/>. [Último acceso: 05 2020].
- [2] «Diario Motor,» [En línea]. Available: <https://www.diariomotor.com/noticia/seat-coronavirus/>. [Último acceso: 06 2020].
- [2] «SEAT,» [En línea]. Available: <https://www.seat-mediacycenter.es/homepage.html>. [Último acceso: 06 2020].
- [2] M. G. Aller, «Belt.es,» 13 06 2020. [En línea]. Available: <https://belt.es/la-ingeniera-espanola-2-detras-del-robot-anticovid-19-la-unica-salida-es-la-robotizacion/>. [Último acceso: 06 2020].
- [2] «Salesforce Ventas,» [En línea]. Available:
- [3] <https://www.salesforce.com/mx/blog/2018/7/Machine-Learning-y-Deep-Learning-aprende-las-diferencias.html#:~:text=Para%20entender%20las%20diferencias%2C%20puedes,que%20sustentan%20la%20inteligencia%20artificial.> [Último acceso: 02 07 2020].

GLOSARIO

IoT - Internet of things	22
MIT - Massachusetts Institute of Technology	25
CPS - Cyber Physical System	27
TIC - Tecnologías de la información y la comunicación	27
IA - Inteligencia Artificial	30
VR - Realidad Virtual	33
AR - Realidad Aumentada	33
ERP - Sistema de planificación de recursos empresariales	52
MES - Manufacturing Execution System	52
SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition	53
OEE - Efectividad total de los Equipos	54
RTU - Unidad Terminal Remota	57
PLM - Product Lifecycle Management	58
CAD - Computer Aided Design	58
CAE - Computer Aided Engineering	58
DMF - Digital Manufacturing	58
PDM - Precedence Diagram Method	58