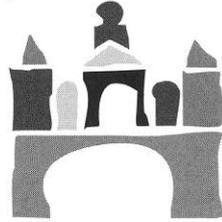


**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN
DE LA INDUSTRIA 4.0**

GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

AUTOR:

Mario Castrillo Sardón

TUTOR (ES):

Juan José Lavios Villahoz

JULIO DE 2019



GRADO EN INGENIERÍA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

“IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0”



<p>AUTORIZACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO</p>

D./D^a Juan José Lavios Villahoz, profesor/a del departamento de Ingeniería Civil, área de Organización de empresas.

EXPONE:

Que el alumno D./D^a Mario Castrillo Sardón, con DNI número 71957817-V, de la titulación Grado en Ingeniería de Organización Industrial, ha realizado el Trabajo Fin de Grado titulado “Implantación y evaluación de la Industria 4.0”.

y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección de quien suscribe, en virtud de lo cual, SE AUTORIZA su presentación y defensa

En Burgos, a 3 de Julio. de 2019

El tutor,

Fdo.:



RESUMEN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Título: Implantación y evaluación de la Industria 4.0

Autor: Mario Castrillo Sardón

Tutor: Juan José Lavios Villahoz

RESUMEN

El presente trabajo fin de grado trata sobre el estudio del nuevo escenario al que las organizaciones se están enfrentando y se enfrentarán en los próximos años, la Industria 4.0. El objetivo es la realización de un modelo de implantación y evaluación de Industria 4.0, para aportar conocimiento y nuevas ideas a las organizaciones y permitir autoevaluarse para conocer sus debilidades y saber hacia dónde deben dirigirse.

En la primera sección se presentan los orígenes históricos, la evolución y el concepto de Industria 4.0. Posteriormente se presentan las tecnologías que sustentan esta nueva revolución industrial, y que son la base y las herramientas de cambio de los nuevos modelos de negocio, producto y procesos.

En la siguiente sección, se aporta a las organizaciones el conocimiento necesario para implantar tecnologías de la Industria 4.0, aportando información sobre cómo es el nuevo Cliente 4.0, los Retos 4.0, la Cadena de suministro 4.0 y sobre cómo afectan los nuevos cambios a la Organización 4.0.

Posteriormente, se aporta una guía para implantar Industria 4.0 con el objetivo de poner a disposición de las organizaciones una herramienta para el desarrollo de sus propios modelos de negocio en el contexto de Industria 4.0. Aportando herramientas y procedimientos para el desarrollo de las fortalezas y competencias.

Por último, se aporta una guía de evaluación de Industria 4.0 para obtener el grado de implantación en la organización y conocer en qué punto se encuentra, analizando las debilidades y fortalezas, y conocer hacia dónde tiene que dirigirse la organización.



ABSTRACT

This final degree work deals with the study of the new stage that organizations are facing and will face in the following years, Industry 4.0. The objective is the realization of a model of implantation and evaluation of Industry 4.0, to contribute knowledge and new ideas to the organizations and to allow self-evaluation to know their weaknesses and to know where they should go.

The first section presents the historical origins, the evolution and the concept of Industry 4.0. Subsequently, the technologies that support this new industrial revolution are presented, and which are the basis and tools for changing the new business models, products and processes.

In the second section, organizations are provided with necessary knowledge to implement Industry 4.0 technologies, providing information about how the new Customer 4.0 is, the Challenges 4.0, the Supply Chain 4.0 and how the new changes can affect the Organization 4.0.

In the third section, a guide is provided to implement Industry 4.0 with the aim of making available to organizations a tool for the development of their own business models in the context of Industry 4.0. Providing tools and procedures for the development of strengths and competencies.

Last but not least, an Industry 4.0 evaluation guide is provided to calculate the degree of implantation in the organization, knowing how this is affecting the performance, analyzing the weaknesses and strengths in order to know which is the proper way the organization has to follow.



ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	7
ÍNDICE DE TABLAS	7
1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA	8
2. INDUSTRIA 4.0	11
2.1. Origen y evolución.	11
2.2. ¿Qué es?	12
2.3. Ventajas de la Industria 4.0	13
2.4. Inconvenientes de la Industria 4.0	14
2.5. Características de la sociedad 4.0.	14
3. TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0	16
3.1. Big data, el análisis de datos de múltiples fuentes	17
3.2. Visión por computadora o visión artificial	22
3.3. Robots industriales	23
3.4. Simulación.....	26
3.5. Integración de sistemas horizontal y vertical	26
3.6. Internet industrial de las cosas.....	27
3.7. Ciberseguridad.....	28
3.8. La computación en la nube (cloud computing)	30
3.9. Fabricación aditiva	30
3.10. Realidad virtual y realidad aumentada.....	32
3.11. Realidad mixta	34
4. LOS RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0	35
4.1. Los factores de competitividad de las empresas	36
4.2. La importancia de la innovación	36
4.3. La importancia de la globalización.....	41
4.4. La importancia de la productividad.....	43
5. ANÁLISIS DAFO DE LA INDUSTRIA 4.0	45
6. RECOMENDACIONES PREVIAS PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE INDUSTRIA 4.0	46
7. IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA 4.0.....	48
7.1. El cliente 4.0.....	49
7.2. Claves del éxito de nuestra estrategia.....	50
7.3. Retos 4.0.....	50



7.3.1.	Calidad	51
7.3.2.	Coste	52
7.3.3.	Agilidad	53
7.3.4.	Flexibilidad	54
7.3.5.	Valor	56
7.4.	La cadena de suministro 4.0	58
7.5.	Organizaciones 4.0	63
7.5.1.	Proveedores.....	63
7.5.2.	Clientes	64
7.5.3.	La organización.....	65
8.	GUIA PARA IMPLANTAR INDUSTRIA 4.0 EN PYMES.....	76
8.1.	¿Qué es necesario para su implantación?	77
8.2.	Manual de uso	77
8.3.	Caja de herramientas de Industria 4.0.	78
8.4.	Fases para la implantación	83
9.	GUIA DE EVALUACIÓN DE INDUSTRIA 4.0.	90
9.1.	Introducción a la guía	90
9.2.	Evaluación de los datos obtenidos.....	91
10.	CONCLUSIONES Y LINEAS DE FUTURO	93
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXO.....		96
- GUIA DE EVALUACIÓN DE INDUSTRIA 4.0.		1



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Evolución de la Industria 4.0	9
Ilustración 2: Industria Conectada 4.0	11
Ilustración 3: Tecnologías básicas de la Industria 4.0	16
Ilustración 4: Las 5 V's del Big Data	20
Ilustración 5: Requisitos de los clientes y sus implicaciones	57
Ilustración 6: Flujo de información en la Industria actual	59
Ilustración 7: Flujo de información en la Industria 4.0	62
Ilustración 8: Ejemplo Dashboard	67
Ilustración 9: Cambios más relevantes en la Organización 4.0	74
Ilustración 10: Fases para la implantación Fuente: Elaboración propia.....	83
Ilustración 11: Perfil externo de competencias basado en "Productos"	85
Ilustración 12: Perfil interno de competencias basado en "Productos"	87
Ilustración 13: Perfil interno de competencias basado en “Procesos”	88
Ilustración 15: Ejemplo de un gráfico radial para la evaluación por dimensiones. ...	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis DAFO de la Industria 4.0	45
Tabla 2: Caja de herramientas de Industria 4.0: Productos	80
Tabla 3: Caja de herramientas de Industria 4.0: Procesos	82
Tabla 4: Evaluación del Nivel de madurez de la Industria 4.0	91



1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

La palabra «revolución» indica un cambio abrupto y radical. Las revoluciones se han producido a lo largo de la historia creando nuevas tecnologías y formas novedosas de percibir el mundo, desencadenando un cambio profundo en los sistemas económicos y las estructuras sociales. Dado que la historia se utiliza como un marco de referencia, la brusquedad de estos cambios puede tardar años en desplegarse.

El primer cambio profundo en nuestra manera de vivir ocurrió hace alrededor de diez mil años y fue posible gracias a la domesticación de animales. La revolución agrícola combinó los esfuerzos de los animales con los de los seres humanos con vistas a la producción, el transporte y la comunicación. Poco a poco la producción de alimentos mejoró, estimulando el crecimiento de la población y facilitando asentamientos humanos más grandes. Esto condujo a la urbanización y el surgimiento de las ciudades.

La revolución agrícola fue seguida por una serie de revoluciones industriales que comenzaron en la segunda mitad del siglo XVIII. Estas marcaron la transición de la energía muscular a la mecánica y evolucionaron hasta lo que conocemos hoy, con la cuarta revolución industrial: un mayor poder cognitivo que aumenta la producción humana.

La primera revolución industrial abarcó desde aproximadamente 1760 hasta más o menos 1840. Desencadenada por la construcción del ferrocarril y la invención del motor de vapor, marcó el comienzo de la producción mecánica.

La segunda revolución industrial, entre finales del siglo XIX y principios del XX, hizo posible la producción en masa, fomentada por el advenimiento de la electricidad y la cadena de montaje.

La tercera revolución industrial se inició en la década de 1960. Generalmente se la conoce como la revolución digital o del ordenador, porque fue catalizada por el desarrollo de los semiconductores, la computación mediante servidores tipo «mainframe» (en los años sesenta), la informática personal (décadas de 1970 y 1980) e internet (década de 1990).



Actualmente estamos viviendo una cuarta revolución industrial, denominada Industria 4.0, en la que las Tecnologías de la Información y la Comunicación juegan un papel determinante. Se basa en la revolución digital y se caracteriza por un internet más ubicuo y móvil, por sensores más pequeños y potentes que son cada vez más baratos, y por la inteligencia artificial y el aprendizaje de la máquina.

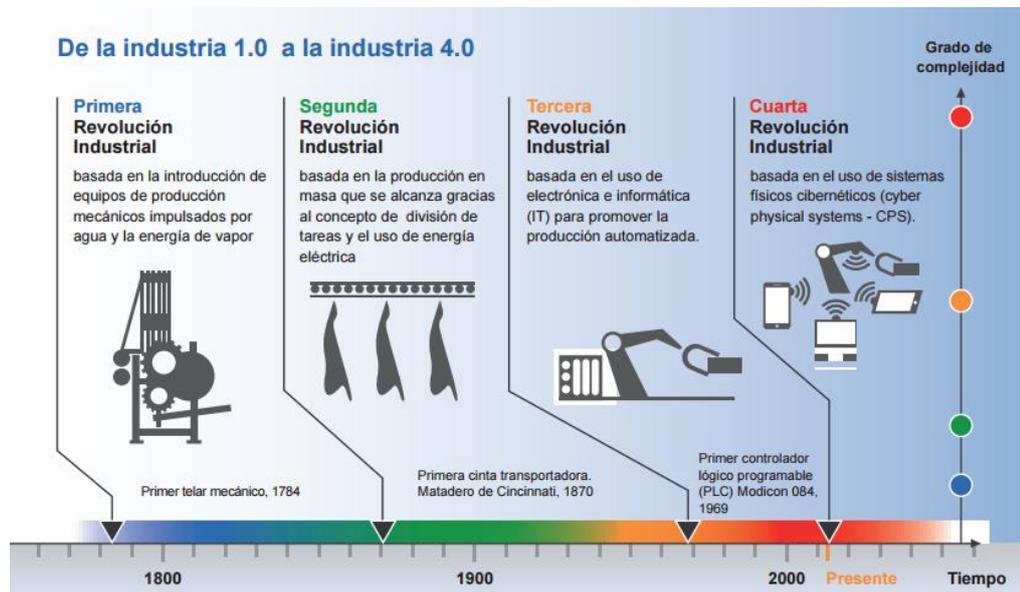


Ilustración 1: Evolución de la Industria 4.0

Fuente: (1)

En esta revolución, las tecnologías emergentes y la innovación de base extendida se están difundiendo mucho más rápido y más ampliamente que en las anteriores revoluciones, todavía en desarrollo en algunas partes del mundo.

La cuarta revolución industrial será en cada detalle tan poderosa, impactante e históricamente importante como las tres anteriores. Sin embargo, hay dos preocupaciones fundamentales acerca de los factores que podrían limitar el potencial de la cuarta revolución industrial para que sea eficaz y coherente. En primer lugar, los niveles necesarios de liderazgo y comprensión de los cambios en marcha, en todos los sectores, que a priori son bajos en comparación con la necesidad de rediseñar nuestros sistemas económicos, sociales y políticos para responder a la cuarta revolución industrial. En segundo lugar, el mundo carece de una narrativa consistente, positiva y



común que describa las oportunidades y los desafíos de la cuarta revolución industrial, una narrativa que es esencial si queremos empoderar a un conjunto diverso de individuos y comunidades, y evitar una violenta reacción popular contra los cambios fundamentales en curso. (2)



2. INDUSTRIA 4.0

2.1. Origen y evolución.

El concepto de Industria 4.0, tiene su origen en Alemania, concretamente en la Feria de Hannover de 2011. Este concepto fue acuñado por Henning Kagermann, presidente de la Academia alemana de Ciencia e Ingeniería (ACATECH). Lo definieron como “un medio para aumentar la competitividad de la industria manufacturera de Alemania a través de la creciente integración de los sistemas ciberfísicos (CPS, Cyber-Physical Systems) en los procesos de fabricación”.

CPS es un término genérico utilizado para representar la integración de las máquinas inteligentes, conectadas a Internet, y la mano de obra humana. Esta iniciativa se plasmó en una publicación en 2013 del informe Industria 4.0 Working Group, realizado por un gran número de profesionales de la industria, expertos en inteligencia artificial, economistas y profesores universitarios, impulsados por la ACATECH. El gobierno alemán aprobó con rapidez la idea y anunció que adoptaría una Estrategia de Alta Tecnología para preparar a la nación para esta nueva revolución industrial.

La iniciativa Industria 4.0 encontró un apoyo masivo en Alemania, pero también en otras partes del mundo. Los Estados Unidos siguieron pronto la iniciativa y estableció un consorcio industrial para fomentar el Internet of Things, en 2014, que fue liderado por gigantes de la industria como AT&T, IBM e Intel. En España, la comunidad autónoma de País Vasco fue la pionera en lanzar su iniciativa de Industria 4.0 y a continuación, el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo anunció en julio de 2015, en colaboración con empresas multinacionales españolas (Banco Santander, Telefónica e Indra), la iniciativa **Industria Conectada 4.0**, con ayuda presupuestaria dirigida a empresas que afrontasen la iniciativa.



Ilustración 2: Industria Conectada 4.0
Fuente: (14)



El objetivo final que pretende el término Industria 4.0 acuñado por el gobierno alemán, es describir la digitalización de sistemas y procesos industriales y su interconexión mediante el Internet de las Cosas, es decir, conseguir la transformación digital de la industria.

A pesar del esfuerzo de propagación, todavía hay muchas empresas que no saben bien qué hacer con ese nuevo paradigma industrial y como posicionarse. (3)

2.2. ¿Qué es?

La Industria 4.0 es la estrategia que define la digitalización, revolución de la producción y fabricación de manera que se integren las tecnologías más avanzadas para permitir flexibilizar la producción y reducir costes de fabricación.

La Industria 4.0, no sólo trata de una modificación tecnológica de los procesos, sino también, de un nuevo modelo de negocio, cuya base es la conectividad, con la que se consigue un seguimiento en tiempo real de la industria, tanto a nivel técnico como comercial y administrativo. Es un nuevo camino hacia la digitalización de los procesos y que nos llevará a un ecosistema digital interconectado, basándose en la conectividad de las cosas y las personas.

Estamos hablando de una conectividad total de la industria, creando lo que hemos llamado ecosistema digital interconectado, conexión de distintos tipos, apareciendo incluso nuevos términos; conectividad de máquinas con personas, las máquinas entre ellas (*M2M*), personas con personas, empresas con otras empresas (*B2B*), además de la empresa con los consumidores (*B2C*).

Este ecosistema digital se ha empezado a ver más claramente en sectores ligados al consumidor final, lo que hemos llamado B2C. Lo que conocemos como comercio online o e-commerce, a través incluso de las redes sociales.

Estamos acostumbrados a que una industria ya tenga en su posesión un sistema de control para sus procesos o robots para la realización de algunas tareas, pero esto va más allá, se quiere conseguir que ese sistema de control sea capaz de analizar el estado del proceso y dar directrices de cómo debemos operar para una mayor eficiencia y productividad o, por otro lado, que esos robots puedan ser autónomos, capaces de



cambiar su configuración para adaptarse al modo de operación. Todo esto, y es uno de los aspectos claves, procesamiento y análisis en tiempo real.

Las industrias deberán de seguir esta tendencia si quieren ser competitivas y para ello será necesario un periodo de adaptación y de toma de decisiones de nuevas medidas a implantar. El objetivo es obtener una conectividad, grandes cantidades de datos para analizar y herramientas que facilitan la agilidad de los procesos, con lo que conseguimos una mayor autonomía tratando de buscar una mayor productividad, eficiencia y competitividad. (4)

2.3. Ventajas de la Industria 4.0

La Industria 4.0 ofrece una gran cantidad de ventajas a las empresas:

- Se obtienen procesos más depurados, repetitivos y sin errores ni alteraciones. De esta forma se obtiene una producción ininterrumpida y disponible durante las 24 horas del día.
- Se optimizan los niveles de calidad. La automatización de procesos permite una mayor precisión en medidas, mezclas y pesos. También se evitan las interrupciones y tiempos muerto.
- Se obtiene un mayor ahorro de costes en consecuencia de una mayor eficiencia. Los procesos automatizados permiten el uso de menos personal, menos errores y mayor eficacia de materias primas, energética, etc.
- Los tiempos de producción se reducen drásticamente.
- Se consigue una mayor seguridad para el personal implicado en cada proceso.
- La producción es mucho más flexible.
- Gracias a las redes de comunicación, el flujo de datos es más eficiente, lo que permite reducir los tiempos de reacción y de toma de decisiones.
- La competitividad empresarial es más elevada y permite dar respuesta a las necesidades de los mercados con productos de mayor calidad, de forma más veloz y flexible a los cambios.
- Asegura un gran potencial para conectar a millones de personas por medio de las redes digitales.
- La gestión de los activos es más sostenible. (5)



2.4. Inconvenientes de la Industria 4.0

A pesar del gran número de ventajas que aporta, tiene ciertos inconvenientes:

- No todas las organizaciones se están adaptando a buen ritmo a los nuevos métodos. Actualmente, los cambios son cada vez más rápidos, por lo que muchas empresas corren el riesgo de quedarse desactualizadas en poco tiempo o incluso llegar a desaparecer debido a la gran competitividad empresarial.
- Los gobiernos y las legislaciones no siempre cambian y evolucionan a la misma velocidad que la industria y los avances tecnológicos.
- Los avances industriales a excesiva velocidad pueden permitir que crezcan las desigualdades y que exista cierta fragmentación social.
- El personal necesario en los nuevos procesos es más especializado y por lo tanto requieren de mayor remuneración. En ocasiones no es fácil de cubrir estos perfiles.
- El coste de la inversión es elevado, especialmente al principio, por lo que no todas las empresas pueden hacer frente a esta inversión. Pero hay que tener en cuenta que a medio y largo plazo se recupera la inversión.
- Tiene una enorme dependencia tecnológica que desarrolla necesidades específicas nuevas y deben ser identificadas y solucionadas lo antes posible.
- La tecnología sufre la obsolescencia. Es un factor muy importante a la hora de realizar el proyecto y calcular la amortización de la inversión. (5)

2.5. Características de la sociedad 4.0.

La sociología ha determinado que los principales atributos de la sociedad 4.0 son los siguientes:

Tecnificada

La sociedad actual tiene una fuerte dependencia de las tecnologías. Por ejemplo, un simple descalabro de unas pocas horas en la red de redes representaría una catástrofe mundial a escala económica.



Hipermedia

Múltiples canales proporcionan información que siempre está vinculada a otras informaciones conexas y propician accesos inmediatos a nuevas propuestas de informaciones. El texto plano ha sido sustituido por el hipertexto.

Informada

Los niveles de información recibida por múltiples canales son enormes. Tanto es así que ha surgido el inconveniente de que muchas personas no suelen contrastar la veracidad de las fuentes y son muy vulnerables a manipulaciones malintencionadas y, desgraciadamente, a las famosas noticias falsas (fake news). El usuario se ve obligado a confiar tan solo en las fuentes de calidad contrastada.

Rápida

La inmediatez ha pasado a ser considerada un valor primordial. Se trata de llegar antes que nadie, demasiado a menudo sin tiempo a reflexionar si vale la pena o no hacer el camino.

Relativa

Las modas y las últimas tendencias fijan los valores. Los valores humanísticos tradicionales están de capa caída.

Condicionada

La exposición pública casi instantánea cualquier actuación con repercusiones sociales condiciona la toma de decisiones de las personas que tienen presencia en los medios de comunicación o en las redes.

Superficial

Como consecuencia de la rapidez como valor, las personas no suelen profundizar suficientemente en los temas y se mueven por conclusiones sobre los hechos basados en simples frases contundentes leídas en la red. Por falta de tiempo para atender debidamente todas las informaciones que les llegan, acaban basándose en los titulares de las noticias sin bajar a leer el cuerpo de las noticias y, por supuesto, sin tomarse tiempo para reflexionar y digerir cada tema tal como deberían. (6)



3. TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0

Muchos de los avances tecnológicos que constituyen la base de la Industria 4.0 ya se utilizan en la fabricación actual, la denominada Industria 3.0, pero cuando se implante el nuevo paradigma 4.0 en su globalidad, se transformará drásticamente la producción, las celdas aisladas y poco optimizadas se convertirán en un flujo de producción totalmente integrado, automatizado y optimizado, y llevará la fábrica a una mayor eficiencia y productividad. Las interrelaciones tradicionales entre proveedores, productores y clientes experimentarán cambios importantes, así como las relaciones entre humanos y máquinas.

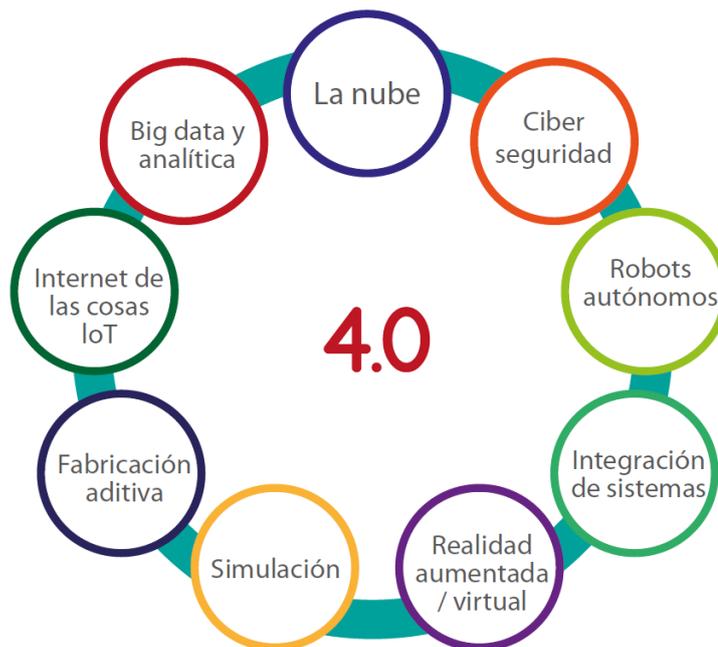


Ilustración 3: Tecnologías básicas de la Industria 4.0

Fuente: (7)



3.1. Big data, el análisis de datos de múltiples fuentes

La sociedad digitalizada nos proporciona almacenes automáticos de una enorme variedad de datos en formatos procesables en tiempo real: tendencias de mercado a considerar por los equipos de diseño, datos de los clientes a considerar por el marketing digital, resultados de los pedidos realizados para optimizar las compras de materiales y piezas a proveedores, datos de control de los procesos productivos a considerar por el control de calidad y la reducción de costos, la optimización de la energía y de los materiales, etc.

Se denomina Big Data al gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados, que están disponibles en internet y que pueden dar información útil a los intereses de las diferentes organizaciones. Dado el uso masivo y creciente de internet, son cantidades ingentes de datos, pero no nos interesa la cantidad, sino la calidad de la información que, con analíticas adecuadas, podemos extraer para tomar decisiones estratégicas.

Los analistas establecen que tiene sentido hablar de Big Data cuando el volumen de datos sobrepasa los 30 terabytes. Cada empresa, cada organización, necesita hacerse su Big Data particular, ceñido a sus necesidades.

Un Big Data es un conjunto de datos o combinaciones de conjuntos de datos de tamaño (volumen), complejidad (variabilidad) y velocidad de crecimiento de tal magnitud que resulta muy difícil poder efectuar en el tiempo de respuesta conveniente la captura, gestión, procesamiento y análisis necesarios mediante las tecnologías y herramientas convencionales. Las bases de datos relacionales, los paquetes de estadística y los softwares o programas de visualización estándares no son de mucha utilidad para este fin. Se hace imprescindible recurrir a softwares especializados (Hadoop) o empresas especializadas en dar estos servicios.

La naturaleza compleja del procesamiento de un Big Data se debe principalmente a la naturaleza no estructurada de gran parte de los datos generados por las tecnologías modernas, como los weblogs, la identificación por radiofrecuencia (RFID), los sensores incorporados en dispositivos, la maquinaria, los vehículos, los datos generados por el internet de las cosas (IoT), las búsquedas efectuadas en internet, las



redes sociales, los ordenadores portátiles, teléfonos inteligentes y otros dispositivos móviles, dispositivos GPS y registros de centros de llamadas, etc. Todos estos datos nos ofrecen información que contribuyen a conocer las tendencias del mercado y saber si nuestros productos o servicios están funcionando bien o, por el contrario, están teniendo problemas.

La utilización eficaz del Big Data consiste en combinar los datos relevantes que contiene con los datos estructurados internos de la empresa de una aplicación comercial más convencional, como puede ser un ERP (Enterprise resource planning) o un CRM (customer relationship management). Lo que hace que el Big Data sea tan útil para muchas empresas es el hecho de que puede proporcionar respuestas a muchas preguntas que las empresas ni siquiera sabían que tenían. Es decir, proporciona puntos de referencia para tomar decisiones estratégicas mejor fundamentadas.

La recopilación de grandes cantidades de datos y la búsqueda de tendencias dentro de los datos permiten que las empresas se muevan mucho más rápidamente para innovar productos y servicios y ajustarlos a la demanda del mercado. También les permite eliminar las áreas problemáticas antes de que la insatisfacción de los clientes acabe con sus beneficios o reputación. Por ejemplo:

-Tráfico en la web de la empresa: los usuarios dejan una gran cantidad de información cuando visitan la página web. Se puede recoger datos como el origen de las visitas, los horarios de acceso, las secciones más visitadas o los productos que más llaman la atención. La recopilación de estos datos ofrece una visión estadística objetiva sobre los intereses y el comportamiento de la clientela.

-Previsiones financieras: poder detectar las tendencias económicas a escala mundial y local, las previsiones de la empresa y de sus sectores, el estado financiero de los países es, sin duda, una fuente valiosa de datos que la empresa puede tener en cuenta para optimizar su planificación.

-Publicidad: Se pueden obtener datos sobre la conversión de anuncios digitales en compras efectivas, el número de clics y de éxito en los procesos de compra en línea. Con esta información se conoce el comportamiento de la clientela y se puede mejorar la interrelación.



-Redes sociales: las opiniones que los usuarios dejan en las redes sociales permiten realizar análisis sobre la imagen y el nivel de fidelización de los clientes con la marca y con qué tipo de contenidos son más receptivos.

Todo este volumen de información debe ser refinado y en ese punto es cuando entra en juego el Smart Data. El Smart Data transforma el Big Data en conocimiento útil para el desarrollo de nuestro negocio. Los datos proporcionados por el Big Data se analizan para convertirlos en modelos predictivos e integrar mejor las diferentes etapas de la cadena. El Smart Data ayuda a las organizaciones a aprovechar los datos que dispone y utilizarlos para identificar nuevas oportunidades y propiciar movimientos de negocios más inteligentes, operaciones más eficientes, mayores ganancias y clientes satisfechos.

La calidad de los datos de Big Data es clave no solo para obtener ventajas competitivas, sino también para impedir caer en graves errores estratégicos y operacionales basados en datos erróneos, con consecuencias que podrían llegar a ser muy graves.

La problemática de la calidad de la información extraída del Big Data se expresa con la regla de las cinco V: volumen, velocidad, variedad, veracidad y valor.

-Volumen: Debido al enorme volumen, es difícil recolectar, limpiar, integrar y obtener datos de alta calidad de forma rápida.

-Velocidad: Se necesita mucho tiempo para transformar los formatos no estructurados en formatos estructurados y procesar los datos que contienen. Esto obliga a disponer de gran capacidad de computación.

-Variedad: La creciente generación de datos en internet aumenta la enorme variedad de datos no estructurados y la dificultad de su procesamiento en tiempo real.

-Veracidad: Debido a que los datos cambian continuamente, hay que contemplar que su obsolescencia puede ser muy rápida y su validez muy corta. Para solucionarlo se necesita un poder de procesamiento muy alto. Por otro lado, cada vez son más frecuentes en internet los datos falsos, intencionados o mal informados, que hay que filtrar convenientemente.

-Valor: La clave del éxito de un Big Data es saber discriminar cuáles son los datos que tendrán auténtico valor para basar las decisiones estratégicas de la empresa en las diferentes áreas de diseño, producción, comercialización, logística y servicio posventa.



Para una correcta explotación de un Big Data, hay que asegurarse de que los datos estén autorizados, bien organizados y con los permisos selectivos necesarios de las personas usuarias, que tengan el menor número posible de errores y que, al mismo tiempo, permitan garantizar la privacidad y la seguridad.



Ilustración 4: Las 5 V's del Big Data Fuente: Elaboración propia

Aplicaciones del Big Data

-Diseño de productos y servicios

El uso de contenidos de las redes sociales y los portales especializados permite comprender más rápidamente las opiniones de los clientes y mejorar los productos, los servicios y la interacción con el mercado.



-Empresas manufactureras

Se pueden desplegar sensores RFID (radio frequency identification) en los productos para recibir datos de telemetría. A veces esto se utiliza para ofrecer servicios de comunicaciones, seguridad y trazabilidad. Esta telemetría nos puede relevar patrones de uso, tasas de fracaso y otras oportunidades de mejora de productos que pueden reducir costos de desarrollo, producción y montaje.

-Atención al cliente

El uso de la voluminosa información histórica de un centro de atención al cliente permite mejorar de forma rápida la interacción con la clientela y aumentar su satisfacción.

-Publicidad

La proliferación de teléfonos inteligentes y otros dispositivos GPS ofrece a los anunciantes la oportunidad de dirigirse a los consumidores cuando están cerca de un establecimiento donde puede encontrar sus productos o servicios. Esto abre nuevos ingresos para los proveedores de servicios de publicidad y ofrece a muchas empresas la oportunidad de conseguir nuevos clientes.

-Sanidad

Los registros de pacientes, planes de salud, información de seguros y otros tipos de información pueden proporcionar diagnósticos u opciones de tratamiento de forma casi inmediata.

-Informática

El uso de registros de logs de los servicios informáticos permite mejorar la resolución de problemas de las TIC, así como la detección de infracciones de seguridad, y aumentar la velocidad, eficacia y prevención de sucesos futuros.

-Transacciones financieras

Detección y prevención de fraudes en cualquier industria que procese transacciones financieras en línea, tales como compras, actividades bancarias, inversiones, seguros y atención médica.



3.2. Visión por computadora o visión artificial

La visión por computadora o la visión artificial es conjunto de herramientas y métodos que permiten obtener, procesar y analizar imágenes del mundo físico con la finalidad de que puedan ser tratadas por un procesador y poder automatizar una amplia gama de tareas, aportando a las maquinas la información que necesitan para la toma de decisiones correctas en cada una de las tareas que les han sido asignadas.

Al aplicar la inteligencia artificial se puede lograr visión artificial con aprendizaje automático. Una de las ventajas que se obtienen del aprendizaje automático es poder llevar a cabo la distinción de los patrones buscados de forma automática mediante el uso de algoritmos matemáticos.

Es una técnica que se usa para la clasificación de las imágenes de cara a la toma de decisiones y, a grandes rasgos, se pueden dividir en dos tipos principales: la visión por computadora supervisada y la automática y autónoma.

Aplicaciones de la visión artificial

-Detección de objetos

Cuando el ordenador recibe la información visual, puede relacionarla con los patrones aprendidos con anterioridad y, de esta forma, identificar el objeto y diferenciarlo.

-Análisis de video

Al tener la capacidad de identificar cada uno de los objetos, se puede utilizar la visión por computadora para la identificación de patrones concretos y búsqueda de estos dentro de un video. Una aplicación especialmente útil es en estrategias de seguridad y control

-Control de calidad

Mediante el contraste entre la visión captada y el patrón ideal, se puede automatizar la detección de piezas errónea en el suministro o con defectos de fabricación. De aplicación en cualquier tipo de industria: automoción, alimentaria, electrónica, construcción, manufactura, etc.



-Envases y embalajes

Inspeccionar si existen las etiquetas y marcadores necesarios para la correcta expedición de los paquetes.

-Inventario de almacenes

Recuento de existencias de un producto mediante la identificación visual del mismo en sus ubicaciones dentro del almacén.

3.3. Robots industriales

La Industria 4.0 prescindirá cada vez más de la mano de obra humana, que irá siendo sustituida por máquinas controladas por otras máquinas, cada vez más autosuficientes. De modo que, por primera vez en la historia, los humanos podrán liberarse totalmente del trabajo manual y ser sustituido por robots en tareas industriales. En robot, es simplemente una máquina provista de fuerza y de sensores que, debidamente programada, puede realizar muchas de las tareas que hasta el presente han realizado operarios humanos. Liberar a los humanos de trabajos pesados y rutinarios nos permitirá dedicarnos a tareas de carácter creativo e intelectual más elevado.

Los robots están actualmente en una evolución acelerada, solo frenada por dos grandes barreras: la complejidad propia de los problemas a resolver en su construcción y las grandes alteraciones sociales que produciría una implantación demasiado rápida de la futura robótica industrial.

Un robot industrial de manipulación es una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento.

Los robots industriales se pueden clasificar en generaciones. La primera generación de robots son los brazos manipuladores, que repiten secuencialmente la tarea programada y no tienen en cuenta las posibles alteraciones de su entorno. Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos de tres posibles maneras: manual (cuando el operario



controla directamente la tarea del manipulador), con secuencia fija (cuando se repite, de manera invariable, el proceso de trabajo programado previamente) y con secuencia variables (cuando se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo).

Los robots de segunda generación adquieren información limitada de su entorno y actúan en consecuencia. Pueden localizar un punto concreto del espacio, clasificar las piezas (con visión artificial) y detectar los esfuerzos a ejecutar para adaptar sus movimientos en consecuencia. Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un procesador, que habitualmente suele ser un microprocesador. En este tipo de robots, el programador no necesita mover físicamente el elemento de la máquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por ordenador dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del ordenador, no el brazo. A esta programación se la denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador.

La tercera generación la forman los robots inteligentes, que se programan mediante el uso de un lenguaje natural y poseen la capacidad de autoprogramarse y adaptarse en tiempo real a entornos cambiantes para la planificación automática de sus tareas. La visión artificial, el reconocimiento de la voz, los sensores táctiles y la inteligencia artificial son los campos que más se están estudiando para su aplicación en los robots inteligentes.

Una variante de la tercera generación son los “robots colaborativos”. Antes, los robots se encerraban en celdas de fabricación con ningún, o apenas algún, contacto con los humanos, interactuando entre ellos. En cambio, los robots colaborativos controlan la seguridad del contacto físico, especialmente con los humanos. Esto se debe a que tienen formas redondeadas para evitar daños en los posibles golpes y poseen de sensibilidad ante el contacto con otros objetos. Esta característica permite trabajar con los humanos, gracias a los sensores de control de esfuerzo en cada uno de los ejes. Son adecuados para trabajar en líneas de montaje junto a posibles operarios, minimizando la inversión en costosos sistemas como vallas o sistemas de detección de seguridad. Los robots colaborativos son una buena solución para las pymes para trabajos muy repetitivos, en los que está previsto combinar operaciones manuales con la manipulación robótica, porque son equipos fáciles de programar por personal no



cualificado, sin conocimientos profundos en programación, y porque ahorran inversiones en complejos sistemas de seguridad.

Los robots serán cada vez más autónomos porque estarán dotados de inteligencia artificial y podrán hacer frente a tareas más complejas que impliquen eventuales tomas de decisiones que actualmente están en manos exclusivas de humanos. Interactuarán con otros robots y con humanos, estableciendo trabajo colaborativo con ellos y con capacidad de aprendizaje por las experiencias. Estos robots estarán interconectados para que puedan trabajar juntos y ajustar automáticamente sus acciones para adaptarse al siguiente producto inacabado en línea. Los sensores de alta gama y las unidades de control con inteligencias artificial permitirán esta estrecha colaboración y la adaptabilidad a incidencias y circunstancias cambiantes. Serán más flexibles, disminuirán los costos e irán adquiriendo nuevas capacidades impensables hoy en día.

En la industria del automóvil, por ejemplo, los robots cooperativos y autónomos permitirán fabricar pequeños lotes gracias a una mayor versatilidad en la soldadura, el sellado de costura y el montaje. Para concretar detalles: los dispositivos de fijación que se utilizan actualmente en el proceso de soldadura se desarrollarán mediante robots industriales adaptativos que podrán sujetar y girar cada pieza de acuerdo con los requisitos individuales de cada material y cada tipo de soldadura.

Como resultado, las empresas podrán producir múltiples modelos de coches con diferentes estilos y diseños utilizando una línea de producción flexible. La ingeniería de productos y plantas se puede ampliar a varios ciclos y modelos de vida de producto. En el futuro, el proceso de fabricación de automóviles será supervisado por sistemas automáticos de control de los puestos de trabajo que utilizarán la integración de datos para modificar el proceso de fabricación automáticamente. Los sistemas de pedidos múltiples pasarán a ser obsoletos. Los proveedores de componentes de coche ajustarán automáticamente sus procesos sobre la base de nuevos pedidos de la fábrica de automóviles, maximizando la logística justo a tiempo. La robotización con inteligencia artificial reducirá los costos de la logística y de las operaciones. Durante el proceso de producción de un modelo de coche concreto, se tendrá su modelo virtual, creado en fase de ingeniería y que integrará todos los datos relevantes, y que se irá actualizando constantemente con los datos de rendimiento y de partes intercambiadas. Con este modelo virtual, a veces llamado “gemelo digital”, los productos pueden mejorar el



servicio postventa, ofrecer una gama de nuevos servicios y generar ideas que se puedan utilizar para optimizar el diseño de los futuros coches.

Para mejorar la colaboración entre robots y humanos, cada parte que se produzca recibirá un código de identificación diferente o, incluso, la incrustación de un pequeño microprocesador a partir del cual los robots autónomos recuperarán información que dicte los pasos de producción siguientes. Por ejemplo, si el robot recibe la directiva de hacer un agujero en una determinada ubicación, seleccionará la herramienta adecuada y determinará como cumplir esta tarea de manera más eficiente, en lugar de obtener instrucciones precisas para mover los diferentes segmentos del brazo robótico. Para conseguir cuál sería su directiva más objetiva, podría interactuar con otros robots para coordinar sus respectivos movimientos de brazos para maximizar la producción global. También podría trabajar combinándose con decisiones humanas.

Esta cooperación reforzada entre máquinas y humanos permitirá a los fabricantes de componentes producir varios tipos de componentes de una línea de producción en tamaños de lote más pequeños, cuando sea beneficioso. La calidad del producto mejorará a través de la reducción del trabajo manual y el aumento del uso de datos en tiempo real para detectar errores.

3.4. Simulación

Desde hace muchos años, se utiliza la simulación en 3d para diseñar productos (CAD) y para asistir a la ingeniería de la producción (CAM). La novedad en el modelo Industria 4.0 radica en la utilización de simulaciones en tiempo real de operaciones de planta. A partir de datos capturados en tiempo real, se refleja el mundo físico en un modelo virtual y se simula el proceso siguiente para ajustarlo y optimizar los parámetros que lo condicionan. Estos datos, que se obtienen en milésimas de segundo, son traspassados del mundo virtual al físico, lo que permite reducir los tiempos de configuración de las máquinas y aumentar la calidad.

3.5. Integración de sistemas horizontal y vertical

La mayoría de los sistemas informáticos actuales no está totalmente integrados. Las empresas, sus proveedores y sus clientes rara vez están estrechamente relacionados en una verdadera integración digital. A menudo, ni los mismos departamentos de la



empresas tienen bastante bien unificados sus sistemas de datos compartidos tal como convendría: el objetivo del modelo industria 3.0 de tener un sistema integral de gestión (ERP) rara vez ha sido un verdadero logro en muchas empresas.

En el modelo de Industria 4.0, tanto las diferentes empresas que participan en el ciclo total de vida del producto, como los departamentos internos y las funciones de los diferentes procesos, estarán plenamente cohesionadas compartiendo los datos esenciales para optimizar cada etapa de la cadena de valor mediante procesos inteligentes alojados en la nube (cloud computing) con capacidad de tomar decisiones gobernadas por inteligencia artificial.

3.6. Internet industrial de las cosas

Actualmente, solo algunos de los sensores y máquinas de los procesos de producción están conectados en red y hacen uso de la información integrada. Normalmente, se organizan en una pirámide de automatización vertical en el que los sensores y los dispositivos de campo con control limitado de inteligencia y automatización se introducen en un sistema de control global de los procesos de fabricación.

Pero con el internet industrial de las cosas (IIoT), se añade la posibilidad de descentralizar partes del control de los procesos, de interconectar mediante tecnologías estándar muchos más dispositivos y productos de forma que se enriquezca la informática integrada. Esto permite que los dispositivos de campo se comuniquen e interactúen entre ellos y con más controladores descentralizados, según sea necesario. Descentralizar el análisis y la toma de decisiones permite tener mejores respuestas en tiempo real.

Los productos se identifican mediante códigos de identificación de radiofrecuencia (RFID) y las estaciones de trabajo conocen qué pasos de fabricación se deben realizar para cada producto y se pueden adaptar para realizar la operación específica. Y, evidentemente, que estas acciones estén gobernadas por inteligencia artificial es el paso último por alcanzar.



3.7. Ciberseguridad

Con el aumento de la conectividad y el uso de protocolos de comunicaciones estándar apoyados por la Industria 4.0, la necesidad de proteger los sistemas industriales críticos y las líneas de fabricación de las amenazas de seguridad cibernética aumenta de manera espectacular. Como resultado, las comunicaciones seguras y fiables, así como la identidad protegida y la gestión de acceso de máquinas y usuarios son esenciales.

Se denomina ciberseguridad al conjunto de tecnologías, procesos y prácticas diseñadas para proteger las redes informáticas, los ordenadores, los programas y los datos, de los ataques, daños o accesos no autorizados.

Los posibles ataques a la integridad de un sistema informático son muy diversos: robo de información, destrucción de información, modificación maliciosa de datos, perjudicar, bloquear o anular el funcionamiento del sistema, suplantación de identidades, transacciones fraudulentas, etc.

Al concepto global de seguridad hay que añadir la protección contra catástrofes naturales y causas físicas: incendios, inundaciones, terremotos, rayos, cortes de suministro eléctrico, averías electrónicas, fallos en la conectividad, terrorismo, errores humanos, errores de programa, etc.

La principal problemática de la seguridad cibernética es la naturaleza rápida y en constante evolución de los riesgos generados por atacantes profesionales. Las amenazas avanzan más rápidamente de los que pueden seguir los expertos en seguridad. Las amenazas cambian más rápidamente que la idea de que solemos tener del riesgo. No es posible escribir un manual de cómo prevenir el riesgo de ningún sistema en particular porque sería un manual que habría que reescribir constantemente.

Ya no sirve el enfoque tradicional de centrar la mayor parte de los recursos en los componentes del sistema más importantes y protegerse contra las amenazas más conocidas, ya no es prudente dejar de tener en cuenta algunos componentes del sistema por ser menos importantes, porque actualmente también tienen riesgos muy peligrosos.



Sobre la base del origen del ataque, las amenazas se pueden clasificar en dos clases:

-Amenazas externas:

Al no tener información precisa de la red, un atacante externo debe realizar ciertos pasos para poder conocer cómo está organizada y buscar la manera de atacarla. La ventaja que tiene en este caso el administrador de la red es que puede prevenir una buena parte de los ataques externos.

El método más habitual de ataques externos son los programas maliciosos (malware): programas destinados a perjudicar, obtener datos protegidos o hacer un uso ilícito de los recursos del sistema. Se instalan en el ordenador cuando un usuario abre un correo, accede a una web infectada o pulsa sobre un archivo adjunto. Abren una puerta a los intrusos o bien acceden directamente a los datos o perjudican el funcionamiento del sistema. Entre las diferentes variantes tenemos los virus informáticos, los gusanos informáticos, los troyanos, las bobas lógicas y los programas espía, entre otros.

-Amenazas internas:

Pueden ser más perjudiciales que las externas, por varias razones. Si el atacante es personal técnico interno, tiene la ventaja de que conoce la red, su funcionamiento, la ubicación de la información y los datos de interés.

Los usuarios con privilegios de acceso son siempre puntos de vulnerabilidad de ataques fraudulentos con abuso de confianza. Hay que evitar los permisos sobredimensionados y restringir el derecho a acciones innecesarias. Los atacantes habituales suelen ser técnicos de sistemas, administradores de bases de datos, técnicos de desarrollo, etc. Los motivos que los suelen impulsar son desde disputas internas, problemas laborales, venganzas por despidos, hasta motivos lucrativos, por espionaje industrial, etc. Los sistemas de prevención de intrusos (IPS) y los cortafuegos son mecanismos muy poco efectivos en amenazas internas por no estar orientados al tráfico interno. Otros puntos de vulnerabilidad a controlar porque permiten acceder directamente a la red son rosetas accesibles, redes inalámbricas desprotegidas, equipos sin contraseñas, etc.

Cada empresa debe elaborar su propio plan de ciberseguridad. Con recursos internos o recabando los servicios de consultoras especializadas.

Muchas empresas tienen sistemas informáticos basados en servidores propios con protecciones contra los ataques cibernéticos, gestionados por personal especialista en plantilla. Muchas otras, especialmente las pymes, confían preferentemente en las



aplicaciones en la nube por su menor costo, menor tiempo de implantación y reducción drástica de las inversiones en infraestructura y personal informático de plantilla.

Es necesario elaborar reglas y procedimientos para cada servicio de la organización, definir las acciones a emprender y elegir las personas a contactar en caso de detectar una posible intrusión, y sensibilizar a los operadores con los problemas relacionados con la seguridad de los sistemas informáticos.

Los derechos de acceso de los operadores deben ser definidos por los responsables jerárquicos y no por los administradores informáticos. Es imprescindible que los recursos y derechos de acceso sean coherentes con la política de seguridad definida. Además, como el administrador suele ser el único en conocer perfectamente el sistema, debe derivar a la dirección de la empresa cualquier problema e información relevante sobre la seguridad, y eventualmente aconsejar estrategias a poner en marcha, así como ser el punto de entrada de la comunicación a los trabajadores sobre problemas y recomendaciones en termino de seguridad informática.

La ciberseguridad necesaria exige que unan fuerzas los proveedores de equipamientos industriales con las empresas especializadas en ciberseguridad y establezcan asociaciones de trabajo conjunto.

3.8. La computación en la nube (cloud computing)

Las aplicaciones basadas en la nube son un recurso casi obligado a la hora de hacer efectivo el modelo de Industria 4.0. la necesidad de interconectar todas las empresas que participan en la cadena de valor para obtener la necesaria congruencia de las informaciones que condicionan las interfaces de las relaciones, inclina la balanza hacia el uso de las aplicaciones comunes en la nube, con las necesarias medidas de ciberseguridad.

Muchas de las empresas que actualmente están ofreciendo servicios auxiliares de producción están montando sus servicios de control y calidad en la nube.

3.9. Fabricación aditiva

En 1990 se comercializó por primera vez el modelado por deposición fundida (MDF) como un proceso de fabricación utilizado para la modelización rápida de prototipos y



la producción a pequeña escala. El modelado por deposición fundida utiliza una técnica aditiva, depositando el material en capas, para conformar la pieza.

Un filamento plástico o metálico se almacena en rollos que son introducidos en un filtro. El filtro se encuentra por encima de la temperatura de fusión del material y puede desplazarse en tres ejes controlados electrónicamente. La boquilla que extrusiona el material suele estar movida por motores a pasos o servomotores. La pieza es construida con hilos muy finos del material que solidifican inmediatamente después de salir de la boquilla.

De aquella primera invención han derivado diferentes sistemas de fabricación aditiva, entre los que destaca de manera preeminente la impresión 3D. la conexión a un sistema informático de CAD de un aparato capaz de realizar extrusión de plástico por modelado por deposición fundida da salida a una larga profusión de variantes en el terreno de la impresión 3D.

Hay una gran diversidad de tecnologías disponibles en impresoras 3D. las principales diferencias se encuentran en la forma en que se añadieron las diferentes capas para crear las piezas. Algunos métodos usan material fundido o ablandan el material para producir las capas.

Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes, por ello algunas compañías fabricantes de impresoras 3D ofrecen la posibilidad de elegir entre polvo p polímero como material de fabricación de la pieza según sean los intereses del cliente.

Generalmente las consideraciones principales para elegir una impresora 3D son: la velocidad, el costo del prototipo impreso, el costo de la impresora 3D, la gama posible y os costos de los materiales, así como la capacidad para elegir el color. También habrá que tener en cuenta, por presupuesto, la tolerancia y precisión mecánica de las piezas impresas.

En el mercado hay más de 60 tipos de materiales de impresión 3D que, gracias a sus características y propiedades físicas y químicas, posibilitan la creación de piezas perfectas, de gran precisión, excelente nivel de detalle y aplicables a casi todos los sectores industriales.



Una ventaja frecuente suele ser la sustitución de un metal pesado por un polímero de mucho menos peso y propiedades mecánicas superiores. Otra ventaja destacable es que se pueden abordar geometrías complejas, con estructuras reticulares y entrelazadas, imposibles de resolver con las tecnologías tradicionales.

Las aplicaciones de la fabricación aditiva con impresoras 3D son actualmente tan extendidas en tantos campos que solo la falta de creatividad e imaginación puede limitar su uso.

Un valor añadido de la fabricación aditiva es la facilidad de descentralizar los centros de producción con costos mucho más moderados y tiempo de instalación inicial muy corto. Esto facilita el ahorro logístico al propiciar la proximidad de la producción a los centros de consumo y minimiza las existencias a los mínimos posibles. Muchos analistas predicen que, en un futuro bastante inmediato, los prosumidores tendrán impresoras 3D domesticas para fabricarse a domicilio los productos customizados proporcionados vía internet por el fabricante.

3.10. Realidad virtual y realidad aumentada

La realidad virtual consiste en producir mediante programación informática un entorno que aparece a los ojos del usuario como real e inmerso en él mediante el equipamiento hardware adecuado (gafas tridimensionales y, optativamente, guantes y traje especial para sensaciones táctiles). Se usa en la industria para aprendizaje inmersivo de procesos y en marketing para la promoción inmersiva de productos a la venta.

La realidad aumentada es la visión que se obtiene de un entorno físico del mundo real, a través de un dispositivo tecnológico que añade información adicional a la percibida por el ojo humano. Mediante un dispositivo o conjunto de dispositivos, se añade información virtual a la información física percibida por la visión natural. Los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales y crean una realidad aumentada en tiempo real.

La realidad aumentada difiere de la realidad virtual. En la realidad virtual el usuario se aísla de la realidad material del mundo físico para sumergirse en un escenario o entorno totalmente virtual. En la realidad aumentada, en cambio, sobre la realidad material del



mundo físico se monta una realidad visual generada por la tecnología, en la que el usuario percibe una mezcla de las dos realidades. Añadiendo la visión artificial y el reconocimiento de objetos, la información sobre el mundo real alrededor del usuario se convierte en interactiva y digital. La información necesaria y conveniente sobre el medio ambiente y los objetos puede ser almacenada y recuperada como una capa de información adicional a la visión del mundo real. Esta puede ser en forma de mensajes meramente auditivos o mensajes audiovisuales proyectados a unas gafas especiales de la persona.

Aplicaciones de la realidad aumentada

Las aplicaciones en la industria provienen de la sincronización entre los objetos sobre los que el operario proyecta su mirada y la información de procedimientos operativos almacenados previamente sobre las tareas a efectuar sobre tal objeto. Por ejemplo:

- Alertas de piezas defectuosas en control de calidad.
- Instrucciones de tareas concretas a realizar como intervenciones excepcionales en el proceso productivo.
- Recordatorios de prevención de riesgos en determinadas proximidades de peligros.
- Avisos de tareas de mantenimiento preventivo ante teledetección de riesgos de avería.
- En el almacén de materiales: descripción de los contenidos de paquetes cerrados o estanterías, instrucciones de picking, información sobre el estado de los inventarios de la pieza y de los pedidos en curso, etc.
- En la recepción de materiales: recordatorio de las normas de controles de calidad de los materiales servidos.
- En mantenimiento: manual de procedimientos de reparación o mantenimiento preventivo de la máquina o dispositivo.

Aunque los robots cada vez serán más autónomos, las personas empleadas continuarán desempeñando un papel gracias a estar equipadas con gafas de realidad aumentada que pueden ofrecer información de logística y fabricación en su campo de visión. Por ejemplo, las gafas utilizarán la realidad aumentada para resaltar la ubicación donde cada parte se debe montar en el proceso de montaje.

Del mismo modo, las gafas de datos guiarán al personal en el envío de selección de las partes adecuadas. Las cámaras de reconocimiento de gestos ayudarán a los



trabajadores a realizar seguimiento de control de calidad documentado y almacenando automáticamente problemas de calidad, y reduciendo la documentación manual.

Estos avances permitirán a los trabajadores manejar una variedad más amplia de modelos de producto, a la vez que se reducen las tasas de fracaso y se mejora el control de la calidad.

Otra aplicación de gran utilidad de la realidad aumentada es el entrenamiento interactivo de operarios en la planta industrial. El operario puede aprender por realidad aumentada todo lo que necesitará saber sobre el funcionamiento y cómo debe actuar frente a eventuales emergencias, de forma sistemática y sin olvidos de la formación previa, además del ahorro de personal destinado al entrenamiento del personal de nuevo ingreso.

3.11. Realidad mixta

Para el marketing digital inmersivo vía internet se está empleando cada vez más la realidad mixta. Es la unión de un escenario virtual proporcionado por la realidad virtual con la información proporcionada por la realidad aumentada.

Mediante unas gafas adecuadas, el usuario puede percibir en su PC o en su teléfono inteligente una tienda virtual por la que se mueve con total libertad y donde puede informarse inmediatamente y sin otra acción que fijarse en un producto concreto con todos los datos en línea que pueda necesitar: características técnicas, precio, plazo de entrega, garantías y soporte posventa, entre otros. (6)



4. LOS RETOS DE LA INDUSTRIA 4.0

Actualmente, nos encontramos en el umbral de una nueva era que se va imponiendo de forma acelerada mientras una gran parte de la sociedad comete el error de actuar como si nos encontráramos en medio de una tormenta pasajera, una tormenta que cuando finalice nos permitirá volver a la situación precedente. Aun son muchos los empresarios que creen, equivocadamente, que las herramientas e instrumentos que nos permitían crear valor, generar trabajo y alcanzar mejores cotas de bienestar y progreso volverán a ser las mismas de antes.

La esperanza de un retorno a situaciones anteriores a la crisis es, sin duda, una visión errónea que no se sostiene tras un análisis serio y que responde a actitudes de ciertos sectores o colectivos interesados en mantener el estado actual y negar la realidad. Mientras se afirma que la economía va bien, según los indicadores, la desigualdad y la pobreza crece, las tasas de desempleo siguen siendo muy altas y una gran parte de los puestos de trabajo tienen un alto grado de precariedad. Y esto son olvidar que, por un lado, se incrementa la pérdida de puestos de trabajo desarrollados por humanos en beneficio de las máquinas más o menos inteligentes, y, por otro, que el salario del trabajo que se crea está desajustado respecto al costo real de la vida.

Hay que tener presente que la implantación de Industria 4.0 cambiará en profundidad todo lo que nos rodea, desde la manera de interactuar, producir y recibir servicios hasta la de prestarlos. Un nuevo escenario donde los bienes y los servicios, con diferentes grados de inteligencia, incrementarán su presencia y en el que los robots industriales superarán la fase actual de máquinas solo capaces de ejecutar secuencias simples o repetitivas. El impacto de adaptarse a la tecnología se convierte en un desafío enorme para muchas personas.

Un informe de la agencia europea Center of Development of Vocational Training en 2018, estima en un 45% la proporción de buscadores de empleo de la UE que no poseen las habilidades básicas de las TIC y de las tecnologías necesarias para los empleos que se ofrecen y que, situándose en el horizonte 2020, indica que el 34% de los puestos de trabajo requerirán personas altamente cualificadas. Es cierto que la historia ha demostrado que las predicciones a veces son un poco exageradas y que muy a menudo surgen nuevos caminos no previstos. Pero, en cualquier caso, es incuestionable que,



en esta carrera del futuro, el elemento será la adecuada cualificación del capital humano.

La Industria 4.0 presenta grandes oportunidades para los fabricantes innovadores, las consultoras proveedoras de sistemas y las regiones fuertemente industrializadas. Pero, como en los desarrollos transformacionales de las revoluciones industriales anteriores, la Industria 4.0 también representa una amenaza grave para los empresarios reticentes al cambio. A medida que los modelos de negocio se vayan ajustando a la sociedad digitalizada, es muy probable que veamos cambios importantes en las primeras posiciones, tanto en el ámbito de las empresas como en el de las regiones.

4.1. Los factores de competitividad de las empresas

Uno de los grandes cambios de la sociedad digitalizada es que no solo las personas estarán interconectadas en el entorno virtual, sino que también todos los productos y sistemas de producción, tanto los internos como los externos, estarán interconectados y sincronizados todos ellos en tiempo real. Los procesos productivos están ganando mucha más complejidad y se están moviendo en una triple dirección:

1. Adaptación a los cambios del mercado, cada vez más globalizado.
2. Maximización de la productividad.
3. Valorización de los avances técnicos y científicos con rapidez.

Las claves de la competitividad de una industria, dependen de tres factores esenciales: su capacidad de innovación, su productividad y su capacidad de afrontar la internacionalización (los mercados globales).

4.2. La importancia de la innovación

Las empresas, para ser competitivas deben afrontar dos retos: por un lado, llegar a ser tan eficientes como la media de su subsector, pero por otro, para poder consolidar, deben dar un paso más para conseguir ofrecer, en algún punto, una de las mejores prácticas de su nicho de mercado. Solo así podrán competir a largo plazo. En las empresas innovadoras es donde se genera el aprendizaje que se extiende al resto de las empresas de su subsector para fortalecer la experiencia y el nuevo conocimiento. Las empresas necesitan cooperar, establecer complicidades y buscar estabilidad para que



la I+D+i se pueda retroalimentar. Está demostrado que la diseminación de las ideas innovadoras entre las empresas que aprenden de otras, produce una mejora de la tecnología a través de la práctica competitiva. Los estudios en este campo nos dicen que el progreso suele provenir más de la acumulación constante de conocimientos que del resultado de innovaciones radicales.

Las empresas estables son las que pueden aprovechar mejor los resultados de la I+D+i y aplicar la innovación de manera permanente en todos sus ámbitos (diseño de producto, aprovisionamiento, tecnologías de la producción, gestión de la calidad, mantenimiento, marketing, comercialización, distribución, logística, etc.). Los trabajadores de estas empresas se sienten integrados y vinculados a los resultados innovadores y son la principal correa de transmisión de la I+D+i dentro de sus tareas cotidianas. Estas empresas acaban siendo motores de la generación de empleo y de la competitividad de su sector. Un clima de innovación acaba impregnando el resto de la economía, sin necesidad de grandes planes impulsados por las administraciones, ya que se integra en el ADN de la sociedad. Este conjunto de atributos, que son consustanciales a la actividad manufacturera industrial, se extiende a toda la colectividad inmediata en un breve plazo y a la sociedad en general a la larga.

La política industrial de cada empresa debe asumir todos estos aspectos de apoyo a la innovación. Debe buscar el equilibrio óptimo de:

1. La capacidad innovadora, procurando incluir, junto a sus productos tradicionales, los productos inteligentes.
2. La adopción de sistemas avanzados de producción, para encaminarse hacia la fábrica inteligente según el modelo de Industria 4.0.
3. La ubicación óptima dentro del contexto globalizador de sus procesos de producción, comercialización y distribución.

Condiciones para la adopción de Industria 4.0

Las condiciones necesarias para que las empresas industriales incorporen con éxito el conocimiento (know-how), que es el motor de la innovación industrial, son las siguientes.



En primer lugar, es necesario que sean empresas grandes en su sector, ya que la innovación siempre tiene importantes dosis de incertidumbre. La posibilidad de fracaso conviene que vaya acompañada de una protección que solo las grandes corporaciones pueden asumir. La financiación requerida también condiciona a las empresas de tamaño grande, ya que los mercados no incentivan por sí mismos las actividades de investigación y desarrollo. Conviene advertir, sin embargo, que una gran empresa puede degradarse por burocratismo y conservadurismo, y desaprovechar, por falta de incentivos internos, su posición privilegiada de mercado.

En segundo lugar, el conocimiento se consolida mejor en empresas veteranas, de larga vida, donde se ha podido acumular el know-how previo a lo largo de los años.

En tercer lugar, las empresas deben tener una mínima estabilidad para el aprovechamiento de su capital intelectual. La gestión del conocimiento y de la innovación no pueden sufrir crisis periódicas de inestabilidad, porque, es ese caso, los proyectos de innovación no maduran por falta de continuidad.

En cuarto lugar, es conveniente que las empresas involucradas estén concentradas geográficamente, dado que la difusión del conocimiento es más fácil en este caso.

La actividad de la industria tiene un nivel de complejidad que requiere un nivel de organización nada fácil de conseguir y que necesita consolidarse con el paso del tiempo. Es lo que se denomina “curva de aprendizaje o experiencia”, que afecta tanto a tareas repetitivas de la fabricación como a las actividades de I+D+i, en las que la organización también es más eficiente cuando cuenta con una larga experiencia. Los beneficios del aprendizaje se esparcen en el resto de la economía de forma natural y sin más usados cuando más concentradas estén las actividades industriales.

Las pequeñas y medianas empresas tienen serias dificultades para competir e innovar, por eso no tienen la misma resistencia a las crisis que las empresas grandes. A pesar del esfuerzo para impulsar la I+D+i que se ha hecho desde las administraciones, la transferencia de tecnología y la transmisión de la innovación hacia la empresa no han sido ni suficientes ni eficientes. Entre otras causas, porque las estructuras de nuestras pymes no resisten las crisis periódicas, ni disponen de los instrumentos financieros adecuados, ni la cantidad y ni el costo, para luchar en igualdad de condiciones.



Convendría implantar algunos estímulos a la concentración empresarial. Las medidas fiscales son una buena ayuda para vencer dudas, pero sería mucho más eficaz generar un clima social de apoyo a las empresas que entren en procesos de consolidación. También ayudaría que estas empresas fueran consideradas socialmente como ejemplos a seguir y recibieran ayudas de los gobiernos central y autonómico, dado que son necesarias para mejorar la fortaleza industrial del país. Deberían establecer planes de apoyo vinculados a la implantación de fábricas inteligentes con el modelo de Industria 4.0 al fin y al cabo, no deja de ser un proceso innovador con una probabilidad de fracaso elevada.

A las empresas que configuran la actual economía española, les convendría aumentar su tamaño, especialmente a las empresas medianas. Está demostrado que un incremento de dimensión lleva a una mayor productividad, una mejor incorporación de la innovación, y una creación de empleo mejor cualificado, mejor retribuido y de mayor resistencia ante los ciclos recesivos.

Casi todas las empresas aspiran, cuando nacen, a llegar a ser grandes, pero crecer no es tan fácil. El crecimiento orgánico es muy lento y muy costoso y no sirve de nada si al mismo tiempo no se crece en recursos destinados a I+D+i.

Crecer es una actitud, es abrirse camino y enfrentarse a riesgos de todo tipo. El más inmediato, la pérdida de capital, pero también la captación de financiación, la búsqueda permanente de la innovación, la captura del mejor talento y, en definitiva, hacer frente al “descredito social” si se tienen algunos fracasos.

Pero una empresa puede crecer de distintas maneras. Una de ellas, poco explorada en España, es la asociación con los competidores. O formar una alianza para exportar o contratar conjuntamente determinadas investigaciones aplicadas. O como se lleva a cabo en el sector del automóvil, establecer un partenariado sólido entre fabricantes y proveedores. La política industrial debería incrementarse, empujar y apoyar las alianzas entre empresas, y la cooperación entre competidores, con mensajes positivos y claros a la sociedad. También, por supuesto, con asesoramiento y financiación.



La necesidad de cooperación

La actividad industrial también requiere cooperación entre los distintos departamentos de la empresa, ya que de otro modo sería imposible organizarse correctamente, pero la sociedad digitalizada ha convertido en imprescindible la cooperación con agentes exteriores. La idea clave es cooperar para poder acumular juntos el nivel de competitividad que el mercado demanda.

A día de hoy, ya no tiene sentido plantearse la relación con proveedores y distribuidores como una lucha permanente para apropiarse de los márgenes. Es obvio que cada parte tiene la obligación de procurar ganar el máximo posible, pero todas las partes han aprendido que, cuando se trata de relaciones continuadas, la mejor relación es la de los socios, en vez de adversarios o competidores. La maximización del beneficio a corto plazo ha dejado de ser la mejor opción. Con visión de futuro adecuada, es mucho mejor establecer relaciones de confianza y de largo plazo con los proveedores y distribuidores, en vez de intentar subastar los suministros al mejor postor de cada momento.

El camino que abre esta visión win-win se ha ido consolidado hasta el punto de que, por ejemplo, en la industria automovilística, el parque de proveedores es actualmente más importante que la propia planta de ensamblaje. Por supuesto, con unos exigentes estándares de calidad formalizada, lo que ha propiciado que dichos proveedores adquieran una dimensión internacional gracias a la cooperación estrecha y de largo plazo con la empresa matriz.

Este tipo de relaciones crean hábitos de cooperación estables que permiten la mejora continua y la innovación permanente. Son situaciones con efectos beneficiosos para los trabajadores y el empleo, puesto que la actividad industrial se desarrolla de manera estable a lo largo del tiempo y no caen en prácticas especulativas. No se trata de hacer unas operaciones fantásticas donde poder ganar mucho dinero, sino de prácticas repetitivas, de márgenes más bajos, pero que van mejorando día a día con el progreso técnico y la organización empresarial. Se trata de relaciones de cooperación y de confianza que requieren un empleo cualificado y estable, y la industria es capaz de crearlo con los niveles de retribuciones que le corresponden.



Medidas para mejorar la capacidad innovadora

Las empresas deben tener facilidad para incorporar en sus productos, mediante procesos de diseño, los avances técnicos y científicos que surgen de los centros de investigación y universidades. En consecuencia, se hace imprescindible:

- Incentivar la cooperación universidad-empresa. Modificar las normativas de promoción de profesorado incorporando, de forma relevante y obligatoria, la transferencia de conocimiento a las empresas con proyectos de innovación.
- Implantar un programa de especialización de los graduados universitarios en las diferentes tecnologías y metodologías de innovación. (Por ejemplo, un modelo de programa similar al MIR)
- Incentivar y primar las empresas que desarrollen smart products mediante avances técnicos y científicos desarrollados en régimen de partenariado con centros y grupos de investigación que se apoyen en los centros tecnológicos.

4.3. La importancia de la globalización

En la sociedad 4.0 los mercados son globales y sin que el consumidor perciba fronteras físicas gracias a internet. Las empresas deben asumir la necesidad de operar en los mercados globales y ser altamente competitivas, algo que solo es posible con una búsqueda permanente de la excelencia.

Un problema que ha impactado la industria ha sido la deslocalización, un fenómeno universal debido a la globalización de la economía. Muchas empresas han trasladado total o parcialmente su producción a otros países, buscando condiciones de producción más ventajosas en un menor costo de mano de obra, más beneficios fiscales, menor costo del suelo industrial, una legislación ambiental más permisiva, y legislaciones sociolaborales menos exigentes, tanto desde el punto de vista de la protección social como de los derechos sindicales.

Entre los años 2000 y 2009, el número de puestos de trabajo de la industria manufacturera en Estados Unidos cayó un tercio. El crecimiento de la externalización (outsourcing) y la deslocalización (offshoring), y el desarrollo de sofisticadas cadenas de suministro (supply chains), permitieron que las compañías ubicaran sus fábricas en



China, India y otros países de bajos salarios. Hechos que conllevaron un mayor descenso del tejido industrial del país.

Pero en os últimos tiempos se está viendo la oportunidad de relocalizar y oímos hablar de reshoring, un término con el que se designa el retorno a sus países de origen de actividades productivas que las empresas habían deslocalizado en países emergentes.

El primer argumento en favor del reshoring o relocalización es la fuerte reducción del diferencial de costos de producción entre los países desarrollados y los emergentes. El desarrollo económico de los países emergentes ha ocasionado que los costos de producción hayan aumentado. Por otra parte, con la automatización de la Industria 4.0, el peso del factor mano de obra en el proceso productivo se ha reducido sustancialmente y para muchos productos el costo salarial representa hoy en día una parte más pequeña, y decreciente, del costo total.

En paralelo, en muchos países industrializados, y España es un ejemplo claro de ello, la crisis económica ha producido una contención o incluso una reducción de los costos salariales. Estos cambios determinan que las ventajas de costos obtenidos en la deslocalización se hayan reducido sensiblemente para muchas industrias de los países desarrollados.

Ahora bien, el viaje de vuelta es sensiblemente diferente, y ya no serán el mismo tipo de industrias. La manufactura tiene ahora fuerte componentes tecnológicos y la digitalización es omnipresente, todas las etapas del ciclo de vida del producto se han automatizado. Los robots y los sensores ocupan puestos clave de la actividad, la tecnología de impresión 3D y la fabricación aditiva se abren camino firme, y han evolucionado enormemente los oficios y las habilidades requeridas de los trabajadores. Surgen nuevos puestos de trabajo que exigen actualizar los conocimientos y adquirir nueva formación. La industria debe ser consciente de que necesita fabricas inteligentes que produzcan productos cada vez más inteligentes.

Por otra parte, la cuarta revolución industrial aporta factores de mayor incidencia en el valor añadido, como es el diseño de productos y servicios inteligentes, los intangibles derivados de ello, la distribución y logística globalizada, el servicio cada vez más personalizado al cliente, las exigencias de calidad, el marketing digital y



globalizado y la sostenibilidad, entre otros. Todos estos factores exigen mayor incorporación de conocimientos diversificados para poder convertir las empresas al modelo de fábricas inteligentes e interconectadas que conlleva la cuarta revolución industrial de la sociedad digitalizada. El resultado es una cadena de valor añadido superior, con perfiles profesionales de mayor y más eficiente formación, y, en consecuencia, de mayor retribución.

La pérdida progresiva de la ventaja relativa que representaba producir en países emergentes no solo se debe al cambio de costos. Muchas empresas han acabado descubriendo que producir en estos mercados tiene unos inconvenientes que habían infravalorado. Por ejemplo, la protección de la propiedad intelectual, a menudo es muy deficiente, por ejemplo, en China, y el aumento del riesgo político de agravamiento de los conflictos internacionales en los últimos años que pueden conllevar graves disrupciones en las cadenas globales de suministro.

Pero el factor más relevante es la creciente importancia que las empresas presentan cada vez más a la producción en proximidad, es decir, producir cerca de las áreas de consumo para responder con más flexibilidad y rapidez a los cambios en los patrones de demanda de los nuevos consumidores. La creciente personalización de los productos aconseja que los centros de producción estén cercanos a los centros de consumo. Si queremos responder con rapidez a la exigencia de customización de los productos y servicios, es altamente recomendable que los centros de producción, de innovación en el diseño y de marketing digital, estén próximos entre ellos.

4.4. La importancia de la productividad

El impulsor principal de la productividad es la gestión del conocimiento en las empresas y, en consecuencia, el enriquecimiento de sus habilidades, de su aprendizaje y de su capital intelectual.

Mejorar la productividad requiere actuar en los diversos componentes de los costos, algunas propuestas son:

- Crear financiación por parte de las administraciones, y facilidades al crédito bancario industrial, para impulsar la renovación de los equipamientos



tecnológicos y las cadenas de producción para crear fabricas inteligentes bajo el modelo de Industria 4.0.

- Articular políticas para disminuir los costos de la energía hasta hacerlos similares a los de la media de la UE y evitar la competitividad por esta causa.
(6)



5. ANÁLISIS DAFO DE LA INDUSTRIA 4.0

FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none">- Aumento de la productividad, de la eficiencia en el uso de recursos, de la competitividad y de los ingresos.- Aumento de los puestos de trabajo de alta cualificación y muy remunerados- Mayor flexibilidad y control de la producción- Incremento de la personalización y variedad de los productos, lo que mejora la satisfacción del cliente.	DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none">- Grandes costes de desarrollo y puesta en marcha- Capacidad de adaptación tecnológica, pequeños cambios pueden tener impactos grandes.- Dependencia de factores de éxito como estándares, oferta laboral con las habilidades apropiadas, inversión en I+D, coherencia del entorno, etc.- Puestos de trabajo que requieren de formación muy específica.- Necesidad de importar mano de obra formada.
OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none">- Desarrollo de nuevos mercados punteros para productos y servicios.- Disminución de las barreras de entrada para algunas PYMES para participar en nuevos mercados y nuevas cadenas de suministro.	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none">- El reto de la ciberseguridad. Se pone en riesgo la propiedad intelectual y privacidad de los datos.- Existen muchas empresas que no poseen los recursos ni la conciencia necesarios para adaptarse al entorno industrial 4.0.- Volatilidad de las cadenas de valor globales y vulnerabilidad hacia ellas.

Tabla 1: Análisis DAFO de la Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia



6. RECOMENDACIONES PREVIAS PARA IMPLEMENTAR UNA ESTRATEGIA DE INDUSTRIA 4.0

Una buena estrategia de transformación industrial debe basarse en cambios pequeños e incrementables, de forma que cada uno de ellos pueda ser validado cualitativamente y genere un beneficio, lo que dará paso a la siguiente fase de la estrategia.

La aplicación de tecnologías de la información y comunicación permitirá a las empresas industriales aprovechar mejor la cantidad de datos que se generan en los procesos productivos. Gracias a este mejor aprovechamiento de los datos permitirá dar soporte a la toma de decisiones empresariales, incrementando la eficiencia en las operaciones mediante un mayor aprovechamiento de los recursos, reduciendo costes de operación u optimizando la productividad mediante la reducción de tiempos de parada o fallos imprevistos.

En la siguiente fase de transformación, con una infraestructura mejorada de gestión de la información, se puede plantear la creación de nuevos productos y servicios digitalizados.

A largo plazo, todas las evoluciones llevadas a cabo generarán un ecosistema empresarial más conectado, en el que la interacción con proveedores, clientes y usuarios finales será estrecha y ágil. En este momento se podrá alcanzar el objetivo básico de la Industria 4.0, es decir, llevar la industria productiva actual hacia una industria traccionada completamente por la demanda, con un nivel de desperdicios cercano a cero y con una producción casi unitaria, personalizada y just-in-time.

Las principales líneas de actuación para implementar la estrategia en Industria 4.0 en una organización son:

-Integración horizontal, mediante un mayor intercambio de información entre los integrantes de la cadena de valor que permita agilizar los procesos, mejorar los controles de calidad y adaptarse de forma más ágil a los cambios de las demandas del mercado.



-Integración vertical dentro de la empresa, que permita que la información fluya entre los diferentes niveles. De esta forma, se podrá sacar el máximo partido a los datos disponibles de forma global, lo que permitirá una toma de decisiones mas informada y con mejores resultados.

-Ingeniería integral, que permita involucrar todas las etapas del ciclo de vida del producto, desde su diseño, pasando por su fabricación, almacenamiento y distribución, hasta se puesta en venta. Y posteriormente, su uso por el cliente y finalmente su descarte o reciclaje.

-El factor humano, como parte fundamental del proceso de cambio. La transición hacia la Industria 4.0 va a cambiar la forma de los puestos de trabajo y los perfiles de competencias, Por ello, es necesario poner en práctica planes de formación y reciclaje que aseguren que en todo momento los trabajadores se adaptan a las necesidades de su entorno laboral, comparten los objetivos estratégicos de la empresa y se sienten beneficiados de las evoluciones puestas en marcha. (8)



7. IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN LA INDUSTRIA 4.0

Para muchos, la Industria 4.0 consiste únicamente en la adquisición de maquinaria o el uso de tecnología en la industria, pero no es así. Realmente es una revolución industrial muy relevante para la sociedad y no podemos mirar hacia otro lado.

Los nuevos clientes son adictos a la conectividad y demandan nuevos productos y servicios cada vez más exigentes, en aspectos como el coste, la calidad, la agilidad, la personalización, la flexibilidad y el valor. Están interconectados y gracias a la tecnología, basan su decisión en lo que se opina de nuestro producto.

Las empresas deben adaptarse para cumplir estos requisitos si quieren aprovechar esta oportunidad y sobrevivir en el mercado competitivo. Las organizaciones tienen que establecer una estrategia, centrada en el nuevo tipo de clientes, para transformarse lo más rápido, eficaz y exitosamente posible.

“Las especies que sobreviven no son las más fuertes, ni las más rápidas, ni las más inteligentes; sino aquellas que se adaptan mejor al cambio” (Charles Darwin)

Gestionar esta transformación no es nada fácil, ya que supone un proceso de cambio permanente que requiere inversión, riesgos y elevados conocimientos en distintas disciplinas.

Se debe conocer qué nos interesa exactamente antes de actuar, porque cualquier decisión tecnológica puede convertirse en una decisión estratégica y el resultado de esta decisión afectará a la forma de trabajar de todos los miembros de la organización, máquinas, proveedores y distribuidores.

Los cambios en las tendencias son cada vez más rápidos y debemos estar preparados para atender las exigencias de los clientes, adelantándonos en el tiempo e imaginando como serán nuestros productos y servicios en esa nueva sociedad. La tecnología es el medio que nos permite adaptar nuestras organizaciones rápidamente a los cambios que se producen en nuestro entorno.



Las inversiones deben realizarse de forma ordenada y a un ritmo que podamos soportar para que puedan rentabilizarse lo antes posible. Las posibilidades son ilimitadas debido a la gran cantidad de opciones del mercado y a la velocidad con la que avanzan las tecnologías, por lo que es importante contar con personal cualificado.

7.1. El cliente 4.0

Actualmente, el cliente ya no es fiel y nos compra tras comparar previamente con otras opciones. Cada vez hay más competencia y más variada, hasta el punto de que nuestros competidores pueden surgir en cualquier momento.

Ante esta situación, las organizaciones están obligadas a cambiar estratégicamente para crear nuevos productos, servicios y modelos de negocio orientados a un nuevo tipo de cliente, el cliente 4.0.

La estrategia debe centrarse en el cliente por encima de todo y centrarse en sus exigencias. El cliente quiere comprar productos de calidad, al menor coste, con un alto grado de personalización y de forma inmediata, y esto implica que debemos ser más ágiles, más flexibles, aumentar el valor de nuestros productos y reducir costes de fabricación. Esto sólo se puede conseguir con un alto grado de digitalización en la empresa.

La digitalización conlleva un cambio cultural y estructural que afecta a todos los integrantes de la organización. Esto, no obliga a valorar si debemos mantener a los colaboradores de nuestra cadena de suministro o establecer alianzas estratégicas con nuevos colaboradores, con el objetivo de mejorar los procesos físicos y digitales para generar más valor al cliente.

Para implementar una transformación digital se tiene que definir una estrategia a corto y largo plazo y marcar una hoja de ruta con las diferentes tecnologías. Para llevar a cabo esta estrategia hay que involucrar a todo el personal necesario para detectar cuáles son las capacidades a mejorar para competir en este nuevo escenario, invirtiendo en personal, infraestructuras, dispositivos y servicios que conllevan un riesgo que debemos minimizar.



Para minimizar los riesgos no hay que escatimar recursos para:

- Saber dónde se encuentra el valor digital (Calidad, diseño,..)
- Definir los objetivos a alcanzar sin limitaciones tecnológicas.
- Identificar cambios necesarios.
- Detectar barreras humanas, técnicas, económicas y estructurales.
- Priorizar las funcionalidades más importantes ponderando el coste, tiempo implantación y recursos necesarios.
- Centrarnos siempre en el cliente para aportar más valor a nuestros productos y servicios.

7.2. Claves del éxito de nuestra estrategia

Las claves del éxito de nuestra estrategia consistirán en:

- Qué recursos son los mejores candidatos para formar parte de nuestra organización, puesto que les vamos a confiar tareas relevantes en muchos casos.
- Cómo “formarlos” para poder hacer su trabajo programándolos con nuestro Know-How.
- Qué infraestructuras serán necesarias para poder comunicarse bidireccionalmente con el resto de integrantes.
- Cómo publicar los datos de forma ubicua usando un lenguaje común (protocolo) en una plataforma compartida y cómo poner esos datos a disposición de los suscriptores.
- Cómo almacenar y analizar la información mediante nuevas técnicas de Big Data e Inteligencia Artificial, para que puedan aprender a optimizar al máximo los nuevos procesos digitales.

7.3. Retos 4.0

La Industria 4.0 tiene como objetivo adaptarse a los nuevos requisitos de los clientes 4.0, es decir, productos y servicios de mayor calidad y menor coste, que dispongan de un alto grado de personalización (flexibles) y que puedan obtenerse de forma inmediata (ágiles). Además, los productos y servicios tienen que aportar valor, para obtener un mayor grado de fidelización, más beneficio y mejor imagen.



Para conocer qué tecnologías serán más aptas para adaptarse a cada caso, vamos a analizar cada uno de los retos:

7.3.1. Calidad

El aumento de la calidad en los productos y servicios supone evitar las reclamaciones y rechazos por parte de los clientes. Parece una tarea fácil pero no lo es en absoluto, ya que, si diversificamos la producción y la realizamos más rápidamente, como demandan los clientes, resulta muy difícil mantener o mejorar en nivel de calidad.

Necesitamos producir correctamente, para ello debemos disponer de toda la información relativa al proceso productivo en tiempo real, de una forma clara y práctica. Y en caso de tener un error de fabricación debe detectarse lo antes posible para evitar que se repita el mismo fallo en el resto de productos. Para conseguirlo hay que dotar a los procesos de la modularidad que proporciona el IoT (Internet of Things).

Algunas de las tecnologías que pueden aportar mejoras en la calidad de los productos son:

- Sensores IoT interconectados o Sistemas de Control para visión artificial para la detección temprana de errores.
- Sistemas MES (Manufacturing Execution System) o MOM (Manufacturing Operations Management) que proporcionan, en interfaces hombre-máquina (HMI), datos sobre los procesos y otros relativos al ERP (Enterprise Resource Planning) necesarios para el control de la calidad.
- Sistemas de Realidad Aumentada que permitan a los operarios el acceso a datos útiles desde cualquier parte de la empresa para comprobar que todo está correcto.
- Dispositivos Wearables (smartwatches) que permitan avisar rápidamente a todo el personal implicado ante un problema de mal funcionamiento en una máquina o paro de la producción.
- Sistemas embebidos (Arduino, Raspberry) en combinación con sensores o indicadores luminosos, que permiten implementar económicos sistemas a prueba de errores (Poka Yoke) hechos a medida para solventar problemas repetitivos y difíciles de controlar.



- Sistemas Expertos que trabajan aprendiendo mediante algoritmos de Machine Learning para a posteriori controlar y diagnosticar exhaustivamente los procesos.
- Infraestructuras en la nube (Cloud Computing) para almacenamiento y manipulación de datos.

7.3.2. Coste

Para reducir el coste de los productos, la Industria 4.0 se centra en reducir los costes de producción. Dependiendo de varios factores, reducir el coste de producción de los productos un 10% puede suponer un beneficio igual a vender hasta un 70% más. Por este motivo, invertir en Industria 4.0 es más rentable a priori que cualquier otra inversión debido a que conlleva una ganancia asegurada y que perdurará a lo largo del tiempo.

Una empresa con menores costes de producción es mucho más competitiva que su competencia. En momentos complicados, donde sea necesario bajar el precio de los productos para poder competir, la empresa que tenga menores costes de producción podrá sobrevivir. En etapas de clama, donde el margen es mayor, la empresa tendrá una ventaja competitiva, ya que los beneficios podrán ser utilizados para invertir, por ejemplo, en innovación, infraestructuras, recursos humanos, etc, mientras que la competencia no podrá hacerlo.

Reducir el coste del producto, mantenido la calidad, implica en gran parte disminuir el coste de los procesos de la empresa. Por ello, los procesos de la organización deben ser eficaces en satisfacer las expectativas del cliente, eficientes a la hora de utilizar los recursos, controlados para conocer su estado y poder modificarlos al instante en caso de ser preciso e interconectados para poder combinarlos de cualquier forma.

La mejora de los procesos está directamente relacionada con auditar y obtener una trazabilidad de las operaciones en tiempo real, pero también tiene un papel importante la sensorización y analítica de datos (Big Data e Inteligencia Artificial), por ejemplo, para tener un buen sistema de mantenimiento predictivo.



Las interfaces de usuario inteligentes (Smart HMI), la predicción (Machine Learning), los Smartphones, la Realidad Aumentada, son herramientas excelentes para presentar y manipular información del mundo industrial conectados con el IoT (Internet of Things), y su uso permite aumentar la productividad y reducir los desperdicios.

Los desperdicios forman parte del producto y suponen un coste para la empresa, por lo tanto, hay que disminuirlos tanto como sea posible. Se pueden aportar mejoras para la reducción de desperdicios con ayuda de la tecnología:

- Controlar la sobreproducción, mediante la sincronización ágil con la demanda (herramientas Eb, integración con el ERP corporativo) y conociendo las previsiones del futuro (Machine Learning).
- Gestionar los inventarios mediante la integración digital con los proveedores y la red de distribución, a través del uso de Plataformas Colaborativas en la Nube.
- Controlar los movimientos, a través del uso de Inteligencia Artificial, para reducir recorridos y optimizar almacenes.
- Evitar los retrabajos usando dispositivos IoT, como sensores inteligentes o sistemas de control embebidos, para la detección temprana de anomalías.
- Evitar las esperas mediante herramientas de comunicación ágiles, anticipando información sobre el transcurso del proceso y presentándolo en Interfaces de usuario, como gafas de realidad aumentada o Tablet.
- Evitar el sobreproceso optimizando los tiempos de procesado mediante sensorización y Machine Learning.
- Desplazamiento de materiales mediante vehículos de guiado automático (AGV) y sistemas de identificación y trazabilidad.

7.3.3. Agilidad

El cliente 4.0 quiere rapidez en la entrega. El objetivo es reducir todo lo posible el plazo de entrega de los productos y esto afecta a toda la cadena de suministro.

Para conseguirlo, hay que estar totalmente conectado con los proveedores a través de Plataformas Colaborativas en la Nube que permitan informar con antelación de necesidades futuras para tener siempre los suministros a tiempo, en el lugar correcto y en el orden adecuado.



El personal de la empresa debe estar informado del estado de los procesos a través de interfaces de usuario sencillas, para que puedan conocer posibles cambios anticipados, agilizar la producción y obtener el producto con la mayor calidad y en el menor tiempo posible. Para lograrlo, hay que interconectar la parte de gestión (ERP) y la comercial (CRM) con la de producción a través de un sistema inteligente que evalúe las posibilidades productivas y decida qué hacer, en función de los pedidos entrantes. Cuanto menor sea el tiempo necesario para responder a los cambios en la demanda, mayor será la agilidad de la empresa.

En el caso de disponer Robots, las nuevas órdenes de fabricación podrán transmitirse automáticamente a través de la red para ser actualizados al instante. Y en el caso de disponer vehículos de guiado automático (AGV), se les transmite la información y son reprogramados al instante a través de redes inalámbricas WLAN propias de la empresa.

La interconexión con los distribuidores es necesaria. Las Plataformas en la Nube son el punto de enlace con los distribuidores para conocer sus previsiones de ventas y anticiparnos a la demanda. Con el uso de la Inteligencia Artificial se puede seleccionar la mejor opción para el conjunto de la cadena de suministro y de esta forma conseguir agilizar y optimizar la logística.

También hay que monitorizar los puntos de venta virtuales para conocer el valor que perciben los usuarios, por dónde se mueven y qué les llama más la atención. Con el uso de Webtool se generan mapas de calor que permiten extraer información de las preferencias de los clientes y nos permite anticiparnos a la competencia.

“La clave del éxito en los negocios está en detectar hacia dónde va el mundo y llegar ahí el primero” (Bill Gates)

7.3.4. Flexibilidad

La flexibilidad es la capacidad de adaptar la organización y los productos con facilidad a diversas circunstancias, situaciones o necesidades del momento. En la industria se distinguen cuatro tipos de flexibilidad:



- Flexibilidad en el volumen: consiste en la capacidad de producir gran número de productos personalizados y únicos.
- Flexibilidad en la fabricación: es la capacidad de producir diferentes componentes sin reorganizar la producción.
- Flexibilidad en la estética: es la capacidad de ofrecer una amplia variedad de productos a los clientes.
- Flexibilidad de entrega: es la capacidad para explotar la velocidad en la entrega del producto.

Todos los tipos de flexibilidad están relacionados con la tecnología y gracias a las nuevas tecnologías, como la Impresión 3D y la Realidad Aumentada, se pueden aportar importantes mejoras sobre ellas. La Impresión 3D es una tecnología que permite la creación de piezas a medida, sin necesidad de moldes que anteriormente eran muy caros o imposibles de fabricar. La Realidad Aumentada es una tecnología que permite interactuar con el producto en fase de diseño dentro de su entorno real, para poder realizar modificaciones en el producto antes de fabricarlo.

Muchas veces, es de gran ayuda replantearse el diseño inicial de los productos, realizando prototipos en Impresión 3D y visualizando su comportamiento mediante la Realidad Virtual, antes de comenzar a fabricarlos en serie.

Aunque la flexibilidad es una vía de diferenciación con la competencia, tiene un elevado riesgo. Ser flexible no consiste en disponer de un gran catálogo de productos sino de ofrecer una gama de productos originales con un precio razonable. La flexibilidad mal ejecutada puede ser perjudicial, ya que puede obligar a disponer de un elevado nivel de stock, mayor interconectividad, aumentar la complejidad de los procesos y producir más errores en la producción.

Pero si se desarrollan de la forma correcta productos flexibles, es decir, productos diferentes y con mayor número de posibilidades, la empresa ocupará un segmento del mercado que la competencia no pueda ocupar. Esto permitirá obtener más margen de beneficios ya que el producto fabricado es único y no tiene competencia.

Para que la flexibilidad no afecte a la productividad o la afecte lo menos posible, la personalización del producto debe realizarse en la parte final del proceso productivo.



Es conveniente fabricar productos semiacabados, que sean iguales, y a partir de ellos realizar las personalizaciones. De esta forma se puede estandarizar la producción, conlleva menos costes, se cometen menos errores y por tanto se obtiene una mayor calidad.

La aparición y aplicación del IoT ha provocado la aparición de la Flexibilidad Funcional, que permite la iteración del usuario con el producto para modificar su funcionamiento. Esto es posible con la incorporación de conectividad e inteligencia para poder comunicarnos y modificar el funcionamiento de nuestros productos, para que puedan comportarse de una forma u otra según deseemos y modificándolo desde nuestros dispositivos conectados (smartphone). Para aumentar las opciones de personalización y facilitar su uso basta con añadir un pequeño módulo de comunicaciones con varios sensores y un microprocesador. Antes de añadir flexibilidad funcional, hay que estar seguros de la conveniencia ya que supone un incremento del coste de fabricación, además de introducir más controles de calidad y nuevos procesos productivos, pero el resultado será un producto más atractivo para el cliente ya que tiene un valor añadido.

7.3.5. Valor

El grado de valor que un cliente otorga a los productos o servicios es el factor más relevante a la hora de decantarse por una compañía u otra.

El valor es un requisito transversal y debe construirse con la colaboración de todas las áreas de la organización. Todos los departamentos, como puede ser diseño, I+D, ventas o marketing, pueden aportar ideas para crear valor y por tanto decantar al cliente.

El valor es muy complicado de medir, aunque se puede representar como el resultado de:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Calidad} + \text{Agilidad} + \text{Flexibilidad}}{\text{Coste}}$$

Esta forma de representar el valor puede servir de ayuda, pero el cliente 4.0 también puede encontrar valor en cualquiera de las propiedades del producto, como en el color, forma, tamaño, materiales, conectividad, ergonomía, accesorios, etc., también dependerá de su estado emocional, del momento en que esté dispuesto a comprar y



otros factores condicionantes. Por ello es conveniente estimular la interacción con los clientes a través de los medios digitales, para conocer por qué motivo eligen un producto o no, y mejorar la oferta.

Gran parte de la información de la organización está fuera de ella, por eso hay que estar atentos a las redes sociales para conocer la opinión de los clientes de nuestra empresa y la de la competencia.



Ilustración 5: Requisitos de los clientes y sus implicaciones Fuente: Elaboración propia

Para generar valor, una buena combinación es el uso de pequeños módulos IoT junto con un software porque dotan de vida a muchos de los nuevos productos. Gracias a las App se expande el ecosistema de los productos. Usan información para interactuar con los productos, aprender a usarlos, programarlos y/o repararlos. Esto permite a las empresas grandes ahorros ya que reducen drásticamente los recursos necesarios para ofrecer sus servicios de atención al cliente. (Por ejemplo: bancos, aseguradoras, etc.)



La inversión en el desarrollo de un ecosistema del producto está más que justificada en muchos casos porque al digitalizar los servicios, los clientes hacen parte del trabajo a la vez que ofrecen una valiosa información a la empresa para generar nuevos productos, servicios y modelos de negocio.

7.4. La cadena de suministro 4.0

La cadena de suministros está formada por todos aquellos procesos involucrados de manera directa o indirecta en la acción de satisfacer las necesidades del cliente.

Es muy complicado conocer con exactitud hacia donde irán las tendencias futuras de los clientes ya que son muy exigentes y volátiles. Esta incertidumbre obliga a replantearse el escenario de trabajo de extremo a extremo para mejorar la capacidad de adaptación.

El nuevo escenario impone la necesidad de trabajar en un entorno con mucha incertidumbre que requiere dedicar el máximo esfuerzo en conseguir una compenetración total entre todos los agentes de la cadena de suministro y eso solo se consigue con información en tiempo real de los procesos. Si no es así, ante cualquier cambio no se llegará a tiempo para reaccionar.

La cadena de suministro está compuesta por los proveedores, la organización, que incluye la logística de entrada de materiales y de salida de producto acabado, y los clientes.

En la “Ilustración 6” se refleja de forma esquemática como se realiza el intercambio de información entre todos los agentes que interviene en una cadena de suministro actual. Las flechas bidireccionales de color azul representan los flujos de información con el exterior de la empresa. A día de hoy, todavía sigue existiendo una comunicación directa (teléfono o correo electrónico) con los proveedores y la comunicación con los clientes en vía Internet. Las líneas más delgadas en azul oscuro representan los flujos de información de cada departamento con el servidor central que es donde residen las aplicaciones de gestión (ERM, CRM, ...) donde se almacenan los datos.



En la parte inferior se observa los dos flujos principales de la cadena de suministro. El flujo de materiales, que consiste en cómo la empresa convierte las materias primas en productos acabados y fluye de izquierda a derecha (de proveedores a clientes). Y el flujo de información, que fluye en sentido contrario, de clientes a proveedores. Se coge información de las ventas para optimizar los procesos, organizar la producción e informar a los proveedores de las necesidades. La información es fundamental para poder alcanzar la competitividad exigida a día de hoy. Disponer con información adecuada y con suficiente antelación permite cumplir con los retos de los nuevos clientes.

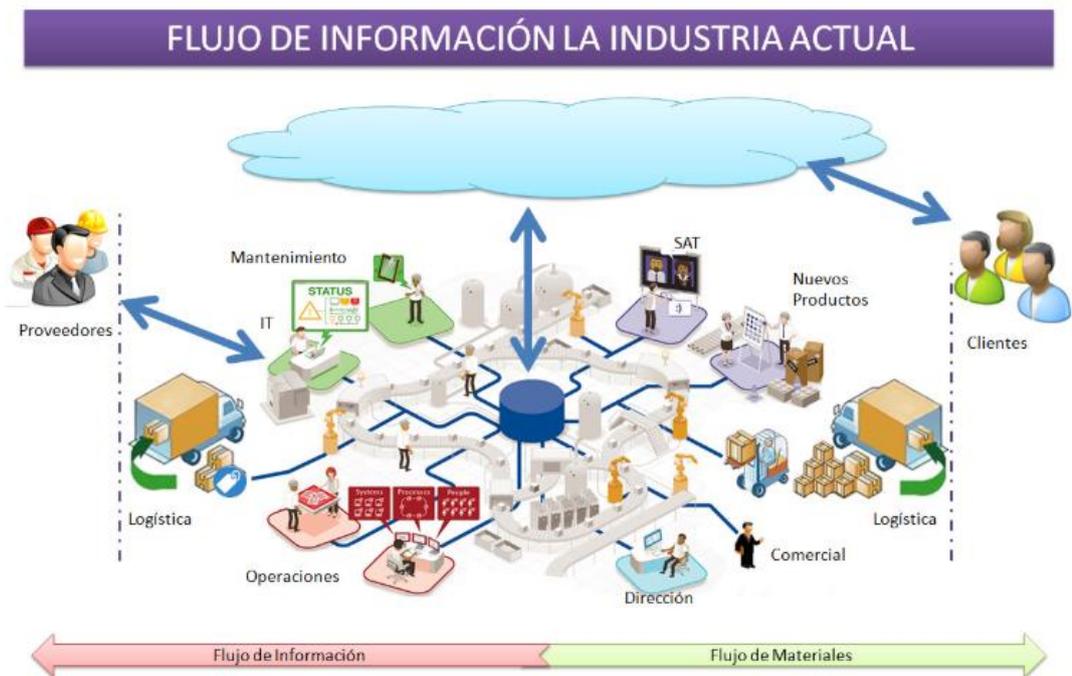


Ilustración 6: Flujo de información en la Industria actual

Fuente: (9)



El problema surge cuando no estamos convenientemente conectados con los proveedores, es decir, cuando no sabemos muy bien cómo trabajan, ni ellos conocen como lo hacemos nosotros. Cuando los pedidos se realizan a través de llamadas telefónicas o correo electrónico, con tarifas desactualizadas y referencias obsoletas que causan problemas constantemente. Cuando no se sabe con exactitud cuando llegará la mercancía ni como está dispuesta en el vehículo que la transporta, si tiene alguna modificación respecto a otros pedidos, el tiempo que ha estado almacenada, etc.

Si esto ocurre, es el momento de sentarnos con los proveedores para conocernos mutuamente y aportar ideas que generen valor para ambas partes. Hay que estudiar qué datos serán necesarios compartir e implementar una infraestructura de telecomunicaciones común que permita intercambios de información en tiempo real, pues será la única forma de caminar hacia la Industria 4.0 y competir con garantías. La integración debe permitir conocer cualquier dato que se necesite al instante, prácticamente sin que nadie intervenga y estará bien ejecutada cuando entre la organización y los proveedores no sea necesario realizar consultas telefónicas o enviar correos electrónicos ni el uso de papel.

Dentro de la organización también hay problemas importantes con la información. Normalmente hay un servidor central que almacena la información más importante y las aplicaciones de gestión. Esta información suele estar parcelada y protegida por departamentos por lo que solo una parte del personal de la organización tiene acceso a ella. Esto es la muestra de que en la organización la información no está bien estructurada porque la información no está accesible de forma inmediata y se pierde mucho tiempo buscándola, repercutiendo en el coste del producto y provocando una pérdida de agilidad que demandan los nuevos clientes. Por lo tanto, o se cambia la forma de manipular la información o se corre el riesgo de perder clientes.

La información obtenida de los clientes es muy importante y no basta únicamente con disponer de una página web con una tienda electrónica.

Hay que conocer qué es lo que buscan los potenciales clientes, lo que les gustaría mejorar de los productos o por qué se han decidido a comprar el producto. Por eso hay que destinar recursos para “sensorizar” la página web incorporando herramientas de análisis y participar en redes sociales para informar, comentar y recoger ideas. Los



datos obtenidos por las herramientas web usadas, dependiendo del volumen y del tipo, pueden ser analizados con técnicas Big Data para ayudar a mejorar la oferta de productos.

Por tanto, en el camino hacia la Industria 4.0 hay que considerar a la organización como el actor principal de la cadena de suministro, en la que intervienen proveedores y clientes, que al interactuar generan procesos que deben ser estudiados y optimizados para la mejora continua. El estudio de mejora continua no sólo debe contemplar hacer lo que más beneficie a la organización, ya que puede darse el caso de que una determinada mejora, beneficie a una parte de la cadena de suministro y perjudique a otras, en ese caso no debería llevarse a cabo.

En la Industria 4.0, la información necesaria para poder controlar, estudiar y mejorar los procesos no puede permanecer oculta. Debe ser publicada instantáneamente, según un proceso se está ejecutando, para informar a todos los suscriptores afectados, ya sean personas, robots, máquinas o cosas. De esta forma todos los integrantes de la organización tendrán a su disposición la información que necesite para realizar correctamente su trabajo. Por ejemplo, los valores obtenidos por un sensor de temperatura son útiles para el departamento de operaciones y el de mantenimiento. Con el uso del método publicación – suscripción, los afectados demandan suscribirse a los datos del sensor para poder usarlos ya que se encuentran publicados en un registro accesible.

Gracias a la aplicación de la Industria 4.0, el flujo de información de la cadena de suministro cambia radicalmente. La información viaja en todos los sentidos, siempre están accesibles y se puede suscribir quien quiera en cada instante.



Ilustración 7: Flujo de información en la Industria 4.0 Fuente: (9)

Mediante el proceso de publicación – suscripción, todos los agentes que integran la cadena de suministro, siempre que estén autorizados, podrán acceder a los datos que necesiten instantáneamente y representados en gráficos o tablas personalizadas. Estos datos son almacenados y procesados en la Nube.

Para terminar de construir la nueva cadena de suministro 4.0 es necesario integrar a los clientes. Una vez terminado el producto en la Industria 4.0, hay que proporcionar a los clientes vías de comunicación ágiles para comprar, reparar y consultar sobre los productos de la organización, y al mismo tiempo que puedan opinar o sugerir nuevos cambios sobre ellos. Hay que destinar recursos a encontrar mecanismos que permitan que el contacto cliente – empresa sea frecuente y para ello hay que utilizar herramientas que ayuden a diagnosticar su comportamiento.

“Dispondremos de una Industria 4.0 cuando todos los integrantes de la cadena de suministro ya sean personas, robots, maquinas o cosas, tengan a su alcance la información que necesiten cuando la necesiten.”



7.5. Organizaciones 4.0

En el nuevo ecosistema que proporciona la Industria 4.0 vamos a ver cómo afectan los cambios que introducen las nuevas tecnologías a los integrantes de la cadena de suministro, distinguiendo entre proveedores, clientes y distintas áreas de nuestra organización.

7.5.1. Proveedores

Los proveedores de la organización son aliados. No se puede mantener una infraestructura compartida que exige el nuevo escenario con quienes no desean de nuestra total confianza. Las relaciones deben establecerse sobre las bases win – win, todos ganan.

Los proveedores conocen mejor que la organización las materias primas y pueden ayudar a mejorar los productos de la organización o incluso descubrir componentes a integrar en los productos para obtener ventajas competitivas. Disponen un conocimiento que no tiene la organización y ese conocimiento tiene un gran valor. Por este motivo es muy común ver a grandes empresas que adquieren o firman acuerdos de colaboración con otras más pequeñas que actúan de proveedores con el objetivo de adquirir conocimientos para su estrategia.

También hay que apoyarse en los proveedores a nivel logístico para que la sincronización en el flujo de materiales sea perfecta y se puedan reducir los costes. Para ello es necesario tener la información exacta de la llegada de los materiales necesarios para fabricar los productos y que estos lleguen en el momento preciso en que vayan a usarse para disminuir inventario.

Gracias a los sistemas de posicionamiento y trazabilidad se optimiza también la organización de las materias primas en el almacén, se reducen stocks y se reduce el uso de papel. Para ello se pueden utilizar sistemas de geolocalización que permitan en cada momento conocer dónde se encuentran los materiales, desde el momento en el que salen de las instalaciones de los proveedores hasta que llegan al cliente final. De esta forma se dispone de una alerta temprana de entrada o salida de mercancías, que será de utilidad para liberar los efectivos necesarios de sus tareas actuales y atender la carga o descarga de mercancías en el momento exacto.



Resumiendo, se debe disponer de una comunicación ágil con los proveedores, ya que con la Industria 4.0 se aprovecha esa información para disminuir los costes y aumentar el margen de beneficio. Para ello es necesario montar un sistema de intercambio de información instantáneo con los proveedores donde se puedan publicar o suscribir la información necesaria para optimizar los procesos.

Las Plataformas Colaborativas en la Nube han sido diseñadas para realizar esta función de interconexión de información, pues permiten intercambiar de manera sencilla datos relativos a los sistemas de gestión y producción de todas las empresas que integran la cadena de suministro. Es la forma más eficaz, segura y económica de optimizar los procesos entre compañías, de organizar la producción, de informar con antelación de las necesidades de la organización, disminuir los stocks y agilizar los plazos de entrega.

7.5.2. Clientes

Los clientes son mucho más volátiles que los proveedores, por eso deben ser analizados exhaustivamente. Hay que obtener información en cada uno de los puntos de contacto que el cliente tiene con la organización, directo o indirectamente, en todo el ciclo de vida del producto. Siendo conveniente antes, durante y después de realizar la compra. Gracias a estos datos objetivos, se puede conocer cuáles de los clientes son potenciales, el marco temporal de la relación con ellos, los canales que usa para interaccionar con la organización y que acciones ha realizado para saber qué acciones puede llevar a cabo la organización para aumentar su fidelidad.

Siempre que sea posible hay que invertir talento y recurso para anticiparse en el tiempo y prever posibles necesidades futuras en el ámbito de la organización. De esta forma, la organización será capaz de ir aportando más y más valor en línea con la demanda y construir servicios sólidos alrededor los productos (ecosistema), que proporcionen ingresos periódicos y por tanto mayor estabilidad.

Esto se consigue con el uso de herramientas Web, con el uso de Website con tienda online, Apps para smartphones, Redes Sociales, Blogs de soporte, hardware de bajo coste como Etiquetas Inteligentes y en el mejor de los casos Conectividad IoT para los productos. Hay que proporcionar a los clientes facilidades para localizarlos con



facilidad si los necesitan, resolver cualquier incidencia, obtener el producto o servicio al instante y pagar desde cualquier medio. Tras el pago del producto se debe fomentar la creación de un fuerte vínculo empresa – cliente mediante la aportación de valor. Este vínculo es el paso previo para la creación de servicios con garantías de éxito asociados a los productos.

Por ejemplo, el Dash Button es un dispositivo que interrelacionan empresas con clientes a través de IoT. Consiste en un pequeño módulo de comunicación Wifi con un botón, está diseñado con el logo y el nombre del producto y se coloca por ejemplo en la puerta de la nevera, permite comprar el producto cuando el cliente lo demande únicamente pulsando el botón. De esta forma el fabricante consigue fidelizar al cliente simplificando el acceso a sus productos y ampliar su ecosistema generando un nuevo servicio.

7.5.3. La organización

El principal objetivo de la organización es centrar los productos y servicios en el Cliente 4.0 en una estrategia a largo plazo, esto implicará realizar muchos cambios en todas las áreas de la organización y a todos los niveles, en los que se destacan:

-Dirección de la empresa

La dirección de la empresa debe ser la propulsora de la transformación digital, debe involucrar en toda la organización y aportar los recursos necesarios, internos o externos, para definir su estrategia digital. Es necesaria la aportación y consenso de todos los miembros para que los cambios estén claros y se realizan con la mayor eficacia posible.

“La gente trabaja mejor cuando sabe cuál es el objetivo y por qué hay que conseguirlo” (Elon Musk, Director de Tesla Motors)

La dirección debe fomentar la cooperación con los proveedores, empleando recursos para conocerlos en profundidad. Hay que llevar a cabo reuniones con los proveedores para planificar los datos sobre los procesos a intercambiar, la forma de hacerlo y conocer las implicaciones que los cambios tendrán sobre los procesos. El personal



debe comprobar que la comunicación es sencilla, completa, estándar y abierta, ya que solo de esta forma se pueden aprovechar al máximo las funcionalidades de los equipos. El nuevo escenario es muy exigente y requiere de agilidad y esto implica comunicación en tiempo real y ubicuidad en la información.

La dirección también debe propiciar la implantación de sistemas que permitan conocer como son las relaciones con los clientes en todo momento. El website, las redes sociales o el blog aportan datos que una vez analizados mediante Webtools y técnicas Big Data permiten tomar decisiones de mejora.

También hay que evitar la búsqueda de culpables ante un problema y fomentar en su lugar que los problemas salgan a la luz y sean perseguidos y erradicados, poniendo todos los recursos necesarios para ello. Los operarios son fundamentales, ya que son los que mejor conocen los procesos a pie de máquina. Todo el personal debe reconocer que al eliminar problemas aumenta la productividad y la organización será más competitiva.

Otra tarea de la dirección es impulsar la creación de nuevos productos o servicios. Las metodologías Design Thinking y Lean StartUp combinadas pueden ser una buena forma de hacerlo. La dirección se encargará de coordinar los encuentros para exponer ideas que permitan visualizar el escenario futuro. Cuando la concepción sea válida, hay que construir un modelo que pueda ser validado por los clientes lo antes posible, y si los resultados son satisfactorios, proteger su propiedad industrial. Es una forma de asegurar la continuidad futura y escalar posiciones en el mercado.

Los cambios son relevantes y deben girar en torno a los operarios, trabajo en equipo, explotación de datos de los procesos y creación de nuevos productos.

Las decisiones tecnológicas cobran más importancia en las decisiones de la organización y son muy delicadas. Por ello es recomendable incorporar a los puestos directivos una nueva figura en la dirección que sea la responsable de llevar a cabo la transformación digital (Chief Digital Office o CDO). Su trabajo consiste en detectar necesidades de las distintas áreas y relacionarlas para que se implementen soluciones a gusto de todos. Para ello hay que estudiar las infraestructuras tecnológicas necesarias



en base a los objetivos marcados, los nuevos dispositivos a incorporar y los servicios de información que serán requeridos.

Por eso, la dirección de la empresa debe disponer de acceso a los índices generales de la compañía y a su rendimiento global. Debe conocer desde cualquier lugar los datos sobre las últimas ventas realizadas por cada uno de sus canales, las tendencias del futuro, el coste de elaboración de los productos, el stock, las incidencias de mayor importancia por si hay que tomar decisiones para resolverlas, etc. Para ello, actuando como suscriptor de los datos de la empresa, la dirección dispone de la visualización de datos generales (Dashboard), que debe configurarse de acuerdo a sus preferencias, para saber dónde invertir de una forma muy visual.

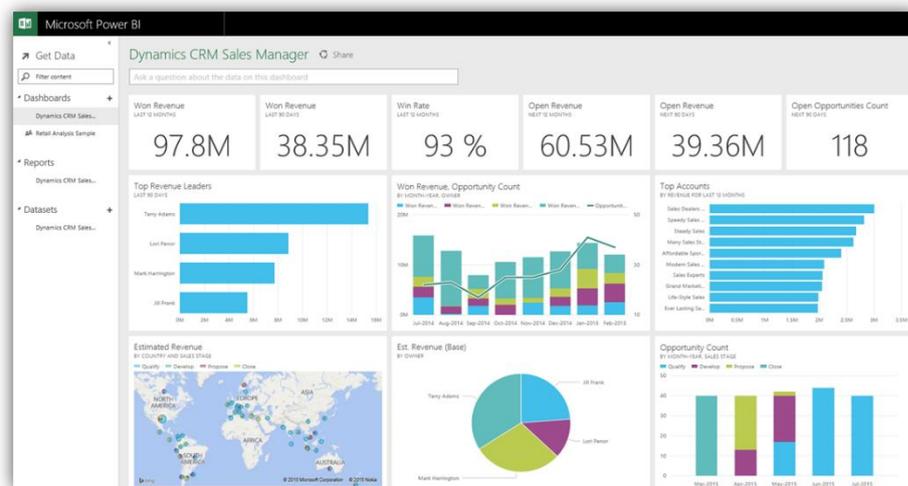


Ilustración 8: Ejemplo Dashboard Fuente: (10)

En muchos casos es necesario incorporar datos de gestión empresarial o ERP (Enterprise Resource Planning).

Otra tarea de la dirección de la empresa es la de comunicación con el exterior. Hay que ser muy cautelosos a la hora de decir cosas, no se puede corroborar, hacer falsas promesas o generar falsas expectativas si se piensa que no se va a poder cumplir con total seguridad. En una sociedad hiperconectada las mentiras salen rápidamente a la luz y es posible ser duramente castigado en las redes sociales.



-Área comercial

El área comercial, formada por marketing y ventas, también sufre importantes cambios en las organizaciones 4.0. Actualmente, el cliente accede a opiniones, de otros clientes que han probado el producto o productos similares con anterioridad, con tan sólo conectarse a Internet.

Las ventas mediante visitas presenciales a clientes cada vez son menores, actualmente es mejor formar parte de Redes Sociales para fidelizar clientes, estudiar estrategias de la competencia, atender cuestiones del Website o tienda online y analizar tendencias para colaborar en el desarrollo de nuevos productos.

Debido a la importancia de la opinión de los clientes, en los últimos años ha aparecido la figura del Community Manager, que es la persona encargada de crear, gestionar y dinamizar la comunidad de usuarios en Internet. Esta figura se encarga de escuchar para crear y distribuir contenidos de valor, tareas que hay que prestar atención en las organizaciones 4.0.

En Industria 4.0, el área comercial dispone en todo momento de información acerca de la planificación de la producción para conocer los plazos de entrega de los nuevos pedidos. A veces, el desconocimiento de estos datos obliga a producir cambios innecesarios en las líneas de producción que originan el aumento del coste de producción. También es necesario el conocimiento del stock en tiempo real, para facilitar la salida del producto almacenado por un periodo largo de tiempo y elaborar ofertas y campañas publicitarias sobre el mismo.

El área de marketing tiene que estar muy relacionado con el área de nuevos productos para aportar valor en la creación y centrarse en los clientes.

Las nuevas herramientas, como el IoT y la Realidad Aumentada pueden dotar a los productos la diferenciación con la competencia, siempre y cuando esté en línea con la demanda y las tendencias del mercado.

El área comercial debe centrarse principalmente en la generación de valor para los productos, participando en la creación de un ecosistema alrededor de ellos.



-Área de atención al cliente y servicio postventa

El servicio de atención al cliente y postventa también deben reconducirse para aportar más valor a los productos. Se puede aumentar la fidelidad de los clientes a través de vías como la rapidez en la atención, simplicidad en la instalación, actualizaciones periódicas, etc. los clientes deben sentirse arropados cuando tienen algún problema con los productos, y en esos casos la solución debe ser de forma inmediata. Las nuevas herramientas Web, como los Chatsbots, pueden actuar como asistentes personales para atender a los clientes de forma inmediata y filtrar sus solicitudes por el tipo de necesidad.

En los casos de que el producto sea más complejo de instalar o se quiera aportar un toque de modernidad, se pueden elaborar videos de puesta en marcha, reparación o realización de tareas de mantenimiento usando técnicas de Realidad Aumentada (AR). Los clientes, mediante el uso de unas gafas AR pueden visualizar un video explicativo del procedimiento a seguir o ser guiados remotamente por expertos de la organización.

El servicio de soporte y atención al cliente debe contemplar la posibilidad de realizar mantenimiento preventivo (IoT) y predictivo (Machine Learning) de los productos, para obtener información de cómo funciona el producto en todo momento y adelantarse a un posible fallo o rotura, advirtiéndolo al cliente a tiempo del peligro existente. Dependiendo del tipo de producto, estas funcionalidades permiten generar mucho valor, ya que evitan largas paradas en la línea de producción.

-Área de nuevos productos

En el área de nuevos productos se engloba la Investigación y el Diseño. En esta área se gestan los nuevos productos, su composición, sus funcionalidades y su aspecto. Hay que crear un producto pensando en cómo será fabricado y pensando en crear un ecosistema a su alrededor para generar valor.

Por ejemplo, la metodología Design Thinking, ha sido concebida para desarrollar innovación centrada en las personas y en la potenciación de los aspectos de los productos que generan valor al cliente. Lo importante es que la experiencia de compra del cliente sea extraordinaria. Con el uso de dispositivos IoT comunicados e



interactivos aportan experiencias agradables a los clientes. Un ejemplo de aplicación puede ser una maceta que autogestione el agua para el riego o una taza que marque en su superficie la temperatura del líquido que contiene.

Lo importante es dotar a los productos nuevas funcionalidades que atraigan a los clientes. Muchas veces puede ser algo sencillo, como por ejemplo la posibilidad de que el cliente personalice piezas del producto, para que no dude en adquirirlo.

Gracias a la Industria 4.0, las nuevas ideas sobre productos pueden ser rápidamente transformadas en prototipo sin la necesidad de fabricar moldes, mediante el uso de una impresora 3D, que formará parte del departamento de diseño y dispondrá de interactividad con los usuarios gracias a módulos de comunicación estándar (Open Hardware) que incorporará.

El uso de tecnologías Open puede servir para ir mejorando continuamente las funcionalidades de los productos e ir construyendo un ecosistema más amplio, que permita implementar nuevos modelos de negocio. Ocurre lo mismo con el software utilizado en los productos, que se desarrolla para ser ejecutado en los Smartphone de los clientes a través de Apps.

Se pueden aumentar las posibilidades de las Apps apoyándose en los clientes para generar valor. Para ello, se necesita proporcionarles unas API (Application Programming Interface) que consiste en herramientas de desarrollo de software, para crear nuevos servicios y la mejora de los ya existentes, y un entorno Blog a través del que puedan comunicarse para aprender unos de otros.

Esta estrategia permite a la organización ver nuevas posibilidades de sus productos y de forma gratuita. También puede servir para captar talento, incorporándolo a la organización.

Cuando los productos dispongan de un ecosistema que posibilite servicios sobre el mismo, ya se puede pensar en la generación de nuevos modelos de negocio basado en el pago por uso. Por ejemplo, este es el método utilizado por Uber y AirBnB, que son unas de las empresas más importantes de su sector sin disponer de vehículos ni apartamentos respectivamente.



Siempre que se pueda establecer un modelo de negocio de pago por uso de los productos o servicios, se pueden eliminar barreras de compra y se aumentarán las posibilidades de fidelizar al cliente.

El área de nuevos productos es la que más valor puede aportar a los productos de la organización, además de flexibilidad estética y funcional.

-Área de operaciones

En el área de operaciones se concentran la mayor parte de los procesos denominados industriales: Calidad, Logística, Recursos, Producción y Fabricación, y por eso es el área que normalmente genera y necesita más información.

El gerente de operaciones es el responsable de la planta de producción y que se cumplan los requisitos que el cliente demanda. Entre estos requisitos hay que destacar la calidad, mediante la eliminación de defectos y la reducción de desperdicios, el coste, mediante la mejora continua de los procesos, la agilidad, gestionando adecuadamente los recursos de la cadena de suministro y la flexibilidad productiva, mediante la modificación de procesos de fabricación cuando sea necesario.

En la Industria 4.0, el área de operaciones es el que más información usa y tiene que tener en cuenta los nuevos integrantes electrónicos inteligentes que monitorizan procesos digitales y a los que debe someter a supervisión. Los dispositivos IoT instalados en planta, los brazos robóticos y los AGVs serán los nuevos integrantes del área de operaciones en la Industria 4.0.

Dentro de la Industria 4.0 existirán muchos procesos complejos en los que intervienen simultáneamente cosas, máquinas y robots, que hay que controlar, programar y supervisar y necesitan de personal cualificado debido a su complejidad. Hay que asegurarse de que el personal conozca en detalle cómo acceder a su reprogramación y ajuste en caso necesario, para evitar el sobrecoste que provoca que una empresa externa se encargue del control de una parte del proceso productivo. Se necesita personal con avanzados conocimientos en las tecnologías implantadas durante la



transformación para tener un buen ajuste de los procesos digitales y para el control de la producción en tiempo real.

Posteriormente, la mejora continua dependerá en gran medida de los procesos digitales y se necesitará esa información para realizar un ajuste más óptimo de los procesos. Gracias a esa valiosa información, se tendrá acceso a la calidad a partir de las primeras piezas, se eliminarán los retrabajos, se optimizarán los movimientos, los cambios de producción se realizarán de forma más eficiente, etc.

La información que generan los activos tiene que ser accesible para quien la requiera y formará parte de un histórico de datos para conocer de forma analítica el proceso productivo, que una vez analizado puede dirigir las acciones correctivas a llevar a cabo.

“Cuando la información se organiza, surgen las ideas” (Jim Rohn)

Reducir el coste de las operaciones de la empresa debe ser uno de los objetivos más importantes de la transformación, ya que permitirá disponer de la ventaja competitiva necesaria para poder invertir en investigación, maquinaria, personal, etc.

El área de Operaciones tiene un peso muy importante dentro de la organización porque es el responsable de dotar a los productos de una excelente calidad, un coste muy competitivo, agilidad y flexibilidad en la producción a un mínimo coste.

-Área de IT/Mantenimiento

El área de IT/Mantenimiento debe redefinirse en la Industria 4.0 para poder seguir dando soporte al área de operaciones. Además de responsabilizarse de los cambios físicos necesarios para el buen funcionamiento de las máquinas, deberá encargarse de programar y cambiar valores de parámetros para realizar un ajuste óptimo de todos los procesos digitales.

Cada vez se necesitará más personal con conocimientos en tecnología en las organizaciones 4.0, ya que ahora las integran cosas inteligentes y muchos de los procesos son digitales. El departamento de IT, además de servir de apoyo al resto de



integrantes de la organización con tareas relacionadas con la tecnología, también deberá velar por la ciberseguridad de la empresa. Cada día, los ciberataques son más numerosos y elaborados y no podemos dejar que la organización se detenga por un ciberataque. Por ello es necesario auditar el sistema informático según se van añadiendo opciones de comunicación con el exterior para que no tengan vulnerabilidades que permitan tener el control del mismo a personas ajenas a la organización.

El departamento de IT/Mantenimiento tendrá una parte digital relacionada directamente con la producción. Según se vaya Implantando Industria 4.0, esta área tendrá mucho más peso dentro de la organización, ya que se encargará de conocer la ubicación del dato y de saber cómo manipularlo según se requiera para mejorar los procesos o visualizarlos.

Los técnicos IT necesitaran conocer las tipologías de la red empleadas, la configuración de los nuevos dispositivos enrutadores y los protocolos que intervienen en el intercambio de información para poder mejorar las prestaciones de las nuevas infraestructuras. También deberán conocer los servicios que ofrecen el Cloud Computing para realizar una determinada tarea, cuales son los más económicos y cuándo es conveniente que el dato no viaje a la Nube y se procese de puertas para dentro de la organización. Serán los responsables de manipular los datos y si es necesario aplicar Big Data, servir de apoyo al área de mantenimiento en la implantación de un sistema de mantenimiento predictivo aplicando Machine Learning.

La tarea principal del área IT es transmitir el know-how de la organización a los nuevos integrantes de la empresa.

En ocasiones se tiene miedo de que los datos viajen a la nube por miedo a que puedan ser robados y, sin embargo, le damos a conocer el know-how sobre el proceso productivo a técnicos de empresas externas para que lo implanten en sus dispositivos. Hay que ser meticulosos en este sentido, teniendo muy claro qué datos son relevantes e intransferibles y cuáles no. Los datos intransferibles deben estar a disposición del personal técnico de la organización, para ser modificados cuando sea necesario para mejorar los procesos productivos. Si no se conocen y no se dispone de la posibilidad



de modificarlos hay que dependes de técnicos externos para hacerlo, con todas las desventajas competitivas que conlleva.

El área de IT/Mantenimiento es una parte muy importante a considerar para disminuir el coste de los productos y servicios.



Ilustración 9: Cambios más relevantes en la Organización 4.0 Fuente: Elaboración propia

En conclusión, la organización tendrá como objetivo principal centrar los productos y servicios en el cliente 4.0 con una estrategia a largo plazo y eso implica realizar muchos cambios en los que se puede destacar:

- 1- Cambio en la cultura de la organización potenciando la resolución de problemas y la cooperación de todos los agentes de la cadena de suministro. Los operarios deben participar activamente en la transformación ya que son parte fundamental del conocimiento. Se requiere del aumento de formación, principalmente en conocimiento tecnológico.



- 2- No hay que escatimar recursos a la hora de tomar decisiones tecnológicas, ya que en el proceso de transformación son decisiones estratégicas.
- 3- Los nuevos activos de la organización son las máquinas, robots y “cosas” y hay que transmitirles el know-how de la organización, siempre que sea posible sin intervención de terceros.
- 4- Muchos de los procesos serán digitales y estarán fuera del alcance del lean manufacturing, por lo que la única forma de gestionarlos y avanzar hacia la mejora continua es con conocimientos en las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0.
- 5- Con la información que generan los nuevos activos hay que ser capaces de disponer de un control total de la cadena de suministro.
- 6- Toda la organización, en especial el área de nuevos productos, debe centrarse en la posibilidad de creación de nuevos productos y un ecosistema alrededor de ellos, que permita dotarlos de nuevos servicios y de un valor añadido. (3) (6) (11)



8. GUIA PARA IMPLANTAR INDUSTRIA 4.0 EN PYMES.

El concepto de Industria 4.0 ha dado inicio a la cuarta revolución industrial. La fusión de tecnologías modernas de la información y la comunicación con tecnologías de producción conforman un nuevo nivel para crear valor dentro de la empresa.

El hecho de disponer de información en tiempo real por medio de la conexión en red de todos los participantes de un proceso de creación de valor, permite tener redes multiempresa de creación de valor, dinámicas y auto organizadas, que las permite actuar en tiempo real.

La gran mayoría de pequeñas y medianas empresa reconoce el gran número de oportunidades que tiene la Industria 4.0, pero todavía muchas dudan en sumarse a este desarrollo.

Muchas empresas todavía no tienen claro ni los objetivos ni las ventajas de las soluciones de la Industria 4.0, y por eso no se deciden a sumarse a la cuarta revolución industrial. Las soluciones de la Industria 4.0 tienen el potencial de generar nuevos modelos de negocio a través de la digitalización y la integración en red de los productos de la producción. El desafío es descomponer la visión de la Industria 4.0 en diversas fases de desarrollo, cuyos beneficios para la propia empresa sean concretos y financieramente estimables.

La Industria 4.0 no constituye un valor en sí, pero sus soluciones preparan el camino para nuevas innovaciones de productos, prestaciones de los productos y la mejora de los procesos de producción. Por una parte, ayuda a reducir los costos de la producción y por otro contribuye a aumentar el volumen de las cifras de negocio, mediante el aumento de las ventas.

Actualmente ya se dispone de un gran número de tecnologías necesarias para la Industria 4.0. Los beneficios de estas tecnologías solo pueden materializarse a través de una inteligente interconexión de esas tecnologías, pero muchas empresas no tienen claro el camino a seguir para poder identificar e interrelacionar exitosamente las soluciones de la Industria 4.0.



Gracias a la guía de implantación de la Industria 4.0 se va a proporcionar a las empresas una ayuda para la generación de ideas para nuevos modelos de negocio, productos innovadores y una producción más eficiente. Esto va a permitir a las empresas encontrar su propia definición de Industria 4.0, descubrir las utilidades que tiene y estimar el desembolso financiero de este proceso.

El objetivo es poner a disposición de las empresas una herramienta para el desarrollo de sus propios modelos de negocio en el contexto de Industria 4.0. Esta guía entrega a las empresas herramientas y procedimientos para el desarrollo de las fortalezas y competencias en términos individuales.

8.1. ¿Qué es necesario para su implantación?

La Industria 4.0 involucra todas las áreas de la empresa, por ello, es necesario el compromiso a nivel directivo de la empresa para su implantación antes de iniciar el trabajo con la guía.

Es necesario que exista un compromiso pleno de la dirección de la empresa con el proceso y que se dote a los proyectos el correspondiente personal.

Lo primero que se debe realizar, es la formación de un equipo idóneo para lo conducción del proceso. Este equipo debe ser multidisciplinario y debe estar integrado por personal de áreas de producción, de tecnologías de la información y de desarrollo del producto. Su interacción es imprescindible en el desarrollo de conceptos, ya que requiere un estrecho vínculo entre ingeniería y tecnologías de la información.

8.2. Manual de uso

El objetivo de esta guía es poner a disposición de las empresas una herramienta para el desarrollo de sus modelos de negocio basados en el contexto de Industria 4.0. La guía entrega herramientas, como la caja de herramientas de Industria 4.0, y procedimiento, como el desarrollo de las fases para llevar a cabo el modelo de negocio, para conseguir el desarrollo de las fortalezas y competencias de la empresa. La guía se divide en cinco fases: preparación, análisis, creatividad, evaluación e implementación.



El núcleo lo constituye la formación de un taller interno, cuyas metodologías y procedimientos se describen detalladamente a continuación.

La finalidad de los talleres es desarrollar, mediante técnicas de creatividad, enfoques propios desde el interior de las empresas para elaborar modelos de negocio en el contexto de la Industria 4.0. Este trabajo se realiza sobre la base del material generado durante la fase de análisis, que aporta una visión de la empresa de cara a la Industria 4.0. Durante el desarrollo de las fases, la guía se va apoyando en la “caja de herramientas de la Industria 4.0”.

La caja de herramientas tiene ilustrados diversos ámbitos con posibles soluciones que proporciona la Industria 4.0, descompuestos en varios niveles individuales que son factibles de realizar. A su vez, la caja de herramientas está dividida en el área de “Productos” y el área de “Producción”.

El taller considera el uso de la “caja de herramientas” en combinación con técnicas creativas para la generación de ideas y modelos de negocio. Durante este proceso, se reúne al interior de la empresa un equipo interdisciplinario, que, por medio de un trabajo individual y grupal, genera primero ideas propias en el ámbito de la Industria 4.0 y posteriormente son evaluadas y sirven como punto de partida para la elaboración de modelos de negocio aplicables a la empresa.

El final del proceso lo constituye el traspaso de estos conceptos en proyectos que puedan ser ejecutados en el marco de una estrategia individual de Industria 4.0.

Esta guía constituye una base adecuada para que las empresas desarrollen sus propios conceptos en el marco de Industria 4.0.

8.3. Caja de herramientas de Industria 4.0.

Un componente central de esta guía de implantación es la caja de herramientas de la Industria 4.0. Se estructura a partir de los distintos ámbitos de aplicación posibles de soluciones de Industria 4.0 en relación a innovaciones en el área de productos y de producción. Para cada ámbito se presentan cinco fases de desarrollo progresivas, desde la solución pre Industria 4.0 hasta soluciones altamente tecnológicas.



“IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0”

La caja de herramientas de la industria 4.0 descompone las visiones y tecnologías básicas en pasos para permitir una aplicación escalonada de las ideas innovadoras en las empresas. Su objetivo es acercar las diversas ideas y principio de la Industria 4.0 a sus usuarios y evidenciar sus potenciales.

Se divide en las áreas de “Productos” y “Procesos”, y a su vez están subdivididas en diversos ámbitos de aplicación de la Industria 4.0, cada uno con sus diferentes fases de desarrollo.

PRODUCTOS				
Integración de sensores / actores				
1-No se utilizan sensores/actores	2-Sensores /actores están incluidos	3-Los datos de los sensores son procesados por el producto	4-Los datos son evaluados por el producto para su análisis	5-El producto reacción de manera autónoma en función de los datos obtenidos
Comunicación / Conectividad				
1-El producto no tiene interfaces	2-El producto envía y/o percibe señales I/O	3-El producto posee interfaces Fielbus	4-El producto posee interface Ethernet industrial	5-El product posee acceso a internet



Funciones de almacenamiento de datos e intercambio de información				
1-Sin funciones	2-Posibilidades de identificación inequívoca	3-El producto posee almacenador de datos pasivo	4-Producto con almacenador de datos para intercambio autónomo de información	5-Intercambio de datos e información como componente integral
Monitoreo				
1-Sin monitoreo por medio del producto	2-Detección de fallas	3-Registro de calidad operativa para su diagnóstico	4-Pronóstico de funcionamiento del producto	5-Medidas autónomas de control
Servicios de TI asociados a los productos				
1-Ningún servicio	2-Servicios a través de portal online	3-Ejecución de servicios directamente sobre el producto	4-Ejecución autónoma de servicios	5-Completa integración a la infraestructura de servicios TI
Modelos de negocio para el producto				
1-Ganancia por medio de la venta de un producto estándar	2-Venta y asesoría sobre el producto	3-Venta, asesoría y adaptación del producto a necesidades del cliente	4-Venta adicional de prestaciones de servicio asociadas al producto	5-Venta de funciones de producción

Tabla 2: Caja de herramientas de Industria 4.0: Productos

Fuente: Elaboración propia



PROCESOS				
Procesamiento de datos en la producción				
1-Sin procesamiento de datos	2-Almacenamiento de datos para documentación	3-Análisis de datos para supervisión de procesos	4-Análisis para planificación/control de procesos	5-Control/planificación automáticos de procesos
Comunicación máquina a máquina (M2M)				
1-Sin comunicación	2-Interfaces Fieldbus	3-Interfaces Ethernet industriales	4-Las máquinas disponen de acceso a Internet	5-Servicios Web (Software M2M)
Conexión de la producción con otras áreas de la empresa				
1-Sin conexión	2-Intercambio de información a través de mail/telecomunicación	3-Formato único de datos y regulación para el intercambio de datos	4-Formato único de datos y servidor multidepartamentos de datos en red	5-Soluciones TI multidepartamentos completamente integradas en red
Infraestructura TIC en la producción				
1-Intercambio de información por mail/telecomunicación	2-Servidor de datos central en la producción	3-Portal con base internet con uso común de datos	4-Intercambio automático de información (ej. seguimiento de pedidos)	5-Proveedores y clientes completamente integrados en diseño del proceso



“IMPLANTACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0”

Interfaces personas - máquina				
1-Sin intercambio de información	2-Uso de dispositivos de visualización local	3-Supervisión/control de producción centralizada y descentralizada	4-Uso de dispositivos de visualización móviles	5-Realidad ampliada y asistida
Eficiencia en la producción de lotes pequeños				
1-Medios de producción rígidos y pequeño porcentaje de piezas iguales	2-Uso de medios de producción flexibles y piezas iguales	3-Medios de producción flexibles y unidades modulares para los productos	4-Producción flexible y modular, enfocada en componentes dentro de la empresa	5-Producción flexible y modular, enfocada en componentes en una red de creación de valor

Tabla 3: Caja de herramientas de Industria 4.0: Procesos

Fuente: Elaboración propia

No todos los ámbitos de la Industria 4.0 son aplicables a todos los productos, pero la generación de ideas para aumentar la eficiencia en la producción o el desarrollo de nuevos modelos de negocio puede ser muy prometedor.

La caja de herramientas estimula la planificación de soluciones adecuadas al nivel de desarrollo individual. Permite a cada empresa definir en el contexto de sus requerimientos y posibilidades particulares sus próximos pasos en el camino de la visión de Industria 4.0.



8.4. Fases para la implantación

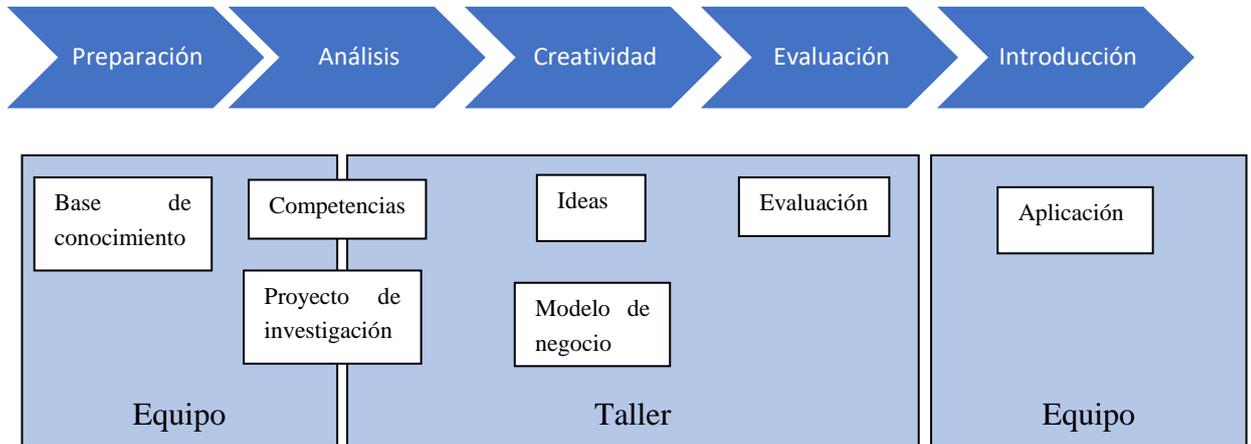


Ilustración 10: Fases para la implantación

Fuente: Elaboración propia

1-Fase de preparación

En primer lugar, es necesario conocer el mercado y la producción de la empresa para poder realizar una generación de ideas de productos y propuestas de mejora de la producción. Otro aspecto importante, es que todos los participantes del taller tengan información sobre la Industria 4.0. El equipo a cargo del proyecto tiene que crear dentro de la empresa una conciencia común sobre la importancia y los componentes centrales del desarrollo.

2-Fase de análisis

Para el desarrollo de ideas en primer lugar se debe identificar el escenario inicial de la empresa en relación a sus competencias en el contexto de la Industria 4.0. Los siguientes análisis constituyen procedimientos para realizar esa evaluación, y sus resultados serán presentados y discutidos en la fase de análisis del taller.

En esta fase, el objetivo es la identificación de las competencias existentes en la empresa con respecto a las tecnologías de la Industria 4.0. Para ello, se tiene que examinar la posición de la empresa en el mercado y analizar sus competencias en el contexto de Industria 4.0. Los resultados de este análisis son comparados con la proyección e imagen externa de la empresa en esas materias.



El análisis de competencias se realizará en relación a los productos y a su producción, utilizando para ello las áreas de aplicación y las fases de desarrollo de la caja de herramientas. El resultado de esta fase, constituirá el primer punto de partida para su posterior elaboración de ideas.

El resultado del análisis es el punto de partida para la generación de ideas durante el taller. A partir de este escenario inicial, los participantes desarrollan las ideas creativas para definir los modelos de negocio de Industria 4.0.

Análisis de competencias

El análisis de competencias se realiza con antelación al taller y se divide en una observación interna y una observación externa. El análisis de competencias debe responder a ¿Qué competencias de la Industria 4.0 posee la empresa? y ¿Cómo es la proyección e imagen externa de la empresa en relación a sus competencias en materia de Industria 4.0?

En general, las empresas poseen competencias en relación a materias específicas de la Industria 4.0, pero la mayoría de las veces no son conocidas en todas las áreas de la empresa. El análisis interno de competencias permite visibilizar y reunir esas competencias, para lo cual se deben identificar las soluciones, tecnologías y estrategias de las diferentes áreas que se inscriben en el marco de la Industria 4.0.

El análisis externo de competencias refleja la percepción externa de las competencias de la empresa en materia de Industria 4.0. Por esta vía, es posible clarificar cuál es la imagen pública de la empresa en relación a las Industria 4.0.

Análisis externo de competencias

El análisis externo de competencias examina la imagen pública de la empresa en materia de competencias en el ámbito de la Industria 4.0 y entrega referencias sobre en qué medida la empresa ha desarrollado capacidades o habilidades de la Industria 4.0 o empleado en la producción tecnologías para productos de la Industria 4.0. Este análisis se centra en la parte de “Productos” de la caja de herramientas.



Para su evaluación, los gráficos radiales constituidos para los diferentes ámbitos de aplicación de la caja de herramientas son muy adecuados.

El análisis se debe centrar en aquellas áreas con baja manifestación en el perfil de competencias, y permitirá a los participantes del taller tomar conciencia de los déficits y comprender mejor las competencias.

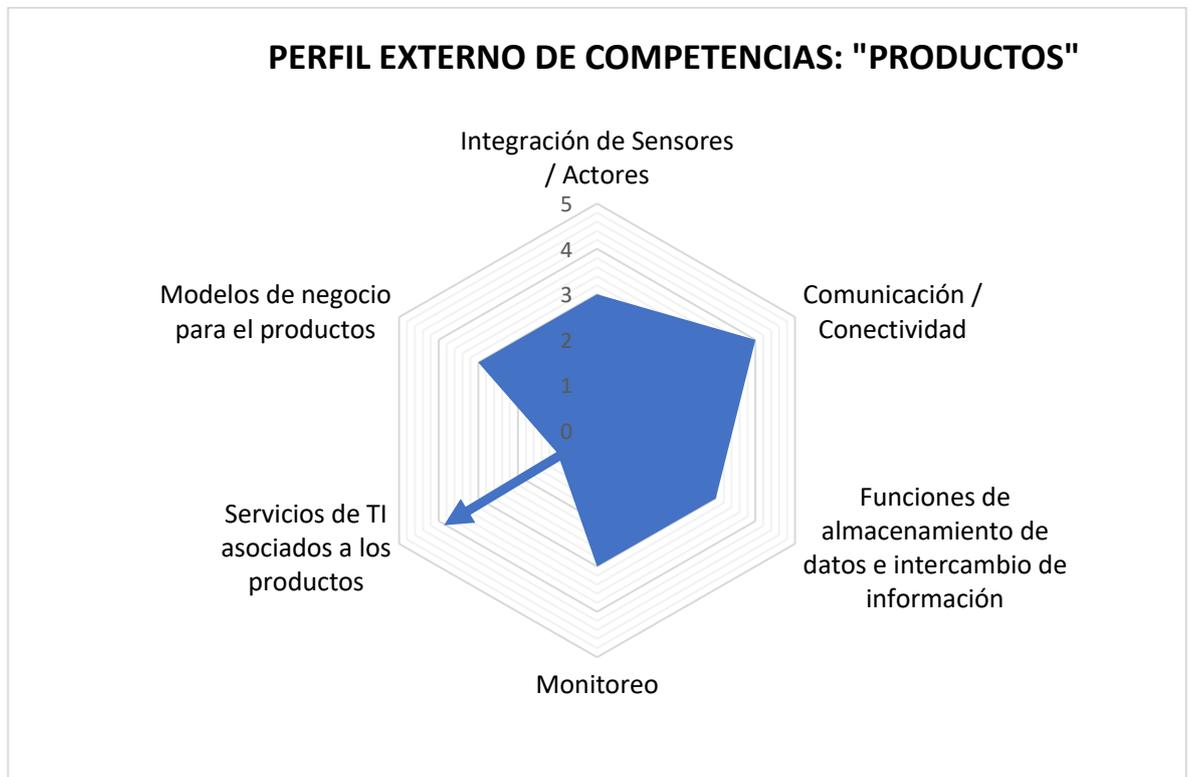


Ilustración 11: Perfil externo de competencias basado en "Productos"

Fuente: Elaboración propia



Análisis interno de competencias

El análisis interno de competencias examina las competencias que la empresa posee en materia de Industria 4.0. Este análisis se centre en ambas partes de la caja de herramientas, “Producto” y “Proceso”.

El objetivo del análisis interno es la identificación de competencias de la Industria 4.0 que puedan encontrarse en ámbitos que van más allá del el de los productos y los procesos de producción. Una vez identificadas las competencias clave, el trabajo en el taller deberá permitir crear conciencia y aumentar la comprensión entre los participantes sobre las capacidades y habilidades presentes al interior de la empresa.

Para su evaluación es necesaria la realización de dos gráficos radiales, uno para “Productos” y otro para “Procesos”. Los ámbitos de aplicación de la caja de herramientas constituyen los ejes y las fases de desarrollo expanden la figura.

Se debe reflexionar en las áreas que tengan menor presencia de competencias.

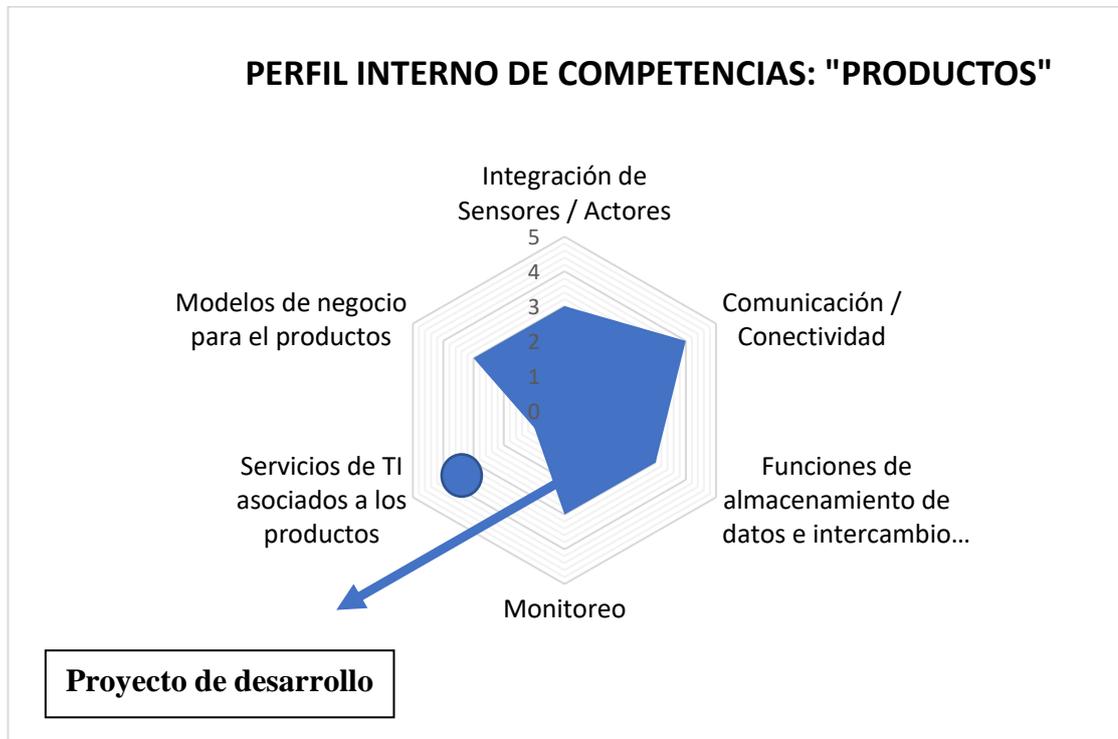


Ilustración 12: Perfil interno de competencias basado en "Productos"

Fuente: Elaboración propia

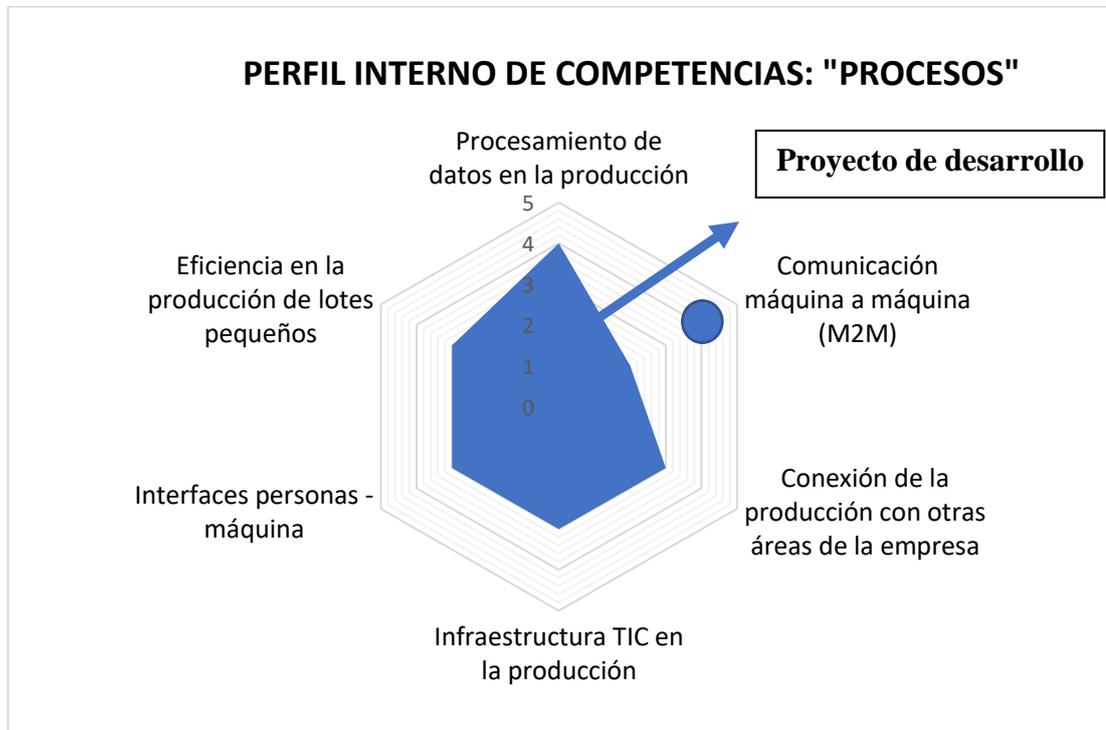


Ilustración 13: Perfil interno de competencias basado en “Procesos”

Fuente: Elaboración propia

3-Fase creativa.

Los resultados de la fase de análisis y la caja de herramientas componen los conceptos básicos de la parte creativa. El objetivo es la generación de nuevas ideas y la elaboración de conceptos para el diseño de modelos de negocio. Para ello, se trabaja partiendo de la base generada en la fase de análisis en un proceso de dos niveles. La fase creativa es el núcleo central del taller y se compone de dos etapas. En la primera etapa, los participantes del taller identifican y reúnen las ideas principales. Cada participante trabaja de manera individual en la generación de ideas en relación a nuevos productos y a la mejora de la producción. En la segunda etapa, los participantes discuten y desarrollan las ideas. Se agrupan en pequeños equipos y partiendo de las bases de las ideas generadas individualmente, se diseñan los conceptos para la implantación de los modelos de negocio que integren soluciones de la Industria 4.0.



4-Fase de evaluación.

El objetivo de esta fase es evaluar los conceptos elaborados para los modelos de negocio.

Los participantes del taller, analizan los conceptos en función de sus potenciales de mercado, de su potencial en la producción y de los recursos y fortalezas necesarias para su aplicación.

Cada grupo presenta los resultados de la fase creativa al resto de participantes. Las presentaciones deben centrarse en la exposición de un modelo de negocio coherente y convincente, que luego será discutido por el grupo.

Después de que hayan presentado todos los grupos, los participantes evalúan cada uno de los conceptos de modelos de negocio. La evaluación se realiza a partir del potencial de mercado del modelo de negocio y los recursos necesarios para su implantación.

Su fin es identificar los modelos de negocio con mayor potencial, aquellos que requieren el menor uso de recursos y/o que puedan aprovechar de mejor manera las propias fortalezas

5-Fase de implantación.

En la última fase, el equipo a cargo del proyecto afina las propuestas elaboradas en la fase anterior, preparándolas para nuevas revisiones y/o su presentación ante la dirección de la empresa. Mediante este proceso, los resultados del taller pueden transformarse en proyectos y ser implantados de manera efectiva. Un elemento decisivo en la introducción de soluciones en el ámbito de Industria 4.0 es el factor tiempo. (12)



9. GUIA DE EVALUACIÓN DE INDUSTRIA 4.0.

9.1. Introducción a la guía

Con la “Guía de evaluación de Industria 4.0”, adjunta en el Anexo, se va a evaluar el grado de implantación de Industria 4.0 de la organización, centrándonos en cinco dimensiones que a su vez están divididas en varias secciones.

En primer lugar, se evalúa la dimensión de “Estrategia de mercado y de negocio”, que se divide en las secciones de Estrategia y mercado, Inversiones, Innovación y Sostenibilidad.

El objetivo es evaluar la capacidad de adaptación de la organización al entorno y al mercado. Se evalúan aspectos como el desarrollo de procesos, basados en Industria 4.0, para tomar ventajas sobre sus competidores, utilizando diferentes recursos y aprovechando al máximo su mercado. También se evalúa el plan de inversiones de la organización, el grado de aportación de los proyectos de I+D+i y la mejora de la sostenibilidad con soluciones digitales.

En segundo lugar, se evalúa la dimensión de “Procesos”, que se divide en las secciones de Digitalización, Integración y Automatización. El objetivo es analizar las capacidades digitales del modelo operativo, evaluando las actividades y la vinculación entre ellas. Para ello se evalúan aspectos como el nivel de digitalización de los procesos, el uso de los datos, la integración digital, la automatización de los procesos y la personalización de los productos.

En tercer lugar, se evalúa la dimensión de “Organización y personas”, que se divide en las secciones de Modelos de relación y colaboración, Habilidades y cualificaciones y Formación digital. El objetivo es evaluar las capacidades de la organización. Se evalúan aspectos como el grado de motivación, la colaboración con otros agentes, las habilidades y cualificaciones y la formación digital.

En cuarto lugar, se evalúa la dimensión de “Infraestructuras”, que se divide en las secciones de Infraestructuras digitales, Soluciones de negocio y control y Plataformas colaborativas. El objetivo es identificar la capacidad de transformación que permiten las infraestructuras ciberfísicas. Se evalúan aspectos como la disponibilidad de



infraestructuras digitales, la flexibilidad e interoperabilidad y la conexión e intercambio de datos.

En quinto lugar, se evalúa la dimensión de “Productos y servicios”, que se divide en las secciones de Componentes y funcionalidades digitales, Productos y servicios interconectados y Recopilación, análisis y uso de datos. El objetivo es evaluar el nivel de incorporación de la tecnología a los productos y servicios y su nivel de digitalización. Se evalúan aspectos como la digitalización, la interconexión entre productos y servicios y la recogida de información y su análisis.

9.2. Evaluación de los datos obtenidos

Una vez evaluadas todas las secciones de cada una de las cinco dimensiones, se procede a una representación de los datos para conocer el grado de implantación de Industria 4.0 en la organización y conocer las debilidades y fortalezas, para saber hacia que dimensiones hay que dirigirse. (3) (6) (13) (14)

Para conocer el grado de implantación de Industria 4.0 en la organización, calculamos la nota obtenida sobre mil unidades y consultamos la siguiente tabla para conocer nuestro grado de madurez.

$$\text{Nivel de madurez} = \frac{\sum \text{Notas}_{\text{secciones}} * 1000}{396}$$

Nivel de madurez	
1 - 125	Estático
126 - 275	Consciente
276 - 425	Competente
426 - 600	Dinámico
601 - 800	Referente
801 - 1000	Líder

Tabla 4: Evaluación del Nivel de madurez de la Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia



Las notas obtenidas de cada dimensión se representan en un gráfico de araña para observar las dimensiones más débiles y saber hacia dónde debe dirigirse la organización



Ilustración 14: Ejemplo de un gráfico radial para la evaluación por dimensiones.

Fuente: Elaboración propia



10. CONCLUSIONES Y LINEAS DE FUTURO

La Industria 4.0 es la estrategia que define la digitalización, revolución de la producción y fabricación de forma que se integren las tecnologías más avanzadas para permitir flexibilizar la producción y reducir los costes de fabricación.

Este concepto implica un cambio en el paradigma y el mayor reto de futuro al que se enfrenta la industria y la sociedad. Aunque es un concepto conocido, aún queda mucho recorrido, ya que la Industria 4.0 abarca un gran número de tecnologías de gran potencial. Por ello es necesaria la formación de personal en estas áreas para tener profesionales preparados y dispuestos a innovar y sacar el máximo rendimiento a esta revolución industrial.

Este modelo de implantación de Industria 4.0 permite adquirir conocimientos e ideas sobre cómo podemos ir introduciendo y mejorando las tecnologías basadas en Industria 4.0. Todo ello teniendo en cuenta el nuevo tipo de cliente, denominado “cliente 4.0” y los retos 4.0: la calidad, el coste, la agilidad, la flexibilidad y el valor. Además, se analiza el nuevo concepto de la cadena de suministro 4.0 y los cambios que sufre la organización 4.0 (proveedores, organización y clientes).

Posteriormente, se facilita una guía de evaluación de la implantación de Industria 4.0 en la organización, aportando una serie de preguntas para conocer la implantación de Industria 4.0 en diferentes dimensiones de la organización. Gracias a esta evaluación, se obtiene información muy relevante a cerca de las dimensiones más “fuertes” y de las más “débiles”, permitiendo a la organización fijar su nuevo rumbo hacia las dimensiones que ofrecen más debilidad. Toda esta información obtenida de una forma muy visual, gracias a la utilización de gráficos radiales. Además, se obtiene una información global sobre el nivel de implantación de Industria 4.0 en la organización.

Para la realización de este modelo se ha partido de cero, y debido a la gran dimensión de tecnologías que abarca y diferentes métodos, da pie a siguientes actualizaciones y mejoras. Más aún, teniendo en cuenta la velocidad a la que está evolucionando la tecnología en los últimos años.



También sería necesario probar el modelo varias veces para comprobar su correcto funcionamiento y evaluación, y poder corregir sus posibles errores.

Por último, como posibles líneas futuras relacionadas con el proyecto podríamos sugerir:

- Centrar el modelo de implantación y evaluación de industria 4.0 a diferentes tipos de industria.
- Realizar actualizaciones sobre el uso y funcionamiento de tecnologías ya presentes, que aún no se han desarrollado o que todavía existen.
- Probar el modelo el número de veces necesarias para comprobar su funcionamiento y realizar correcciones sobre posibles errores.
- Proponer un modelo de implantación de Industria 4.0 en formato check-list con pasos cuantitativos, específico para determinados tipos de industria y tecnologías.



BIBLIOGRAFÍA

1. [En línea] Junio de 2019. <https://www.logicbus.com.mx/historia-industria-4.0.php>.
2. Schwab, Klaus. *La Cuarta Revolución Industrial*. [En línea] [http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20\(1\).pdf](http://40.70.207.114/documentosV2/La%20cuarta%20revolucion%20industrial-Klaus%20Schwab%20(1).pdf).
3. Aguilar, Luis Joyanes. *Industria 4.0. La Cuarta Revolución Industrial*. s.l. : Marcombo, 2017.
4. Conexión Industriales. [En línea] <https://conexionindustriales.com/la-industria-4-0/>.
5. Aldakin. [En línea] <http://www.aldakin.com>.
6. Antoni Garrell, Llorenç Guilera. *La Industria 4.0 en la sociedad digital*. s.l. : Marge, 2019.
7. [En línea] Julio de 2019. <http://clusterautomocionnavarra.com/industria-4-0/tecnologias-habilitadoras/>.
8. El camino hacia la Industria 4.0. [En línea] <https://www.gradiant.org/blog/el-camino-hacia-industria-4-0/>.
9. [En línea] Junio de 2019. <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/caminar-con-exito-hacia-la-industria-4-0-capitulo-7-la-cadena-de-suministros-4-0/>.
10. [En línea] <https://www.castlecrm.com/blog-news/dashboard-transformando-los-datos-en-informacion/dashboard-ejemplo/>.
11. Guerrero, Joaquín Carretero. *Guía Industria 4.0*. [En línea] https://es.linkedin.com/in/joaquin-carretero?trk=author_mini-profile_title.
12. Hartmut Rauen, Reiner Anderl y Jürgen Fleischer. https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26249096/VDMA_Leitfaden_I40_Span_LR_1526452740444.pdf/d9eca0cc-acc4-1041-041e-ce85cd5591a0. [En línea] 2.
13. Raul Blanco, Jordi Fontrodona, Carmen Poveda. *La Industria 4.0: El estado de la cuestión*. [En línea]
14. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. *Industria Conectada 4.0*. [En línea] <https://www.industriaconectada40.gob.es/Paginas/index.aspx>.
15. Crecimiento de la Industria 4.0. [En línea] <https://oasys-sw.com/crecimiento-de-la-industria-4-0/>.



ANEXO

GUIA DE EVALUACIÓN DE INDUSTRIA 4.0.

Nombre de la empresa:

Localidad:

Fecha:

Valore cada una de las cuestiones del 1 al 6 indicando su grado:

1 - Nulo (0%) / 6 - Muy alto (100%)

(En caso de duda consultar los criterios de evaluación)

ESTRATEGIA DE MERCADO Y NEGOCIO		1	2	3	4	5	6
1	Estrategia y mercado						
1.1	¿En qué medida está alineada la estrategia de su organización a la Industria 4.0? ¿Dispone de una estrategia de transformación a la industria 4.0?						
1.2	¿Cuál es el grado de implantación de soluciones de transformación a la Industria 4.0 en su organización?						
1.3	¿Qué nivel de importancia tiene la Industria 4.0 como elemento diferenciador con respecto a sus competidores?						
1.4	¿Cuál es el nivel de interiorización de los principios de la Industria 4.0 en la cultura directiva de su organización?						
2	Inversiones						
2.1	¿Dispone de un plan de inversiones con un apartado específico para la implantación de soluciones digitales de Industria 4.0?						
2.2	¿Cómo valoraría el nivel de inversión de su organización para el desarrollo de soluciones de Industria 4.0 con respecto a la inversión del resto de sus competidores?						
2.3	¿Cuál es el grado de madurez de la metodología utilizada para la valoración financiera y del impacto de sus inversiones en soluciones de Industria 4.0?						
2.4	¿Cuál ha sido su nivel de inversión en soluciones digitales de Industria 4.0 durante los últimos 2 años?						
2.5	¿Cuáles será su nivel de inversión durante los próximos 5 años?						

2.6	¿Qué importancia tiene para su organización la existencia de ayudas (exenciones fiscales, subvenciones, préstamos bonificados, etc.) para implantar soluciones de Industria 4.0?						
3	Innovación						
3.1	¿Qué grado de aportación presentan sus proyectos de I+D+i para la puesta en marcha de soluciones de industria 4.0?						
3.2	¿En qué grado han identificado, valorado y priorizado iniciativas innovadoras orientadas a soluciones de industria 4.0?						
4	Sostenibilidad						
4.1	¿En qué medida cuentan con soluciones digitales que ayudan a mejorar la sostenibilidad de su organización?						
Nota media “Estrategia de mercado y negocio”							
	PROCESOS	1	2	3	4	5	6
5	Digitalización						
5.1	¿Cuál considera que es el nivel de digitalización de sus procesos?						
5.2	¿Cuál es el nivel de uso de habilitadores digitales de industria 4.0 en su cadena de valor?						
5.3	¿En qué medida cuenta con herramientas digitales que le permiten generar flexibilidad y eficiencia en los procesos productivos?						
5.4	Valore la capacidad de la infraestructura tecnológica actual de su empresa para acometer un proceso de transformación a la industria 4.0.						
5.5	¿En qué medida los sistemas de información de su organización generan datos en tiempo real a lo largo de la cadena de valor (información proveniente de la maquinaria o de los procesos)?						
5.6	¿Cuál es el grado de trazabilidad de la información durante el proceso productivo de su empresa?						
5.7	¿Cuál es el nivel de calidad de la información generada por los sistemas de información de su organización?						
6	Integración						
6.1	¿Cuál es el nivel de integración e inteligencia digital de su logística de aprovisionamiento?						

6.2	¿En qué medida se comparten y utilizan los datos generados por los sistemas de información entre las diferentes áreas de la empresa?						
6.3	¿En qué medida se comparten y utilizan los datos generados por los sistemas de información con sus clientes?						
6.4	¿Cuál es el nivel de integración e inteligencia digital con sus clientes (procesos digitales orientados al cliente)?						
6.5	¿En qué medida tiene digitalizados y adaptados sus canales de distribución a las necesidades de sus clientes?						
6.6	¿En qué medida se comparten y utilizan los datos generados por los sistemas de información con sus proveedores?						
6.7	¿Cuál es el nivel de integración digital con sus proveedores?						
6.8	¿Cuál es el nivel de integración e inteligencia digital de su logística de distribución?						
7	Automatización						
7.1	¿Cuál es el grado de automatización actual de los procesos productivos de su organización?						
7.2	¿Cuál es la capacidad actual de su organización para manejar tiempos de producción más cortos?						
7.3	¿Cuál es la capacidad actual de su organización para manejar tamaños de series de producción más cortas?						
7.4	¿Cuál es la capacidad actual de su organización para llevar a cabo una personalización masiva de sus productos y servicios?						
Nota media "Procesos"							
ORGANIZACIÓN Y PERSONAS		1	2	3	4	5	6
8	Modelos de relación y colaboración						
8.1	¿Cuál es el grado de motivación de los empleados de su organización para impulsar de forma proactiva un proceso de transformación a la industria 4.0?						
8.2	¿En qué medida se favorece la colaboración entre departamentos, para generar un escenario de industria 4.0 en su organización, identificando oportunidades para la implantación de soluciones digitales de industria 4.0? ¿Existe una cultura de innovación y del conocimiento?						

8.3	¿En qué medida su organización colabora con otros agentes (proveedores, clientes, entidades financieras, universidades, centros de investigación, clúster...) para el desarrollo de soluciones de industria 4.0?						
9	Habilidades y cualificaciones						
9.1	¿En qué medida tienen detectadas las habilidades y cualificaciones necesarias en sus empleados para la transformación a la industria 4.0?						
9.2	¿En qué medida cuenta su organización con las habilidades y cualificaciones digitales necesarias en relación a las necesidades de la industria 4.0? Ejemplos: - Infraestructura digital - Tecnologías de automatización - Análisis de datos - Seguridad de los datos - Tecnologías Cloud - Software colaborativo						
10	Formación digital						
10.1	¿En qué medida se ha incluido la formación digital sobre Industria 4.0 en el Plan de formación de su organización?						
10.2	¿Cuál es el grado formación actual de sus empleados en cada uno de los procesos, en relación a las necesidades futuras de la Industria 4.0? Ejemplos: - I+D+i -Ventas - Producción -Finanzas - Compras -Servicios Postventa - Logística - IT						
10.3	¿En qué medida su organización invierte en formación digital continúa relacionada con la Industria 4.0?						
Nota media “Organización y personas”							
INFRAESTRUCTURAS		1	2	3	4	5	6
11	Infraestructuras digitales						
11.1	¿En qué medida su empresa dispone de la capacidad tecnológica (infraestructuras digitales) para implantar soluciones de industria 4.0?						

11.2	¿Cuál es el grado de implantación de soluciones de industria 4.0 en su organización?						
11.3	¿Cuál es el grado de flexibilidad e interoperabilidad de la infraestructura de TI de su organización para la integración de soluciones de industria 4.0						
11.4	¿Cuál es el grado de inteligencia de sus infraestructuras digitales?						
12	Soluciones de negocio y control						
12.1	<p>Valore el grado de utilización de las siguientes soluciones en su empresa:</p> <p>MES – Manufacturing execution system</p> <p>ERP – Enterprise resource planning</p> <p>CRM – Customer relationship management</p> <p>PLM – Product lifecycle management</p> <p>PDM – Product data management</p> <p>PPS – Production planning system</p> <p>PDA – Production data acquisition</p> <p>MDC – Machine data collection</p> <p>CAD – Computed-aided design</p> <p>SCM – Supply chain management</p> <p>FCM – Financial chain management</p> <p>HRM – Human resources management</p>						
12.2	<p>Valore el grado de interconexión e interoperabilidad de las siguientes soluciones con el sistema principal de su empresa:</p> <p>MES – Manufacturing execution system</p> <p>ERP – Enterprise resource planning</p> <p>CRM – Customer relationship management</p> <p>PLM – Product lifecycle management</p> <p>PDM – Product data management</p> <p>PPS – Production planning system</p> <p>PDA – Production data acquisition</p> <p>MDC – Machine data collection</p> <p>CAD – Computed-aided design</p> <p>SCM – Supply chain management</p> <p>FCM – Financial chain management</p> <p>HRM – Human resources management</p>						

12.3	<p>Valore el grado de utilización de información en tiempo real en las siguientes soluciones:</p> <p>MES – Manufacturing execution system</p> <p>ERP – Enterprise resource planning</p> <p>CRM – Customer relationship management</p> <p>PLM – Product lifecycle management</p> <p>PDM – Product data management</p> <p>PPS – Production planning system</p> <p>PDA – Production data acquisition</p> <p>MDC – Machine data collection</p> <p>CAD – Computed-aided design</p> <p>SCM – Supply chain management</p> <p>FCM – Financial chain management</p> <p>HRM – Human resources management</p>						
12.4	¿En qué medida se encuentran implantadas herramientas de ciberseguridad y protección de datos en su organización?						
12.5	¿En qué medida se encuentran implantadas herramientas de Big Data o Análisis de datos en su organización?						
12.6	¿En qué medida se encuentran implantadas soluciones Cloud en su organización?						
13	Plataformas colaborativas						
13.1	<p>¿En qué medida se pueden conectar sus procesos funcionales a través de soluciones en la nube con los siguientes agentes del ecosistema industrial de valor?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proveedores - Clientes - Entidades financieras - Universidades - Centros de investigación 						
13.2	<p>¿Cuál es el grado de conexión e intercambio de datos a través de sistemas digitales con los siguientes agentes del ecosistema industrial de valor?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proveedores - Clientes - Entidades financieras - Universidades - Centros de investigación 						

13.3	<p>¿En qué medida su empresa está promoviendo acciones de innovación colaborativa con los siguientes agentes del ecosistema industrial de valor?</p> <ul style="list-style-type: none"> -Proveedores -Clientes -Entidades financieras -Universidades -Centros de investigación 						
Nota media “Infraestructuras”							
PRODUCTOS Y SERVICIOS		1	2	3	4	5	6
14	Componentes y funcionalidades digitales						
14.1	Valore el grado de digitalización del portfolio de productos y servicios que ofrece su empresa						
14.2	<p>Valore el grado de implantación de los siguientes componentes y funcionalidades en sus productos y servicios, convirtiéndolos en productos y servicios inteligentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensores - Memoria - Integración - Localización - Monitorización 						
14.3	¿En qué medida el uso de productos y servicios inteligentes le ha permitido la obtención de nuevos clientes y/o ingresos?						
14.4	Valore el impacto en la optimización de los costes con el uso de productos y servicios inteligentes en su empresa						
15	Productos y servicios interconectados						
15.1	¿En qué medida sus productos y servicios son interoperables y se pueden interconectar a productos y servicios externos?						
15.2	¿En qué medida la hiperconectividad de sus productos y servicios le permiten disponer de información exhaustiva con valor para su empresa?						
15.3	¿En qué medida la interconexión de productos y servicios le han permitido generar nuevos productos y servicios, así como nuevas necesidades y mercados?						

15.4	¿En qué medida los productos y servicios interconectados han transformado su modelo de negocio?						
16	Recopilación, análisis y uso de datos						
16.1	¿En qué medida los productos y servicios de su empresa permiten la recogida de información durante su uso						
16.2	Valore el grado de análisis y uso de los datos que recopila desde la fase de uso de sus productos y servicios						
16.3	¿En qué medida los productos y servicios de su empresa permiten el análisis y el uso de la información de manera automática (nivel de inteligencia artificial de los productos y servicios)?						
16.4	¿En qué medida utiliza las siguientes tecnologías para captar y/o analizar la información? - Sensores - Aplicaciones móviles - Big Data / Analytics - Social Media						
16.5	¿En qué grado su empresa realiza un análisis predictivo de las necesidades de sus clientes?						
Nota media “Productos y servicios”							
Suma de todas las notas (sobre 396)							
Nivel de madurez (sobre 1000)							

CRITERIOS DE EVALUACIÓN:

1.1-No existe una estrategia de transformación a la Industria 4.0 / Estrategia en definición / Estrategia definida / Estrategia en implantación / Estrategia implantada

1.2-Nulo/Muy bajo / Bajo / Medio / Alto / Muy alto

1.3-Sin importancia / importancia muy baja / baja / media / alta / muy alta

1.4- Sin implantación / muy baja / baja / media / alta / muy alta

2.1- Sin inversión / muy baja / baja / media / alta / muy alta

2.2- Sin inversión / muy baja / baja / media / alta / muy alta (más de un 30% de su presupuesto disponible)

2.3-Sin metodología de valoración de inversiones / metodología con poca madurez / la valoración es exclusivamente financiera / la valoración es exclusivamente del impacto de las inversiones / metodología probada de valoración financiera y de impacto de las inversiones

2.4- Sin inversión / muy baja / baja / media / alta / muy alta (más de un 30% de su presupuesto disponible)

2.5- Sin inversión / muy baja / baja / media / alta / muy alta (más de un 30% de su presupuesto disponible)

2.6- Sin importancia / importancia muy baja / baja / media / alta / muy alta

3.1- Sin aportación / muy baja / baja / media / alta / muy alta

3.2- No hemos identificado ninguna iniciativa de industria 4.0 / Iniciativas identificadas / Iniciativas valoradas / Iniciativas priorizadas / Iniciativas piloto en marcha / Iniciativas implantadas

4.1- No contamos con ninguna solución / Tenemos un proyecto piloto / Soluciones en implantación / Soluciones implantadas

5.1- Nulo / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

5.2- Nulo / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

5.3-Las herramientas digitales no generan flexibilidad y eficiencia en los procesos productivos / muy poca / poca / media / alta / muy alta

5.4- Sin capacidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta

5.5- Sin datos en tiempo real / muy pocos / pocos / suficientes / muchos datos en tiempo real

5.6- Sin trazabilidad en ningún proceso / muy baja / baja / media / alta / muy alta

5.7-No se genera información / información con calidad muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.1- No existe integración digital de la logística a través de sistemas de información / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.2- Los datos generados no se comparten fuera del área en la que se generaron / se comparten fuera del área, pero de forma muy limitada / limitada / media / alta / muy alta

6.3- Los datos generados no se comparten fuera del área en la que se generaron / se comparten fuera del área, pero su utilización es muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.4- No existe integración digital a través de sistemas de información con clientes / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.5- No existe ningún canal de integración digital a través de sistemas de información con clientes / algunos canales / los más relevantes / casi todos / todos los canales

6.6-Los datos generados no se comparten fuera del área en la que se generaron / se comparten fuera del área, pero su utilización es muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.7-No existe integración digital a través de sistemas de información con proveedores / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta

6.8-Sin adaptación / adaptación muy baja / baja / media / alta / muy alta

7.1- Ninguna etapa del proceso productivo automatizado / algunas etapas clave / etapas más críticas / mayoría de etapas del proceso productivo automatizadas

7.2- Sin capacidad para varias los tiempos de producción de forma significativa / muy baja / baja / media / alta / muy alta

7.3-Sin capacidad para varias los tamaños de series de producción de forma significativa / muy baja / baja / media / alta / muy alta capacidad de variar los tamaños de series de producción

7.4- Sin capacidad para personalizar la producción de forma significativa / muy baja / baja / media / alta / muy alta capacidad de personalizar los productos y servicios

8.1- Sin motivación / muy poco motivados/ poco motivados / motivación media / alta / muy alta

8.2- No existe colaboración / colaboración muy baja / baja / media / alta / muy alta

8.3-Sin colaboración / muy poca / poca / media / alta / muy alta

9.1- Sin detectar / grado de detección muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

9.2- La organización se encuentra sin ninguna capacidad en las principales soluciones de industria 4.0 / muy bajas capacidades / bajas / medias / altas / muy altas capacidades en casi todas las soluciones industria 4.0 que aplican en la organización

10.1- No contemplada / sin planificar / en planificación / parcialmente incluida / totalmente incluida

10.2- Sin formación en ninguno de los procesos / muy baja y en algún proceso / baja / media / alta / muy alta y en todas las áreas

10.3-Sin inversión / inversión muy baja en relación con el presupuesto (<5%) / baja / media / alta / muy alta (>30%)

11.1- Sin capacidad en infraestructuras hardware, software, conectividad y sistemas de información en ningún proceso / muy baja y en alguna área / baja / media / alta / muy alta y en todos los procesos

11.2- Sin implantación (no ha implantado sistemas de información integrados en ningún proceso, no dispone de capacidades de automatización) / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto (dispone de sistemas de implantación integrados en todos los procesos, dispone de capacidades de automatización y sensorización de los procesos para su monitorización en tiempo real)

11.3-Sin flexibilidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta

11.4-Infraestructuras inflexibles, no escalables ni integradas / muy baja flexibilidad, escalabilidad e integración / baja / media / alta / muy alta flexibilidad, escalabilidad e integración

12.1- Sin uso de ninguna en ningún proceso / uso muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto uso y en todos los procesos

12.2- Sin integración digital / integración digital muy baja / baja / media alta / muy alta

12.3-Sin datos en tiempo real de ninguna de las mencionadas / muy pocos y de algunas / pocos / suficientes / muchos datos en tiempo real y de casi todas las mencionadas

12.4-Sin implantación, no existe diagnóstico de riesgos ni estrategia de ciberseguridad / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto, existe diagnóstico, mapa de riesgos, planes de contingencia y continuidad del negocio

12.5-Sin implantación / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

12.6-Sin implantación / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

13.1- Sin integración digital en ninguna de las áreas mencionadas / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta y en casi todas las áreas mencionadas
13.2- Sin integración digital en ninguna de las áreas mencionadas / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta y en casi todas las áreas mencionadas
13.3-Nula / muy baja y con alguno de los agentes mencionados / baja / media / alta / muy alta y con todos los agentes mencionados

14.1- Nulo, no dispone de conectividad / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto
14.2- Nulo, ninguno de los mencionados / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto
14.3-Nula / muy baja / baja / media / alta / muy alta
14.4-Sin impacto / muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto

15.1- Sin integración digital / integración digital muy baja / baja / media / alta / muy alta
15.2- Sin capacidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta
15.3- Sin capacidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta
15.4- Nula / muy baja / baja / media / alta / muy alta

16.1- Sin capacidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta
16.2- Los datos no se almacenan ni se comparten en la organización / se almacenan y comparten, pero tienen un uso muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto
16.3- Los datos no se almacenan y no se tratan / se almacenan y se tratan, pero su uso es muy bajo / bajo / medio / alto / muy alto, los datos tratados se utilizan para añadir servicios de valor al cliente de un modo autónomo por parte del producto
16.4- Nula en las tecnologías mencionadas / muy baja en alguna de las tecnologías mencionadas / baja / media / alta / muy alta en todas las tecnologías mencionadas
16.5- Sin capacidad / muy baja / baja / media / alta / muy alta