



ESCUELA DE NEGOCIOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL
UNIVERSIDAD TÉCNICA
FEDERICO SANTA MARÍA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
Escuela de Negocios Departamento de Ingeniería Comercial
MBA, Magíster en Gestión Empresarial

OPORTUNIDADES DE INDUSTRIA 4.0 PARA EL SECTOR MANUFACTURERO EN CHILE

Tesina de Grado presentada por:
Octavia Yaneth Sepúlveda Neira
Como requisito para optar al grado de
MBA, Magister en Gestión Empresarial

Guía de Tesina: Sr. Francisco Lagos Peralta

Mayo 2019

**TITULO DE TESINA: “OPORTUNIDADES DE INDUSTRIA 4.0
PARA EL SECTOR MANUFACTURERO
EN CHILE”**

AUTOR: Octavia Yaneth Sepúlveda Neira

TRABAJO DE TESINA, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

OBSERVACIONES: _____

COMISIÓN DE TESINA: Francisco Lagos Peralta

Jorge Cea V.

Sergio Monroy M.

Concepción, Mayo 2019

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: OCTAVIA YANETH
SEPÚLVEDA NEIRA

Fecha: 28 de Junio 2019

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos.....	4
Índice de Ilustraciones	6
Resumen Ejecutivo	9
1. Introducción.....	10
2. Origen y Propósito del estudio	10
3. Hipótesis	10
4. Objetivos	10
4.1. Objetivo Principal.....	10
4.2. Objetivos Específicos.....	10
5. Alcance del estudio:	11
6. Metodología de trabajo:.....	11
7. Estado del Arte:.....	11
7.1. Antecedente del Estado del Arte:.....	11
7.2. Marco teórico del Estado del Arte:.....	12
7.2.1. ¿Qué es Industria 4.0?	12
8. Desarrollo de la propuesta:.....	14
8.1. ¿Qué oportunidades entrega Industria 4.0?	14
8.2. ¿Cómo avanza el resto del mundo a Industria 4.0?.....	25
8.3. ¿Qué oportunidades tiene para la Manufactura?.....	36
8.4. ¿Cómo estamos en Chile en Manufactura 4.0?.....	41
8.5. ¿Qué metodologías de transformación existen?	46
8.6. ¿Cómo debe iniciar su transformación cualquier empresa de Manufactura Chilena?	55

9. Conclusiones:	60
10. Webgrafías:	62

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Evolución Revoluciones Industriales (Fuente:Google)	iError! Marcador no definido.
Ilustración 2: Características Smart Factory (Fuente: Deloitte)	13
Ilustración 3- Tecnologías digitales que transforman los negocios (Fuente: PwC)	14
Ilustración 4- Tecnologías digitales foco clientes (Fuente: Deloitte)	15
Ilustración 5- Oportunidades de integración en la cadena de valor (Fuente: PwC)	16
Ilustración 6- Tecnologías que aportan valor (Fuente: PwC)	17
Ilustración 7- Tecnologías con mayor proyección (Fuente: PwC)	17
Ilustración 8- Tecnologías que apoyan los procesos (Fuente: Mckinsey)	19
Ilustración 9- Uso de tecnologías en procesos (Fuente: PwC)	21
Ilustración 10- Mejoras relevantes por uso de tecnologías (Fuente: PwC)	22
Ilustración 11- Tecnologías más utilizadas y con mayor proyección (Fuente: PwC)	23
Ilustración 12- Oportunidades de procesos a digitalizar (Fuente: Deloitte)	24
Ilustración 13- Zonas geográficas con nivel de inversion digital (Fuente: PwC)	25
Ilustración 15- Categorías de digitalización de las empresas (Fuente: PwC)	26
Ilustración 16- Niveles de digitalización de las industrias (Fuente: Mckinsey)	26
Ilustración 17- Matriz Transformación Digital de sectores económicos (Fuente: Capgemini)	27
Ilustración 18- Matriz madurez digital por sectores (Fuente: Deloitte)	28
Ilustración 19- Matriz de oportunidades de madurez Lean y digital (Fuente: BCG)	28
Ilustración 20- Evolucion madurez digital por sectores (Fuente: Mckinsey)	29
Ilustración 21- Oportunidades de transformación en los sectores por procesos (Fuente: Mckinsey)	30
Ilustración 22- Dimensiones a desarrollar para avanzar en madurez digital (Fuente: PwC)	32

Ilustración 23- Procesos a abordar para avanzar en madurez digital (Fuente: Deloitte)	33
Ilustración 24- Mejoramientos por categorías en horizonte (Fuente: Deloitte)	34
Ilustración 25- Oportunidades de abordar la transformación digital con LEAN (Fuente: BCG)	35
Ilustración 26- Evolución manufactura países más relevantes (Fuente: World Bank)	36
Ilustración 27.1- Tecnologías utilizadas actualmente en los sectores industriales	37
Ilustración 27- b-Tecnologías más utilizadas Manufactura China (Fuente: Ministerio Industria IT China)	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 28- Roadmap digital China al 2050 (Fuente: Ministerio Industria IT China)	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 29- Tecnologías manufactura digital (Fuente: CORFO)	38
Ilustración 30- Comparación Manufactura tradicional vs avanzada (Fuente: BCG)	39
Ilustración 31- Transformación Manufactura Digital (Fuente:Capgemini)	39
Ilustración 32- Esquema Manufactura Avanzada (Fuente: CORFO)	40
Ilustración 33- Exportaciones Manufactura Chile al 2016 (Fuente: OCDE)	41
Ilustración 35- Exportaciones y Productividad Manufactura Chile 2017 (Fuente: OCDE)	42
Ilustración 36- Ranking países OCDE en I+D al 2015 (Fuente: OCDE)	42
Ilustración 37- Estrategia Transformación Digital Manufactura (Fuente: CORFO)	44
Ilustración 38- Evaluación Manufactura Tradicional a Digital (Fuente: CORFO) ...	44
Ilustración 39- Beneficios Manufactura Digital percibida por el sector (Fuente: CORFO)	45
Ilustración 40- Tecnologías de Manufactura Digital en Chile (Fuente: CORFO)	45
Ilustración 42- Metodología de Transformación Capgemini Consulting (Fuente: Capgemini)	47
Ilustración 43- Metodología Transformación Berger 2015 (Fuente: Roland Berger)	48
Ilustración 44- Modelo Madurez Digital (Fuente: Federacion de Ingenieria alemana)	50

Ilustración 45- Modelo Madurez Digital (Fuente: PwC)	51
Ilustración 46- Grafica autodiagnostico madurez (Fuente: PwC)	52
Ilustración 47- Modelo Madurez Digital (Fuente: Capgemini)	53
Ilustración 48- Componentes Modelo Madurez Digital (Fuente: Capgemini).....	53
Ilustración 49- Roadmap transformación digital (Fuente: University of Applied Sciences).....	54
Ilustración 50- Modelo Transformación Manufactura Chilena- Paso 1 (Fuente: Propia)	55
Ilustración 51- Modelo Transformación Manufactura Chilena- Paso 2 (Fuente: Propia)	56
Ilustración 52- Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 3 (Fuente: Propia).....	56
Ilustración 53 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 4 (Fuente: Propia).....	58
Ilustración 54 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 5 (Fuente: Propia).....	58
Ilustración 55- Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 6 (Fuente: Propia).....	59
Ilustración 56 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Resultado (Fuente: Propia).....	59

Resumen Ejecutivo

Debido a las ventajas competitivas que podrán desarrollar los países líderes en Manufactura a nivel global gracias a la revolución de Industria 4.0, se hace relevante que nuestro sector manufacturero en Chile avance en la transformación digital para aprovechar las oportunidades de mejora que esta permite para asegurar su sustentabilidad en el mercado.

Por lo anterior se abordará en esta tesina las oportunidades de mejora que permite la Industria 4.0 al sector manufacturero y cómo a través de los distintos habilitadores y uso de metodologías, las empresas pueden establecer su camino hacia la transformación digital y así lograr nuevas ventajas competitivas.

Con ello esta tesina servirá de apoyo a las empresas del sector manufacturero chileno, para iniciar su diagnóstico preliminar y visualizar los beneficios que proporcionan las tecnologías al mejoramiento continuo de los procesos y la cadena de valor de cada empresa, para que así sean consideradas en los planes estratégicos de las empresas del sector, lo que les permitirá mantener su sostenibilidad y competitividad en un mercado global.

1. Introducción

El concepto de Industria 4.0, como la 4ta. Revolución Industrial, está cada vez tomando más relevancia en el contexto global, tanto es así, que en Google existen ya más de 38 millones de coincidencias del concepto, por lo cual resulta interesante analizar cómo esta revolución nos puede beneficiar como país a Chile, para ello se invita al lector a seguir leyendo esta tesina, que le permitirá conocer cómo está avanzando esta revolución a nivel mundial y comprender los beneficios que le puede proporcionar a las empresas del sector manufacturero chileno.

2. Origen y Propósito del estudio

La economía en Chile tiene una fuerte componente de exportaciones del sector industrial, se visualiza que la 4ta revolución industrial denominada “Industria 4.0” le otorga oportunidades que permitirán mejorar sus eficiencias, generar ventajas competitivas y en consecuencia asegurar la sustentabilidad futura en el cambiante contexto global, por lo cual esta temática es abordada en esta tesina.

3. Hipótesis

4. Objetivos

4.1. Objetivo Principal

El objetivo principal de esta tesina es presentar las oportunidades de mejora que permite la Industria 4.0 al sector manufacturero, y cómo a través de la utilización de metodologías sencillas puede establecer su hoja de ruta individual de transformación digital en función de su nivel de madurez digital actual y las oportunidades de mejoras que quiera adoptar para lograr las ventajas competitivas en el sector.

4.2. Objetivos Específicos

1. Presentar el contexto de Industria 4.0 y los beneficios que permitirá a nivel global.
2. Diagnosticar situación actual a nivel global y específicamente en el sector manufacturero.
3. Conocer los modelos y metodologías que le permiten a las empresas establecer su hoja de ruta para realizar la transformación digital.

5. Alcance del estudio:

El alcance considera el sector manufacturero chileno, excluyendo el sector minero que ya cuenta con avances y recursos significativos para avanzar en esta temática.

6. Metodología de trabajo:

Básicamente la metodología utilizada es la investigación y análisis de diversos estudios, investigaciones y publicaciones de distintos autores y empresas reconocidos a nivel mundial en esta temática.

Esta tesina considera una investigación de tipo Descriptiva y Comparativa.

7. Estado del Arte:

7.1. Antecedente del Estado del Arte:

En los últimos años a nivel mundial se han ido incrementando los requerimientos de mercado, en temas tales como; competitividad internacional, incremento en la volatilidad de los mercados, demanda de productos altamente personalizados y reducción de los ciclos de vida de los productos.

Sumado a lo anterior, el rápido progreso tecnológico en tendencias tales como; digitalización, internet de las cosas (IoT), Servicios por Internet (IoS) y sistemas de ciberseguridad física (CPS) son cada más más relevante en la transformación de las actuales empresas, pero también permite la aparición de nuevas empresas, complejizando así entorno competitivo.

Sin duda Industria 4.0 será el nuevo hito que cambie la historia del desarrollo económico de las industrias y países, asegurando con ello mejoramiento continuo y sustentabilidad futura, así como ha venido ocurriendo en los últimos años.

Dado lo anterior Industria 4.0 traerá múltiples beneficios a las industrias en términos de: Optimización de Procesos de Producción e incorporar nuevas tecnologías, creando entornos ciberseguros y disminuyendo los costos, mejorando la gestión y colaboración del conocimiento interno.

7.2. Marco teórico del Estado del Arte:

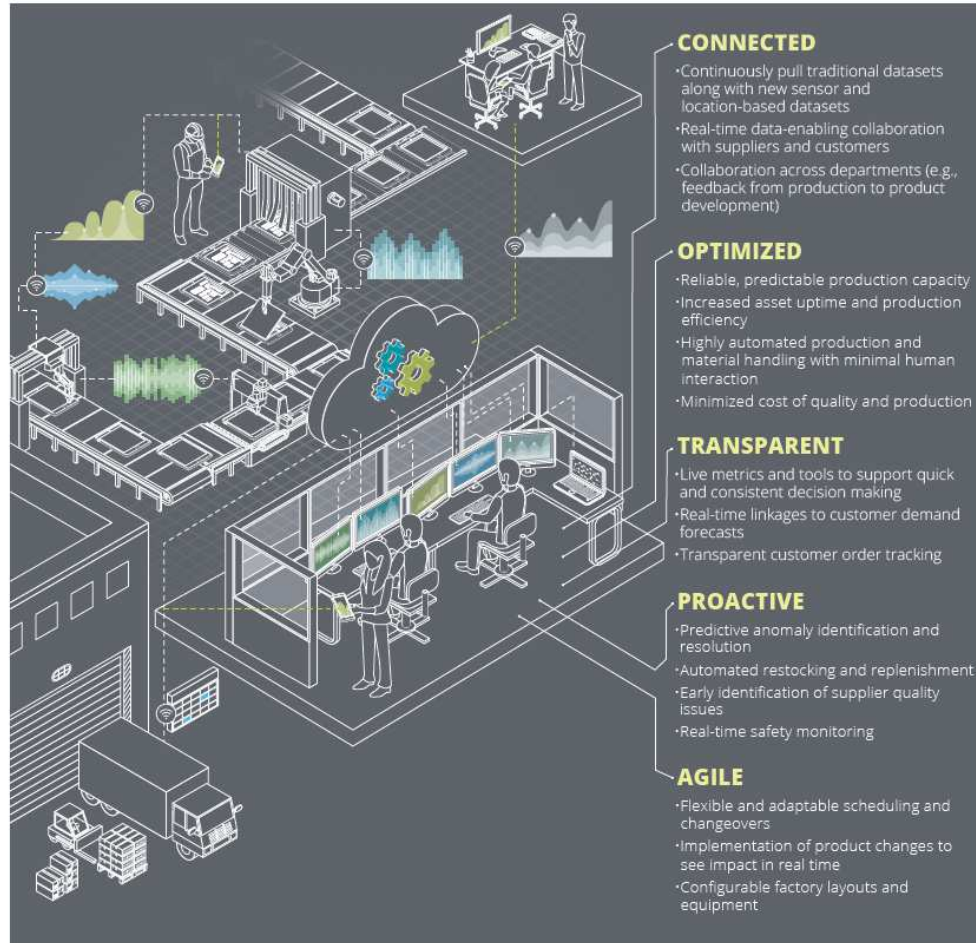
7.2.1. ¿Qué es Industria 4.0?

El concepto Industria 4.0 comienza a utilizarse en la última década en Europa en el sector industrial, específicamente en Alemania quienes fueron precursores en aplicar tecnologías para iniciar su transformación de industrias a “Smart manufacturing” (Industria Inteligente) donde sus componentes claves son:

- **Sistemas de Ciberseguridad física (CPS):** que brindan seguridad física y virtual a la integración de procesos físicos y tecnológicos.
- **Internet de las cosas (IoT)** que permite contar con dispositivos “smart” (inteligentes) que proporcionan información relevante a través de internet, que ha permitido a las industrias automatizar la operación y monitoreo de sus procesos.
- **Servicios por Internet (IoS):** en Internet cada vez existen más servicios disponibles para uso a nivel global, tales como: servicios orientados a arquitecturas (SOA), software como servicios (SaaS) o procesos outsourcing de negocios (BPO), entre otras.
- **Smart Factory:** son las llamadas fábricas inteligentes, que permiten descentralizar el sistema de producción y operarse en forma automatizada con sensores, dispositivos inalámbricos, IoT, aplicaciones de realidad aumentada, vehículos autónomos, robots, drones, análisis con Big Data y Machine Learning, etc.

(Deloitte, “The smart factory”, 2017) nos muestra las grandes características de una Smart Factory como muestra la figura:

Figure 2. Five key characteristics of a smart factory



Source: Deloitte analysis.

Deloitte University Press | dupress.deloitte.com

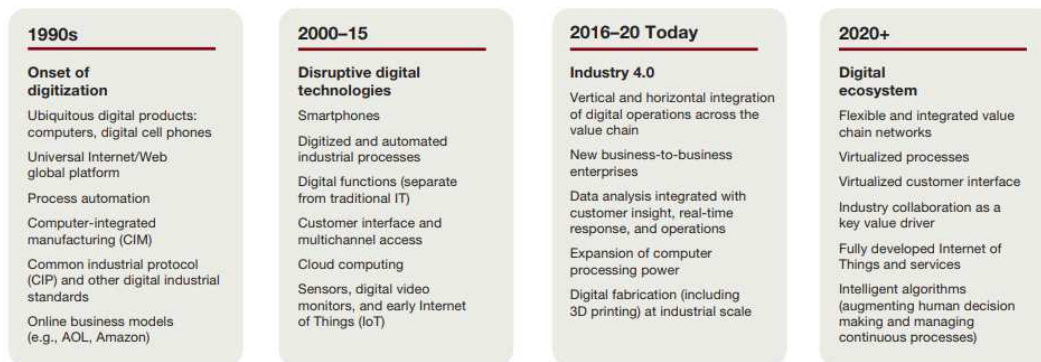
Ilustración 1: Características Smart Factory (Fuente: Deloitte)

8. Desarrollo de la propuesta:

8.1. ¿Cuáles oportunidades trae Industria 4.0?

(PwC: “Industry 4.0: Opportunities and challenges for consumer product and retail companies”, 2016), nos muestra como las tecnologías durante los últimos 20 años han ido transformando digitalmente las industrias y como lo seguirán haciendo durante los próximos años.

Digital technologies have evolved to today's tipping point



Industry 4.0 is a natural outgrowth of the third industrial revolution, which fully transformed the nature of commerce in the second half of the 20th century with an array of computerization and IT advances. It was a period of big changes for retail and consumer goods companies, marked by the emergence of credit cards, back-office and warehouse automation, just-in-time supply chains, and the first online business models.

Ilustración 2- Tecnologías digitales que transforman los negocios (Fuente: PwC)

Aquí se observa que en los próximos años no solo las industrias avanzarán hacia “Industria 4.0” sino también los mercados pasarán a constituir “Ecosistemas Digitales”, en donde se logrará:

- Flexibilizar e integrar redes de cadena de valor
- Virtualizar los procesos y la interacción con clientes
- Colaboración industrial clave en la cadena de valor
- Desarrollo completo en internet de las cosas
- Algoritmos inteligentes que permitan gestionar procesos continuos, reemplazando incluso en algunas decisiones a los humanos.

Por lo tanto, se visualiza un exponencial crecimiento y potencial de crecimiento industrial en las siguientes décadas, por lo cual, todos los países deben prepararse para esta revolución.

(Deloitte, “The smart factory”, 2017), señala que el foco de la transformación se centrará en la automatización de procesos y la experiencia de clientes, como muestra la gráfica:

FIGURE 5
The scope and span of digital varies across enterprises, but process transformation and customer experience drive digital focus
 What are the primary focus areas of digital within your organization? (Please rank your top five.)

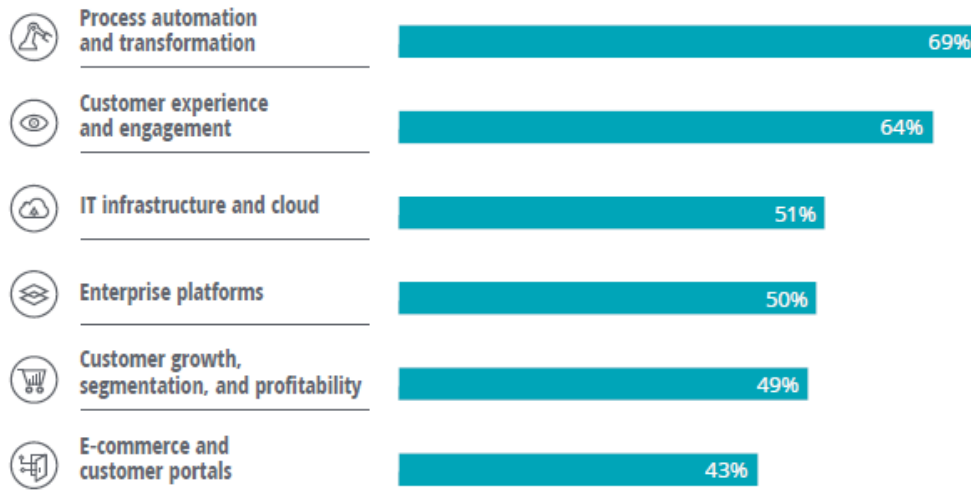


Ilustración 3- Tecnologías digitales foco clientes (Fuente: Deloitte)

(PwC, “Industry 4.0: Building the digital Enterprise”, 2016), presenta los procesos de la cadena de valor de las empresas que se ven beneficiados con Industria, tales como:

- **Nuevos modelos digitales de negocios:** con optimización y actualizaciones de hardware digital, modelos de pago por uso, gestión total de plataformas, análisis de grandes volúmenes de información y gestión del desempeño.
- **Ingeniería Digital:** con colaboración descentralizada en las etapas de investigación y desarrollo de ingeniería, modelamiento y simulación digital.
- **Integración Vertical:** con gestión del ciclo de vida del producto, fábrica digital, automatización de máquinas, sistemas de ejecución de manufactura (MES), gestión avanzada de activos, control coordinación digital de la producción.
- **Integración Horizontal:** con planificación y ejecución en tiempo real, visibilidad logística, análisis de la cadena de suministro, gestión inteligente de bodegas y logística, etc.
- **Mantenimiento y Servicios Inteligentes:** mantenimiento predictiva, ingeniería digital integrada, soluciones de realidad aumentada
- **Digitalización área de apoyo:** Control financiero electrónico, gestión digital de recursos humanos, colaboración del conocimiento interno, metodología ágil en informática.
- **Ventas y Marketing digital:** gestión digital de la relación con clientes, múltiples canales de comercialización, portales de autoservicio al cliente,

algoritmos de precios dinámicos, servicios de marketing y ventas personalizadas, pago electrónico.
 Como muestra el siguiente esquema:

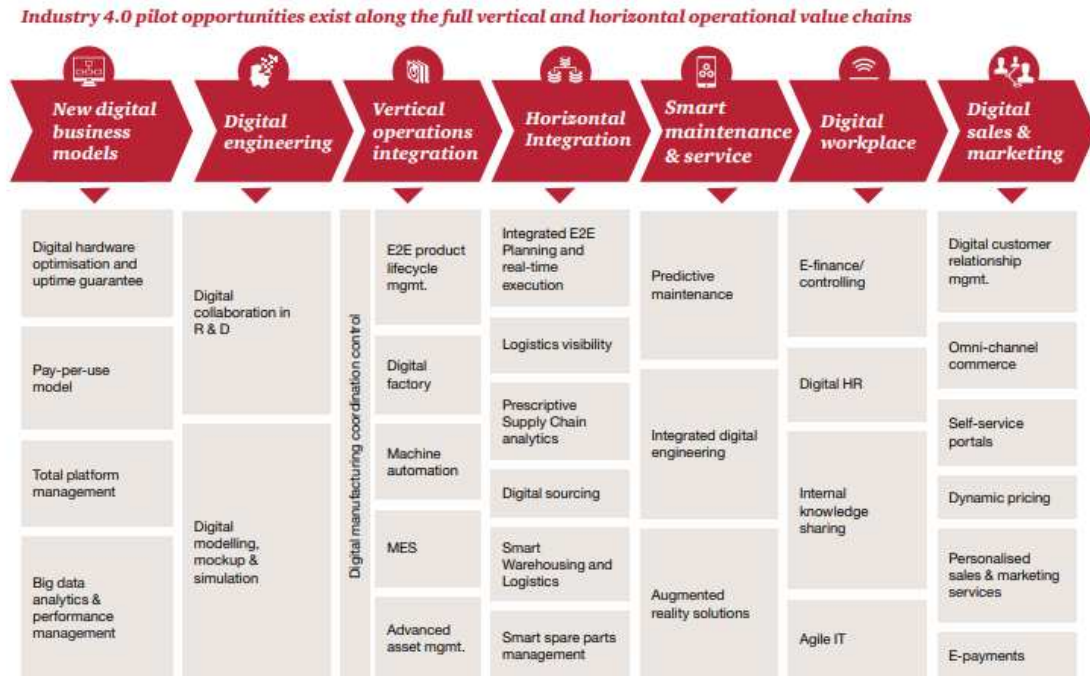


Ilustración 4- Oportunidades de integración en la cadena de valor (Fuente: PwC)

(PwC, “Industry 4.0: Building the digital Enterprise”, 2016), identifica los habilitadores tecnológicos que les permitirán a las empresas alcanzar los siguientes focos estratégicos en su camino a la transformación digital.

Los focos cubiertos son:

- Digitalización en la integración vertical y horizontal de la cadena de valor:
- Digitalización de productos y servicios ofrecidos
- Digitalización de modelos de negocios y acceso clientes.

Con los siguientes habilitadores tecnológicos: Dispositivos móviles, Dispositivos inteligentes (IoT), Geolocalización, Interfaz avanzada hombre/máquina (Robots), Autenticación y detección de fraude (Cyberseguridad), impresión 3D, sensores inteligentes, análisis con Big Data y algoritmos avanzados, perfilamiento y multiniveles de interacción con clientes, Realidad aumentada, computo en la nube (Cloud). Como muestra la siguiente figura:

Industry 4.0 framework and contributing digital technologies

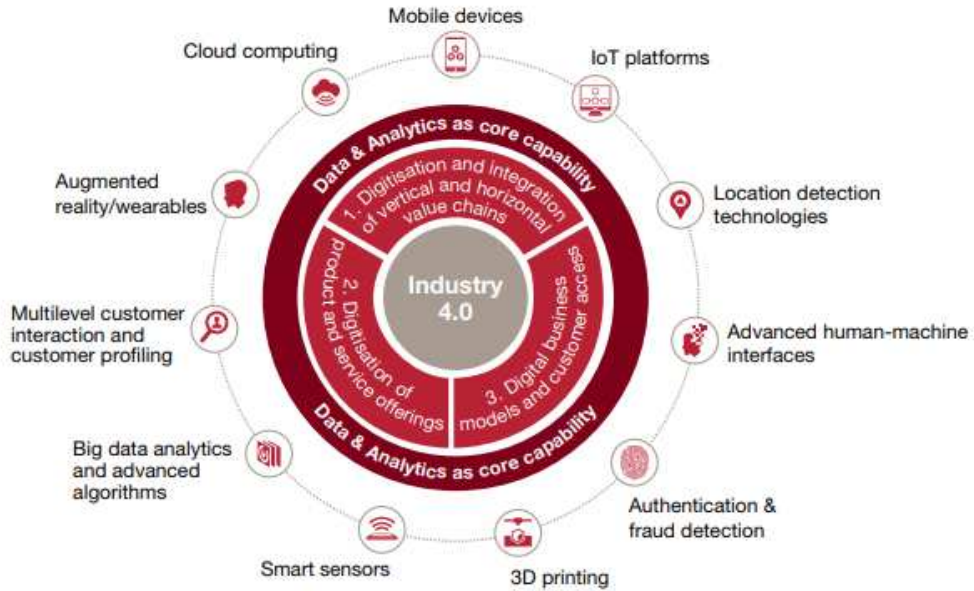


Ilustración 5- Tecnologías que aportan valor (Fuente: PwC)

De estos habilitadores tecnológicos ya mencionados, destaca aquellos que tendrán una adopción relevante durante los próximos años, estos son: Sensores, Impresión 3D, Realidad aumentada, robots humanoides, inteligencia artificial y drones. El crecimiento estimado se muestra en las siguientes gráficas:

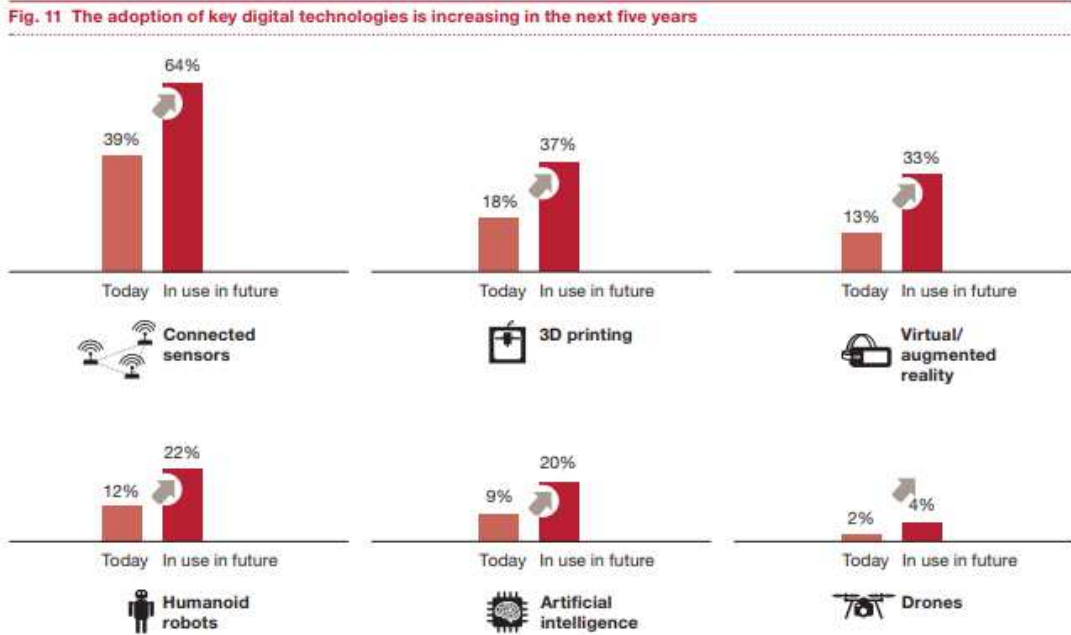


Ilustración 6- Tecnologías con mayor proyección (Fuente: PwC)

(Mckinsey, "Manufacturing's next act", 2015) por otro lado, nos muestra los distintos procesos que se pueden digitalizar permitiendo beneficiar la cadena de valor de una industria, como se describe a continuación:

- **Procesos y recursos:** consumo inteligente de energía, dispositivos inteligentes (IoT), optimización en terreno en tiempo real.
- **Utilización de activos:** flexibilidad en el ruteo de mantención y en el uso de las máquinas, control y monitoreo remoto, mantención predictiva y realidad aumentada en la mantención correctiva.
- **Laboral:** colaboración con robot humanoides, control y monitoreo remoto, gestión digital del desempeño, automatización del conocimiento.
- **Inventario:** impresión 3D localmente, optimización en tiempo real de la cadena de suministro, tamaños de lote
- **Calidad:** control estadístico de procesos, control avanzado de procesos, gestión digital de la calidad
- **Demanda Clientes:** predicción de demanda en base a datos, diseño producto en base a datos de preferencias
- **Tiempo de puesta en venta de un producto:** innovación y co-creación de productos abierta a clientes, ingeniería concurrente, simulación y rápida experimentación.
- **Servicio Post Venta:** mantención predictiva, mantención remota, guía virtual de autoservicio.

A continuación, se presenta este análisis de forma gráfica:

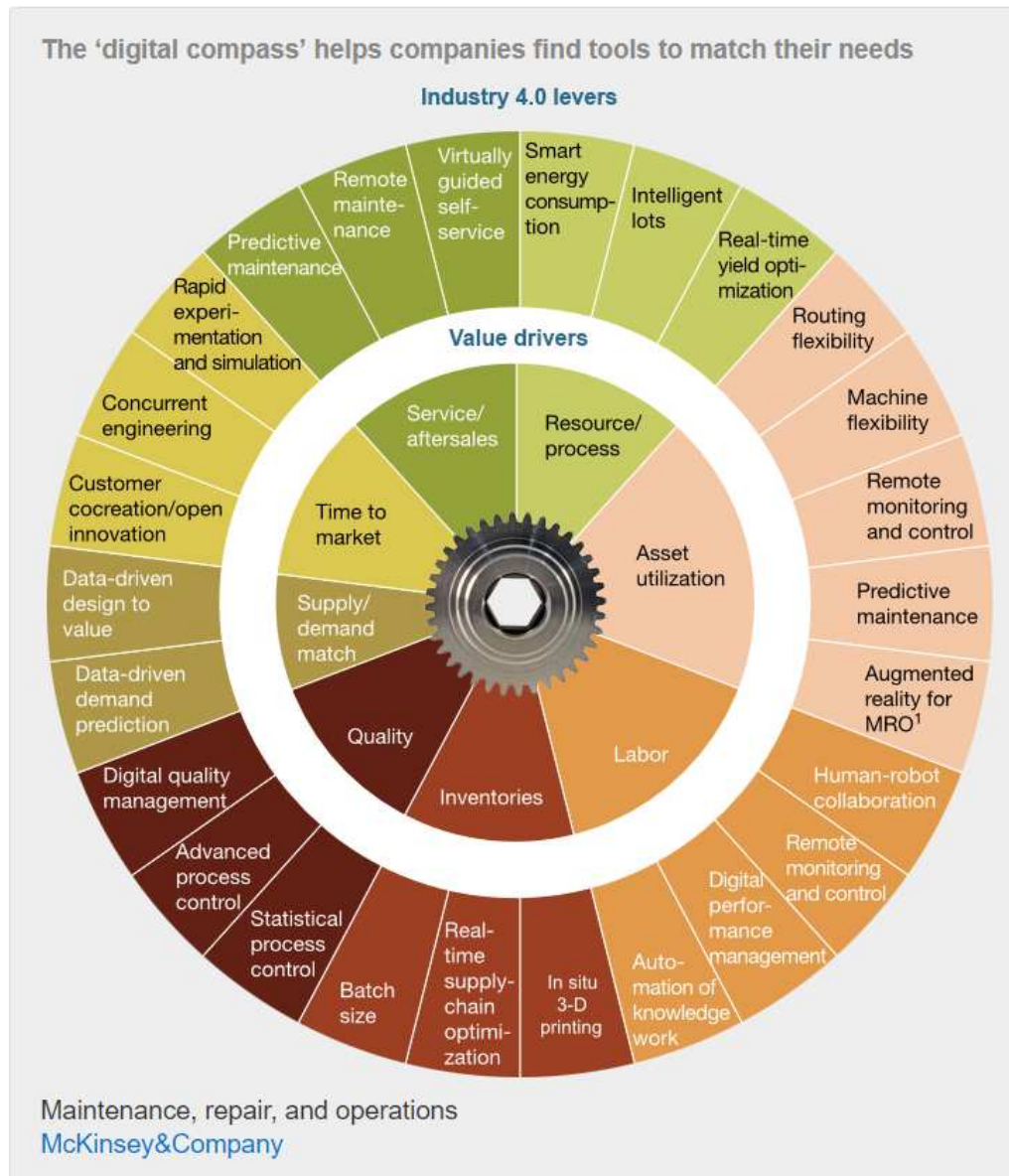


Ilustración 7- Tecnologías que apoyan los procesos (Fuente: Mckinsey)

(PwC, “Digital Factories 2020 shaping the future of manufacturing”, 2017), propone la utilización de las siguientes tecnologías aplicadas a procesos de industria, tales como:

- **Gemelo digital en la industria:** que ayuda en la planificación, diseño y construcción de una industria, se puede usar para soportar pruebas, simulación y comisionamiento de construcción.
- **Gemelo digital en la activación de la producción:** que se usa para diseñar, levantar y apagar en forma virtual la operación, el foco es la simulación de la activación de la operación, fijar y optimizar los parámetros claves y conceptos tales como mantención predictiva y realidad aumentada.
- **Gemelo digital del producto:** es la representación digital del producto, forma parte del proceso de Investigación y Desarrollo, ayuda a realizar una simulación y pruebas del producto antes que sea procesado realmente.
- **Fabrica conectada:** se refiere a conectar objetos relevantes para la industria, tales como; recursos, maquinas, productos, vehículos de transporte, entre otros, con el propósito de controlar y optimizar los procesos. En este nivel encontramos los Sistemas de Ejecución de Manufactura (MES) que se integran con sistemas ERP que permiten integrar la planificación.
- **Producción modular de activos:** considera la producción modular utilizando robots, vehículos de almacenamiento, entre otros, que permiten una flexible integración de la producción.
- **Métodos de producción flexible:** con procesos tales como manufactura aditiva con impresión 3D y múltiples tecnologías que le permiten incrementar flexibilidad drásticamente.
- **Automatización del proceso de visualización:** que considera automatización y visualización de los procesos de la industria, por ejemplo, con aplicaciones móviles (apps) combinada con realidad virtual aumentada, utilizando Tablet y lentes digitales (glasses), que permiten la colaboración entre personas y máquinas con interfaces innovadoras.
- **Planificación Integrada:** planificación y programación integrada en el ERP desde la información del MES, incluye algunas veces integración con proveedores o clientes.
- **Logística autónoma entre plantas:** son sistemas capaces de operar y optimizar las actividades logísticas sin la intervención humana. Estos sistemas operan con información de sensores y procesos en tiempo real, con información del entorno exterior para navegar en forma segura, ejemplo de esto son los drones y vehículos guiados en forma automática.
- **Mantención predictiva:** permite monitoreo remoto de las condiciones dinámicas de las maquinas, utilizando datos de sensores y análisis de grandes volúmenes de información de tipo Big Data, que permiten predecir las situaciones de mantención y reparación. Esto ayuda a incrementar la capacidad productiva de la industria y optimizar los recursos de mantención.
- **Optimización de procesos y calidad a través de Big Data:** lo que le permite detectar patrones en la producción y calidad, permitiendo con ello los

procesos a través de modelos estadísticos que mejoran el conocimiento de la industria.

- **Optimización de la energía:** a través del análisis de datos se pueden controlar y optimizar los recursos energéticos basado en la demanda de clientes y capacidad de proveedores.
- **Transferencia de parámetros de producción:** transferencia automática de parámetros de producción a otras industrias para ser optimizadas en conjunto.
- **Industria digital completamente autónoma:** son industrias que se operan en forma totalmente digital a través de Machine Learning, que sólo inicialmente son configuradas por personas, pero que luego en el tiempo van aprendiendo con algoritmos la operación óptima de la planta, ya que todos sus datos están monitoreados.
- **Ubicación y seguimiento:** los materiales y los productos pueden ser localizados en la industria gracias a los sensores y las plataformas MES y ERP, esto provee total transparencia en el progreso de la producción y niveles de inventario.

1	Digital twin of the factory	The digital twin of the factory helps to plan, design and construct the factory building and infrastructure. It can be used to support testing, simulating and commissioning the building
2	Digital twin of the production asset	A digital twin of one or more production assets is used for design, virtual startup and ongoing operation. The focus is on simulating an asset's operations, to set and optimise its key parameters and enable concepts such as predictive maintenance or augmented reality
3	Digital twin of the product	A digital twin of the product is a digital representation of the product and links Engineering and Product Lifecycle Management (PLM) with factory operations. It is engineered as part of the R&D process and helps driving frontloading in product development by making it possible to simulate and test the product at an early process stage
4	Connected factory	Connected factory refers to the concept of connecting relevant factory objects such as resources, machines, transportation vehicles or products through a connectivity layer for control and optimisation purposes. Often leverages Manufacturing Execution Systems (MES) integrated with an ERP system (see integrated planning)
5	Modular production assets	Use of flexible, modular production assets instead of traditional production lines. Modular production assets like robots, storage vehicles, fixtures etc. are flexibly integrated in the production flow as required by the current production process
6	Flexible production methods	Use of flexible production processes such as additive manufacturing (e.g. 3D printing). These production processes can support a high variant variety and can increase flexibility drastically
7	Process visualisation/ automation	Visualisation and automation of factory processes, for example with mobile applications (apps) combined with virtual and augmented reality solutions like tablets or digital glasses. This includes improved cooperation between people and machines and innovative user interfaces
8	Integrated planning	Integrated planning and scheduling systems within the factory from machine level over Manufacturing Execution System (MES) to Enterprise Resource Planning (ERP) systems including extended partners like suppliers and customers. Integrated planning allows an immediate reaction to changes in resource availability or demand
9	Autonomous intraplant logistics	Factory systems capable of operating and performing logistics activities without human intervention. These systems sense and process real-time information about digital or physical surroundings to navigate safely through in- and outdoor environments, while simultaneously performing all necessary tasks. Solutions include automated guided vehicles (AGV) as well as aerial drones for special tasks
10	Predictive maintenance	Remote monitoring of dynamic condition of machines with help of sensor data and big data analytics to predict maintenance and repair situations. This helps to increase resource availability and optimise maintenance efforts
11	Big data driven process/quality optimisation	Big data analyses can help to detect patterns in production or quality data and provide insights to optimise processes or product quality. Models range from pure statistical "black box" models to expert and knowledge based "white box" approaches
12	Data-enabled resource optimisation	Optimisation of energy and resource consumption through intelligent data analyses and controls e.g. energy or pressurised air management in facilities based on actual demand and/or supply
13	Transfer of production parameters	Fully automatic transfer of production parameters to other factories, e.g. to implement a lead plant concept where optimisations can be reproduced in other plants
14	Fully autonomous digital factory	Plant which operates independently, based on self-learning algorithms, where people are only required for initial design and setup as well as ongoing monitoring and exception handling. While this can reduce operating cost, main applications include use in hazardous or remote production facilities
15	Track and trace	Location of products and raw material within the factory is tracked via sensors and integrated into a data platform connected to internal systems such as MES or ERP systems. This provides full transparency about the production progress and inventory levels as well as allowing the tracking of individual parts/products

Ilustración 8- Uso de tecnologías en procesos (Fuente: PwC)

(PwC, “Digital Factories 2020 shaping the future of manufacturing”, 2017), señala que las razones para expandir las industrias digitales se focalizan principalmente en la eficiencia y los clientes. Pero el detalle de mayor a menor importancia es el siguiente:

- Incremento en la eficiencia de la producción
- Mayor eficiencia con fabricación local digital.
- Mas rápida respuesta a la demanda de clientes y ofrecerles mayor flexibilidad
- Mejorar la capacidad de adaptación a las fluctuaciones de volúmenes.
- Mejorar la sustentabilidad al disminuir el consumo de materias primas
- Individualizar y personalizar un rango de productos
- Disminuir los costos de transporte y logística

Fig. 3 Efficiency and customer centricity are top reasons for expanding digital factories

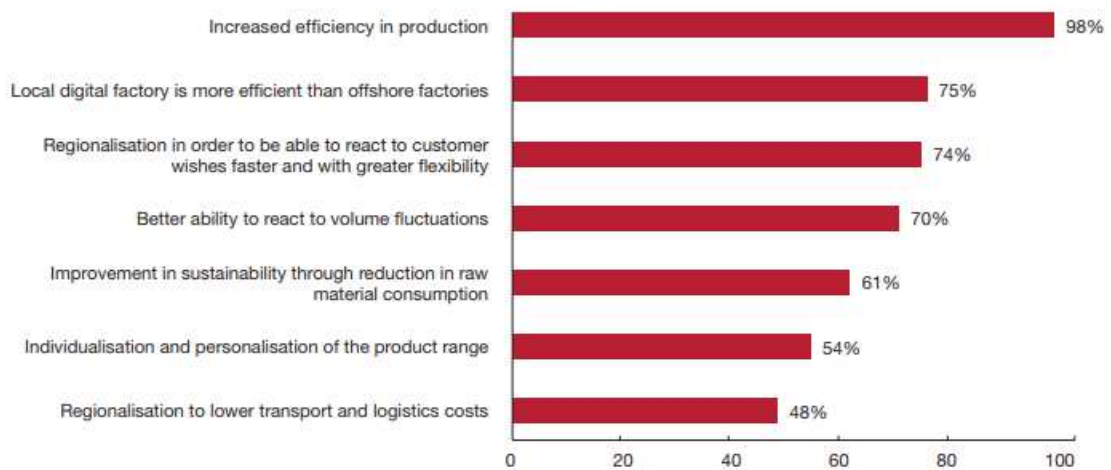


Ilustración 9- Mejoras relevantes por uso de tecnologías (Fuente: PwC)

Por otro lado, señala que el uso de tecnologías de conectividad integrados con análisis de Big Data se incrementará enormemente los próximos 5 años, siendo los procesos más beneficiados los siguientes:

- Mantenimiento predictiva
- Manejo de procesos y optimización de calidad
- Visualización y automatización de procesos
- Fabrica conectada
- Planificación integrada
- Optimización de recursos
- Uso de Gemelo Digital en la fabricación
- Uso de Gemelo Digital en los activos de producción
- Uso de Gemelo Digital en los productos
- Logística autónoma al interior de fábrica
- Métodos flexibles de producción
- Transferencia de parámetros de producción
- Producción modular de activos

- Autonomía completa en fabrica digital

Fig. 12 Use of connectivity technologies and big data analytics is set to increase dramatically



Ilustración 10- Tecnologías más utilizadas y con mayor proyección (Fuente: PwC)

(Deloitte, "The smart factory", 2017), presenta las oportunidades para cada proceso de negocio que nos permiten las tecnologías para una fábrica inteligente:

- **Proceso operación manufactura:** Manufactura aditiva permite producir prototipos en forma muy rápida, como también disminuir el volumen de repuestos. Planificación y Programación avanzada para usarse en tiempo real en la producción para minimizar las pérdidas y tiempos de ciclo. Robots autónomos para eficientar procesos rutinarios y minimizar los costos con mayor precisión. Gemelo Digital para digitalizar la operación y realizar análisis predictivo.
- **Operación de Bodega:** Apoyar al personal en tareas de ubicación de objetos con lentes ópticos que le permitan visualizar la información con realidad aumentada. Robots autónomos para tareas de operación de las bodegas.
- **Trazabilidad de inventario:** Sensores para rastrear en tiempo real los movimientos y ubicación de materiales, avance y finalización de productos y utilización de equipos. Analítica en dispositivos móviles para optimizar y reponer inventarios.
- **Calidad:** Pruebas de calidad en línea utilizando análisis óptico a través de cámaras o reconocimiento de imágenes. Equipamiento de monitoreo en línea para predecir potenciales desviaciones de calidad
- **Mantención:** Realidad aumentada para apoyar al personal en la mantención y reparación de equipos. Sensores en equipos para impulsar el análisis predictivo y mantenimiento cognitivo.
- **Salud y Seguridad, Mediambiente:** Sensores para georeferenciar equipos peligrosos en la operación y no permitir proximidad de personal. Sensores en

personal para monitorear condiciones de entorno, falta de movimiento o potenciales amenazas.

Table 1. Processes within a smart factory

Process	Sample digitization opportunities
Manufacturing operations	<ul style="list-style-type: none"> • Additive manufacturing to produce rapid prototypes or low-volume spare parts • Advanced planning and scheduling using real-time production and inventory data to minimize waste and cycle time • Cognitive bots and autonomous robots to effectively execute routine processes at minimal cost with high accuracy • Digital twin to digitize an operation and move beyond automation and integration to predictive analyses
Warehouse operations	<ul style="list-style-type: none"> • Augmented reality to assist personnel with pick-and-place tasks • Autonomous robots to execute warehouse operations
Inventory tracking	<ul style="list-style-type: none"> • Sensors to track real-time movements and locations of raw materials, work-in-progress and finished goods, and high-value tooling • Analytics to optimize inventory on hand and automatically signal for replenishment
Quality	<ul style="list-style-type: none"> • In-line quality testing using optical-based analytics • Real-time equipment monitoring to predict potential quality issues
Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> • Augmented reality to assist maintenance personnel in maintaining and repairing equipment • Sensors on equipment to drive predictive and cognitive maintenance analytics
Environmental, health, and safety	<ul style="list-style-type: none"> • Sensors to geofence dangerous equipment from operating in close proximity to personnel • Sensors on personnel to monitor environmental conditions, lack of movement, or other potential threats

Source: Deloitte Analysis.

Deloitte University Press | dupress.deloitte.com

Ilustración 11- Oportunidades de procesos a digitalizar (Fuente: Deloitte)

8.2. ¿Cómo avanza el resto del mundo a Industria 4.0?

Si hablamos del nivel de inversión digital a nivel mundial (PwC, “Digital Factories 2020 shaping the future of manufacturing”, 2017), nos muestra que Europa del este, es la que concentra el nivel más alto con un 77% muy distante del menor a 10% del resto del mundo.

Fig. 5 European companies are focusing most strongly on digital factory investments in their home markets

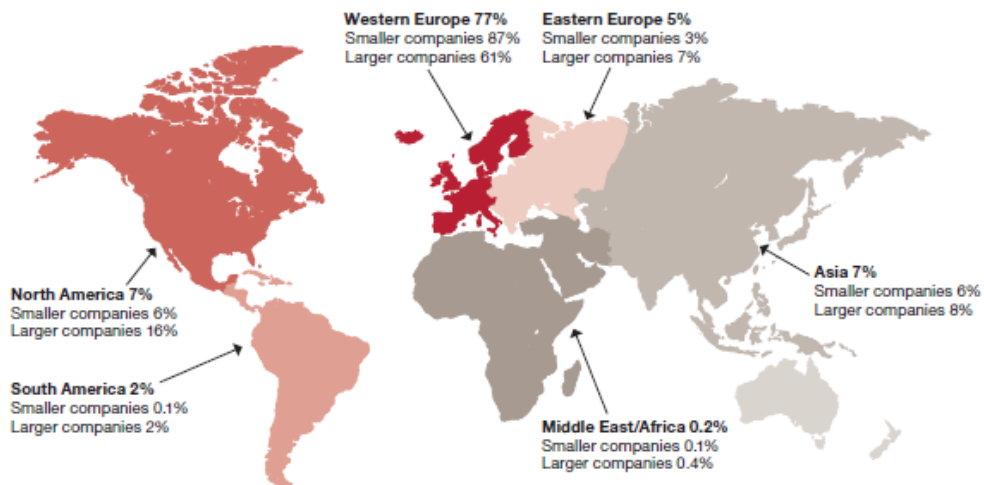


Ilustración 12- Zonas geográficas con nivel de inversión digital (Fuente: PwC)

Por otro lado, para el caso de las industrias (PwC: “Industria 4.0 Global digital operations study 2018”, 2018), señala que existe un 68% de posibilidades de automatización de procesos para alcanzar la Industria 4.0, lo que permitirá mejorar los procesos de la cadena de valor, logrando con ello conseguir ventajas competitivas a nivel global. Clasifican las industrias en función de su nivel de digitalización, encontrando que sólo un 5% es del tipo “Lideres Digitales” y un 27% del tipo “Innovadoras”, pero que aún la gran mayoría con un 47% se ha quedado como “Seguidores digitales” y peor aún un 21% son del tipo “Novatas” que ni siquiera han incorporado las tecnologías digitales en sus operaciones.

Las empresas industriales en función de su nivel de digitalización

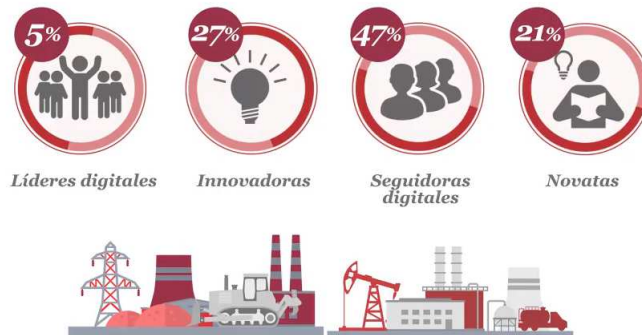


Ilustración 13- Categorías de digitalización de las empresas (Fuente: PwC)

(PwC, “Digital Factories 2020 shaping the future of manufacturing”, 2017), en términos de inversión digital de las industrias observa que existe un 9% de industrias que no tienen planeado digitalizarse, muy distante al 91% que invierte en tecnologías, de estas últimas el 41% en soluciones aisladas, el 44% en soluciones que le permitan además conectarse e integrarse tanto vertical como horizontalmente y finalmente sólo un 6% de la industria podría considerarse Industria 4.0, por operar completamente digitalizada.

Fig. 2 Nine out of ten companies are investing in digital factories

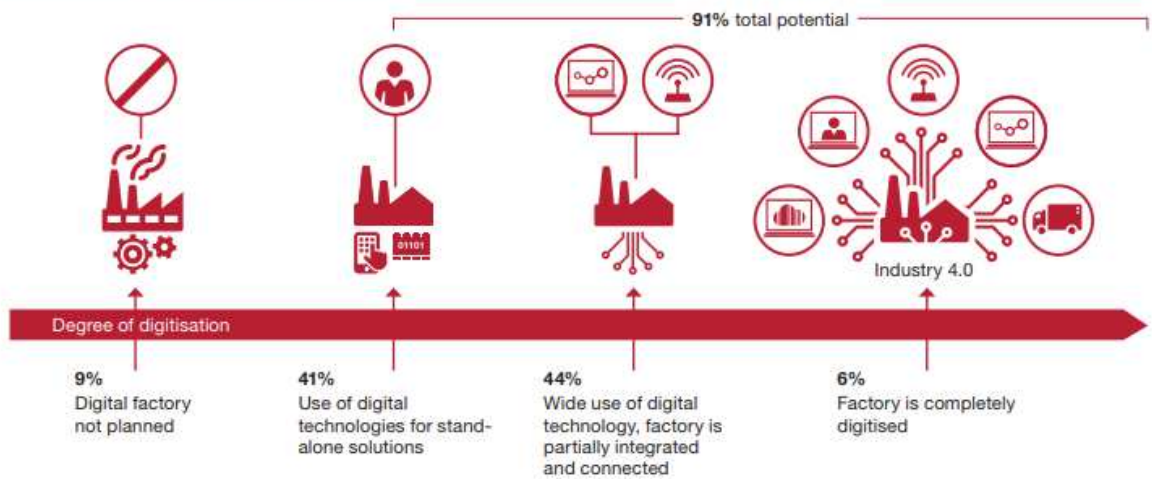


Ilustración 14- Niveles de digitalización de las industrias (Fuente: Mckinsey)

En (Capgemini: "Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View", 2014) estudiaron casi 400 empresas en cómo reaccionan a oportunidades tecnológicas, para determinar el nivel de madurez digital que presentan, identificando el "qué" y el "cómo" visualizan la transformación digital, destaca aquí las oportunidades de mejora que presenta el sector Manufacturero.

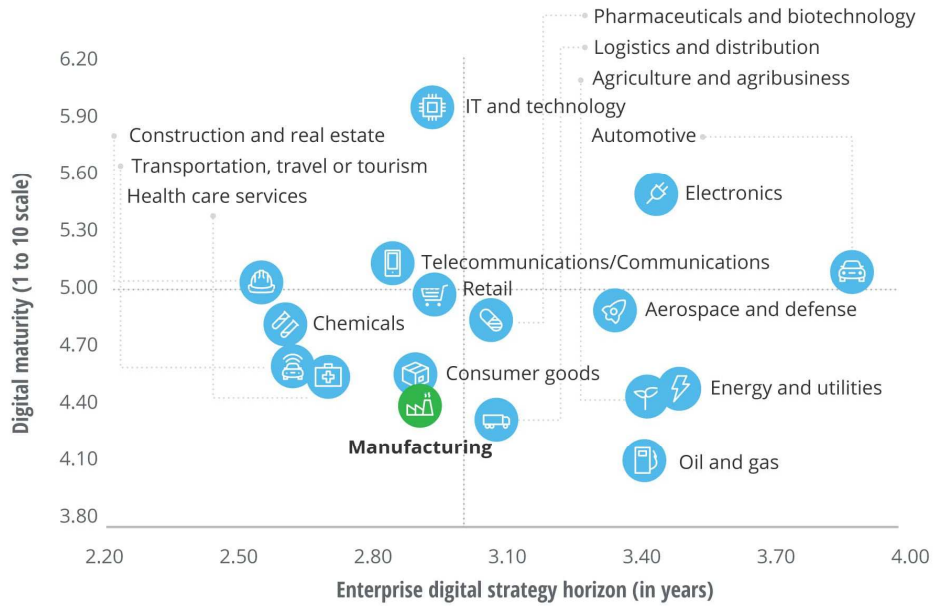


Ilustración 15- Matriz Transformación Digital de sectores económicos (Fuente: Capgemini)

(Deloitte, "Toward the next horizon of Industry 4.0", 2018), indica que existe una directa relación entre integración horizontal y madurez digital, en donde analizó todos los sectores industriales a nivel mundial, destacan el sector automotriz, logístico, tecnológico, aeroespacial y defensa, tecnologías y comercio, entre otros. Sin embargo, vemos que el sector "Manufacturero" aún tiene mucho por avanzar en ambos ámbitos, lo cual plantea una enorme oportunidad de desarrollo.

FIGURE 1

Digital maturity and strategy horizon by industry: Manufacturing industry lags

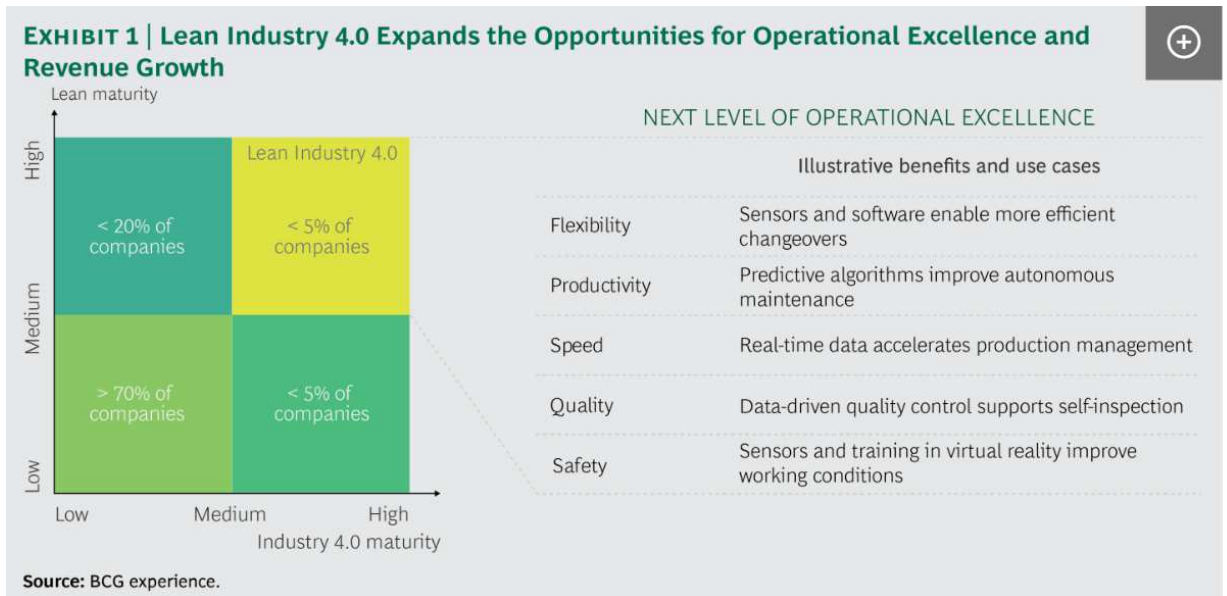


Source: Analysis of data from Gerald C. Kane et al., *Achieving digital maturity: Adapting your company to a changing world*, Deloitte University Press, July 13, 2017.

Deloitte Insights | deloitte.com/insights

Ilustración 16- Matriz madurez digital por sectores (Fuente: Deloitte)

(BCG: “When Lean Meets Industry 4.0”, 2017), presenta en la siguiente matriz la fuerte correlación que existe entre la adopción de la filosofía LEAN y el nivel de madurez digital, vale decir, a mayor madurez LEAN implica mayor madurez digital en Industria 4.0



Source: BCG experience.

Ilustración 17- Matriz de oportunidades de madurez Lean y digital (Fuente: BCG)

(Mckinsey, "Mapping heavy industry's digital manufacturing opportunities", 2018), agrupa los sectores industriales en 4 niveles de madurez digital:

- **Digital 1.0:** cuando tiene control lógico programable.
- **Digital 2.0:** cuando tienen control con sistemas digitales
- **Digital 3.0:** cuando tienen control avanzado de procesos
- **Digital 4.0:** cuando tienen inteligencia artificial

En la siguiente gráfica se observa los sectores que avanzan entre el nivel 2 y 3.

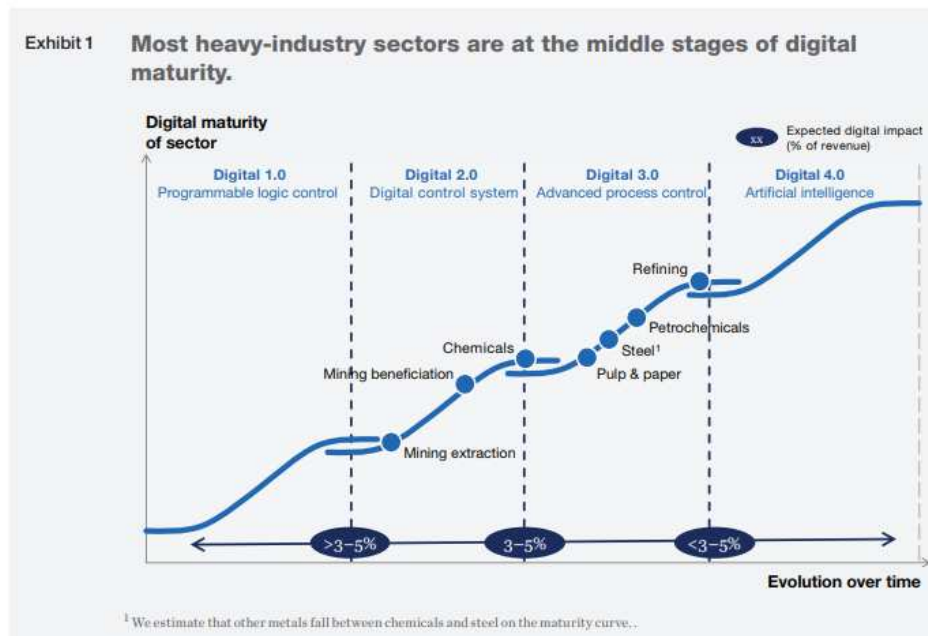


Ilustración 18- Evolucion madurez digital por sectores (Fuente: Mckinsey)

Y presenta para cada sector los procesos que presentan aún oportunidades de mejora.

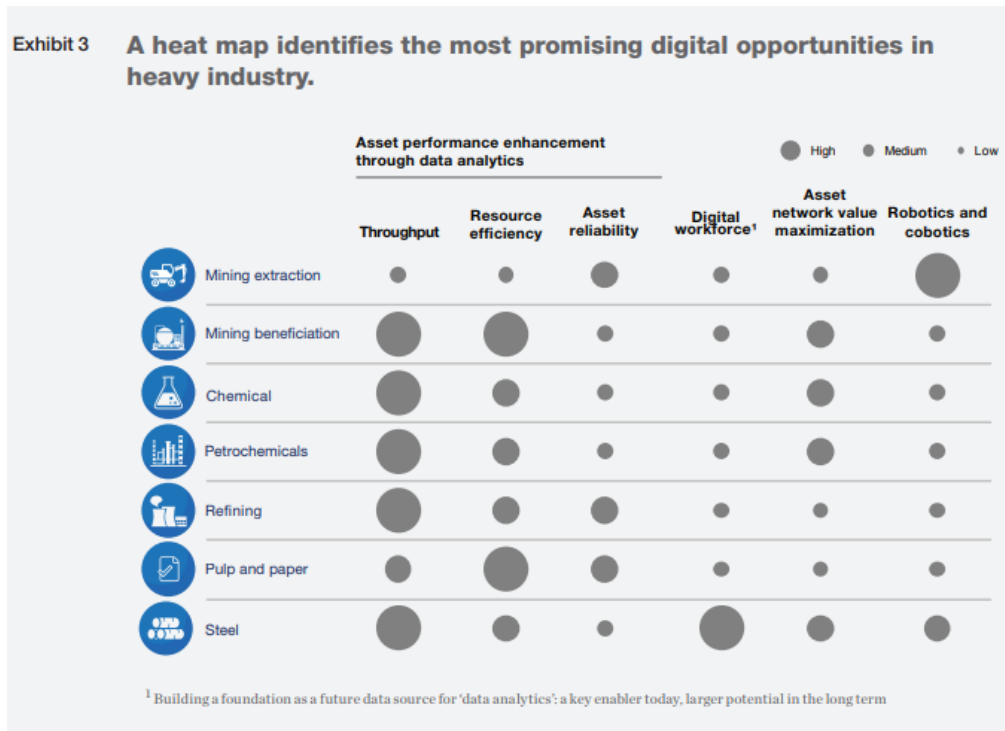


Ilustración 19- Oportunidades de transformación en los sectores por procesos (Fuente: Mckinsey)

Si hablamos del nivel de madurez digital de las organizaciones según (PwC, "Industry 4.0: Building the digital Enterprise", 2016), existen 4 niveles: Novatos Digitales, Integrador Vertical, Colaborador Horizontal y Campeón Digital.

- **Novato Digital:** son aquellas empresas que tienen soluciones digitales básicas y aplicaciones aisladas, tienen presencia digital en el mercado en forma aislada, su foco del producto se base en el foco del cliente, poseen procesos con baja automatización y digitalización, poseen integración parcial de su producción o de sus colaboradores internos y externos, realiza análisis de capacidad basada en datos semi-manuales, realiza monitoreo y procesamiento de datos parciales pero no gestiona eventos, sus áreas operan en "silos " es decir en forma aislada sin integrarse, cuentan con arquitectura IT fragmentada y aislada, su foco no es el tema digital.
- **Integrador Vertical:** son aquellas empresas que tienen productos y servicios digitales con redes de datos, software y datos que son su clave diferenciadora, poseen multicanales de distribución en línea y fuera de línea, desarrollo de análisis de datos para personalización, procesos verticales estandarizados y digitalizados, pero limitada integración con socios externos, capacidad analítica aislada soportada con sistemas de inteligencia de negocios, poseen arquitectura IT interna, colaboración de las áreas pero no consistentemente desarrollada.

- **Colaboración Horizontal:** cuentan con soluciones logísticas integradas con clientes y colaboración con socios externos, poseen interacción individualizada con los clientes y con la cadena de valor de los socios, con interfaces que permiten compartir e integrar su información, integración horizontal de datos y procesos con clientes y socios externos, cuentan con un sistema de inteligencia de negocios central y consolidado con la información interna y externa para realizar análisis predictivo y soportar la toma de decisiones del negocio, arquitectura IT integrada con los socios, colaboración horizontal de la información y cultura de la organización.
- **Digital champion:** poseen modelos de negocios disruptivos con innovación de productos y servicios individualizados, con gestión integrada con clientes en los canales de marketing y ventas con sistemas Customer Relation Managment (CRM), poseen ecosistemas totalmente integrados con los proveedores, con procesos virtualizados y con foco en la competitividad, acceso a información en tiempo real en forma descentralizada, usan un sistema central de análisis predictivo con optimización en tiempo real, eventos automatizados con inteligencia de negocios que poseen algoritmos de autoaprendizaje llamadas Machine Learning, intercambio seguro y en tiempo real con los proveedores que permite la colaboración total en los procesos, lo cual es la clave para el negocio.

PwC maturity model - Industry 4.0 capabilities develop across seven dimensions and four stages

	1 Digital novice	2 Vertical integrator	3 Horizontal collaborator	4 Digital champion
Digital business models and customer access	First digital solutions and isolated applications	Digital product and service portfolio with software, network (M2M) and data as key differentiator	Integrated customer solutions across supply chain boundaries, collaboration with external partners	Development of new disruptive business models with innovative product and service portfolio, lot size 1
Digitisation of product and service offerings	Online presence is separated from offline channels, product focus instead of customer focus	Multi-channel distribution with integrated use of online and offline channels; data analytics deployed, e. g. for personalisation	Individualised customer approach and interaction together with value-chain partners. Shared, integrated interfaces.	Integrated Customer Journey Management across all digital together with value-chain partners with customer empathy and CRM
Digitisation and integration of vertical and horizontal value chains	Digitised and automated sub processes. Partial integration including production or with internal and external partners. Standard processes for collaboration partly in place	Vertical digitisation and standardised and harmonised internal processes and data flows within the company; limited integration with external partners	Horizontal integration of processes and data flows with customers and external partners, intensive data use through full integration across the network.	Fully digitised, integrated partner ecosystem with self-optimised, virtualised processes, focus on core competency; decentralised autonomy. Near real-time access to extended set of operative information
Data & Analytics as core capability	Analytical capabilities mainly based on semi-manual data extracts; Selected monitoring and data processing, no event management	Analytical capabilities supported by central business intelligence (BI) system. Isolated, not standardised decision support systems	Central BI system consolidating all relevant internal and external information sources, some predictive analytics. Specific decision support and event management systems	Central use of predictive analytics for real-time optimisation and automated event handling with intelligent database and self-learning algorithm enabling impact analysis and decision support
Agile IT architecture	Fragmented IT architecture in-house.	Homogeneous IT architecture in-house. Connection between different data cubes developing.	Common IT architectures in partner network. Interconnected single data lake with high-performance architecture	Single data lake with external data integration functionalities and flexible organisation. Partner service bus, secure data exchange
Compliance, security, legal & tax	Traditional structures, digitisation not in focus	Digital challenges recognised but not comprehensively addressed	Legal risk consistently addressed with collaboration partners,	Optimising the value-chain network for compliance, security, legal and tax
Organisation, employees and digital culture	Functional focus in "silos"	Cross-functional collaboration but not structured and consistently performed	Collaboration across company boundaries, culture and encouragement of sharing	Collaboration as a key value driver

Ilustración 20- Dimensiones a desarrollar para avanzar en madurez digital (Fuente: PwC)

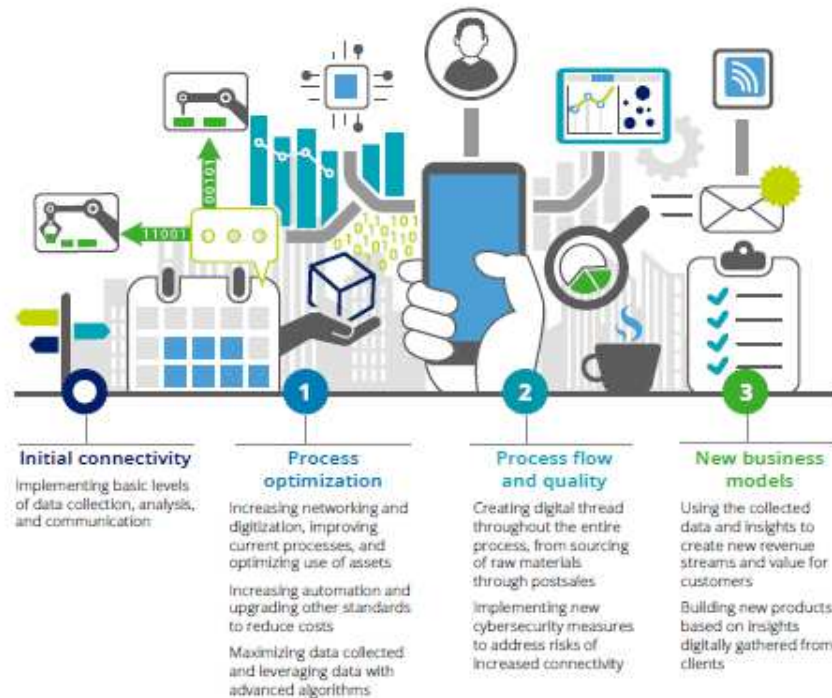
(Deloitte, "Toward the next horizon of Industry 4.0", 2018), propone 3 horizontes en el camino a la total transformación digital hacia Industria 4.0, partiendo desde:

- **Horizonte 0 "Conectividad Inicial"**: en donde existen niveles básicos de implementación de recolección de datos, análisis y comunicación.
- **Horizonte 1 "Optimización de Procesos"**: en donde aumentan las redes y digitalización, mejorando sus procesos actuales y optimizando el uso de activos, incrementa la automatización y actualización de estándares para reducir costos, maximiza los datos recolectados y la influencia de los datos con avanzados algoritmos de análisis.
- **Horizonte 2 "Flujo de procesos y calidad"**: crea flujos digitales entre los procesos de origen de sus materiales y sus flujos postventa, implementando nuevos mecanismos de ciberseguridad para incrementar la conectividad y disminuir los riesgos.

- **Horizonte 3 “Nuevos Modelos de negocios”**: usan los datos recopilados para crear nuevos ingresos y agregar valor para los clientes, desarrollan nuevos productos basados en las preferencias de los clientes a través de la información digital que entregan las redes sociales, entre otras plataformas.

FIGURE 2

Three horizons of Industry 4.0 implementation and usage



Source: Deloitte analysis.

Deloitte Insights | deloitte.com/insights

Ilustración 21- Procesos a abordar para avanzar en madurez digital (Fuente: Deloitte)

(Deloitte, “Toward the next horizon of Industry 4.0”, 2018), sugiere implementar las siguientes tecnologías para avanzar en cada uno de los horizontes previamente señalados, por ejemplo:

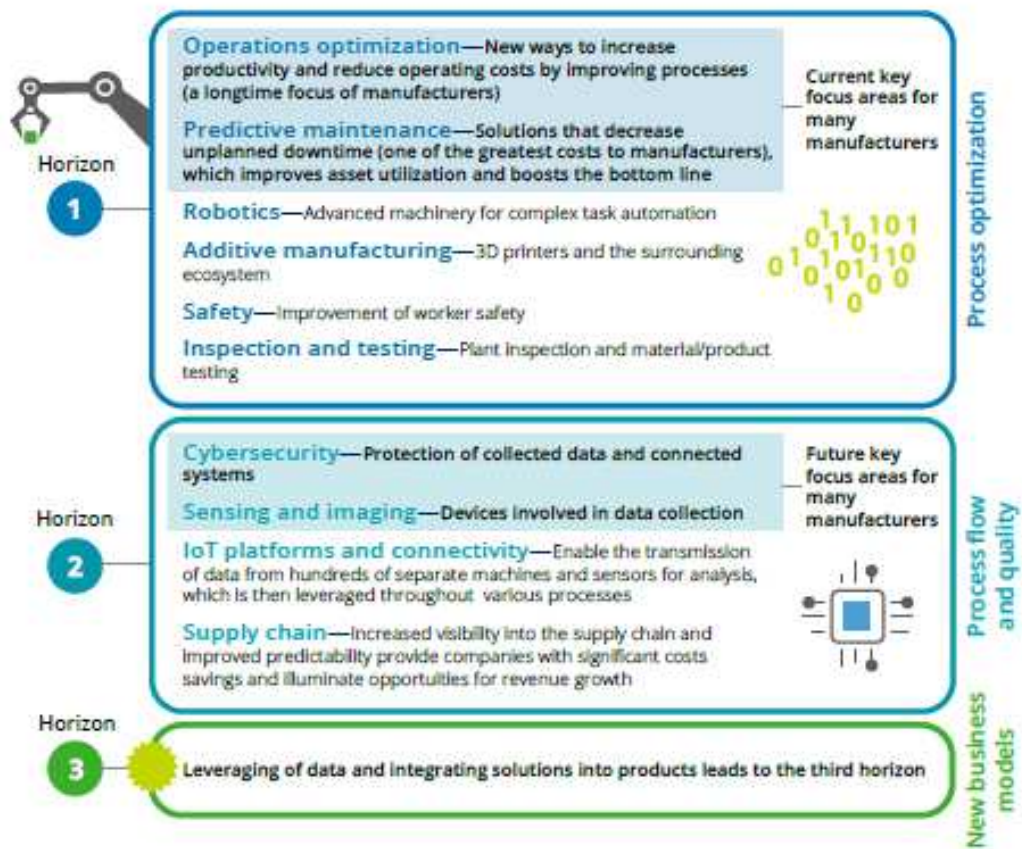
- **Horizonte 1 “Optimización de Procesos”**: optimización de las operaciones con foco en la manufactura para aumentar la productividad y disminuir los costos, mantenimiento predictivo para disminuir el tiempo fuera de servicio de la producción y aumentar la utilización de la capacidad instalada, robótica con maquinaria avanzada para automatizar tareas complejas, manufactura aditiva incorporando equipamiento que permita aumentar la producción como las impresoras 3D, tecnología para mejorar la seguridad de los trabajadores, inspecciones de materiales, productos y fábrica.
- **Horizonte 2 “Flujo de procesos y calidad”**: ciberseguridad para proteger la conexión a los sistemas y los datos recolectados,

reconocimiento de imágenes y recopilación de datos por sensores, conectividad con dispositivos inteligentes (IoT) para recopilar y transmitir datos en tiempo real, visibilidad de la cadena de suministro para mejorar la predicción de comportamientos disminuyendo así costos.

- **Horizonte 3 “Nuevos Modelos de negocios”**: con completas soluciones de clase mundial que permiten integrar las redes, sistemas e información con sus colaboradores.

FIGURE 3

Leading Industry 4.0 solutions by category



Source: Deloitte analysis.

Ilustración 22- Mejoramientos por categorías en horizonte (Fuente: Deloitte)

Lo anterior nos permite concluir que aún falta mucho por avanzar en las industrias para alcanzar la transformación digital hacia Industria 4.0

(BCG: “When Lean Meets Industry 4.0”, 2017), señala que las industrias que avancen hacia Industria 4.0 podrían alcanzar ahorros de hasta un 15% de sus costos, pero que si lo combinan además con filosofía LEAN estos podrían alcanzar un 40% de ahorro de sus costos. Las tecnologías que destaca para Industria 4.0 son el uso de robots, cámaras, algoritmos predictivos, sensores, etc. tal como muestra la figura:

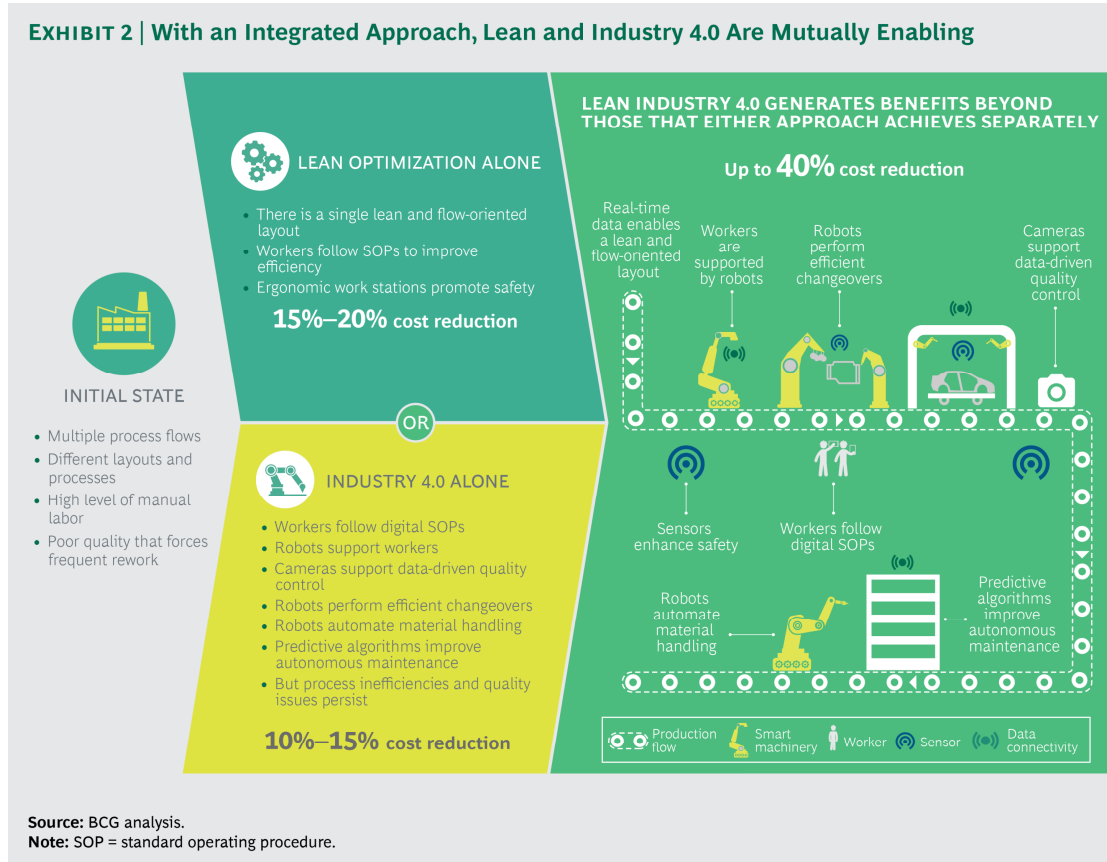


Ilustración 23- Oportunidades de abordar la transformación digital con LEAN (Fuente: BCG)

8.3. ¿Qué oportunidades tiene para la Manufactura?

Gartner (2018) realizó un estudio en más de 98 países consultando la importancia que tenía la adopción de tecnologías de información en su foco estratégico, en general todos los sectores le dieron menos de un 10% de importancia, salvo el sector Manufacturero con un 21%, de importancia, lo cual demuestra que existe una gran oportunidad de mejora en el sector.

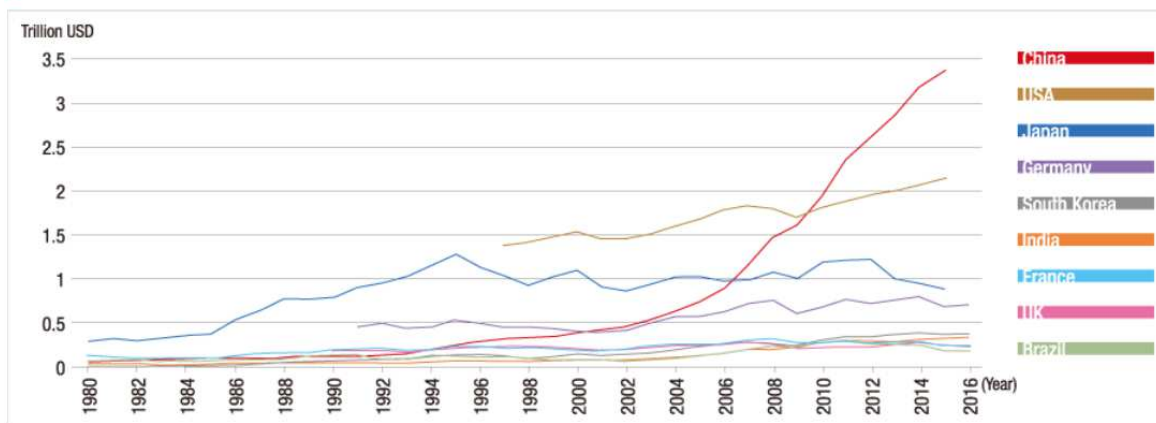
Diario La Tercera, Pulso (2018) compartió el resultado de la firma tecnológica Zebra que realizó el estudio del sector manufactura a nivel mundial y concluyó que este sector será el más beneficiado en la 4ta revolución industrial o Industria 4.0.

Allí se indica, por ejemplo, que el 51% de las empresas de manufactura latinoamericanas y el 48% de manufactureras de Asia y el Pacífico esperan dentro de los próximos años utilizar RFID (identificación por radiofrecuencia), wearables, sistemas automatizados y otras tecnologías emergentes para monitorear los procesos físicos de la planta y permitir que las compañías tomen decisiones en forma descentralizada.

El resultado de la encuesta en Chile y Latinoamérica indica que cerca del 50% las fábricas ya cuentan con una conexión completa a los datos de producción, cadena de suministro y fuerza laboral.

Dentro del sector Manufacturero, el (WORLD BANK: “Trouble in the Making? The future of Manufacturing-Led Development”, 2017), identifica los principales países que le agregan valor a este sector a nivel mundial, destacando China en los últimos 10 años con un crecimiento exponencial.

Figure 1 | Comparison of Value Added by Manufacturing in Major Countries



Prepared based on World Bank “Manufacturing, value added” data. The 2014 and 2015 figures for China were collated by the author based on data published by the National Bureau of Statistics of China.

Ilustración 24- Evolución manufactura países más relevantes (Fuente: World Bank)

(Deloitte, “The Industry 4.0 paradox”, 2018), presenta el nivel de adopción de tecnologías en los distintos sectores industriales, en donde se observa que el sector Manufacturero tiene aún un 50% aprox. de crecimiento en tecnologías tales como; Cloud, Mobile, Big Data, Simulación y Modelamiento, Escaneo y visualización por video, Sensores y Robótica y Visualización de datos,

The use of different tools and technologies varies across industries, indicating that there is no single path to digital transformation

What tools and technologies are you currently using to access, analyze, and leverage the data from your assets?

	Mining	Manufacturing	Power and utilities	Oil and gas	Total respondents
Desktop productivity tools (e.g., spreadsheet, data management system)	94%	81%	89%	95%	88%
ERP software analytics	86%	83%	86%	89%	85%
Computerized maintenance management system	80%	61%	75%	67%	68%
Cloud computing capabilities	68%	64%	72%	65%	67%
Mobile field management	58%	61%	72%	60%	63%
Data visualization technologies	62%	60%	67%	59%	62%
Big data platform for managing volumes of data	56%	54%	68%	65%	60%
Advanced simulation and modeling	50%	47%	62%	48%	51%
Visual scanning/video	52%	47%	48%	48%	48%
Robotic process automation	28%	32%	24%	40%	31%
Sensorization	16%	32%	30%	19%	26%
Physical robotics	18%	25%	20%	31%	24%

Source: Deloitte Industry 4.0 Investment survey, 2018.

Ilustración 25.1- Tecnologías utilizadas actualmente en los sectores industriales

(CORFO, "Comite Tranformación Digital", 2018), presenta las tecnologías habilitantes que utilizan los países con mayor avance en Manufactura Avanzada, destacando China, Europa y USA.



Ilustración 26- Tecnologías manufactura digital (Fuente: CORFO)

(BCG, "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries", 2015), presenta gráficamente el cambio que tendrá una Manufactura Tradicional respecto de una Manufactura Avanzada con Industria 4.0, como se muestra a continuación:

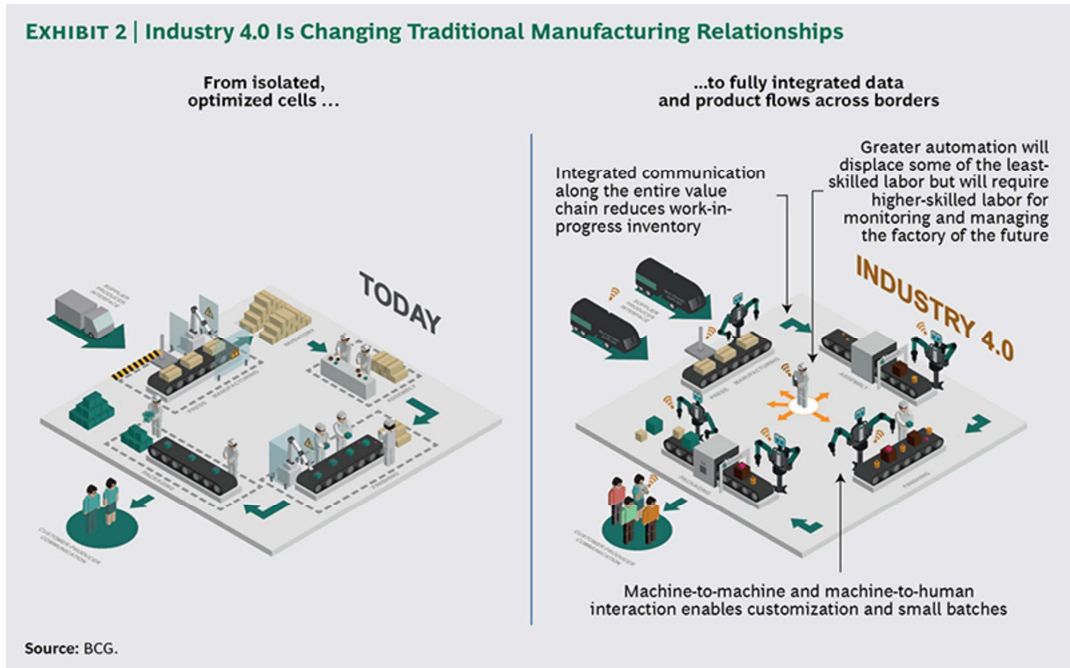


Ilustración 27- Comparación Manufactura tradicional vs avanzada (Fuente: BCG)

(Capgemini, "Industry 4.0 Maturity Model – Mirroring today to sprint into the future", 2018), presenta también su visión respecto la transformación digital que debiese tener el sector Manufactura a nivel mundial.

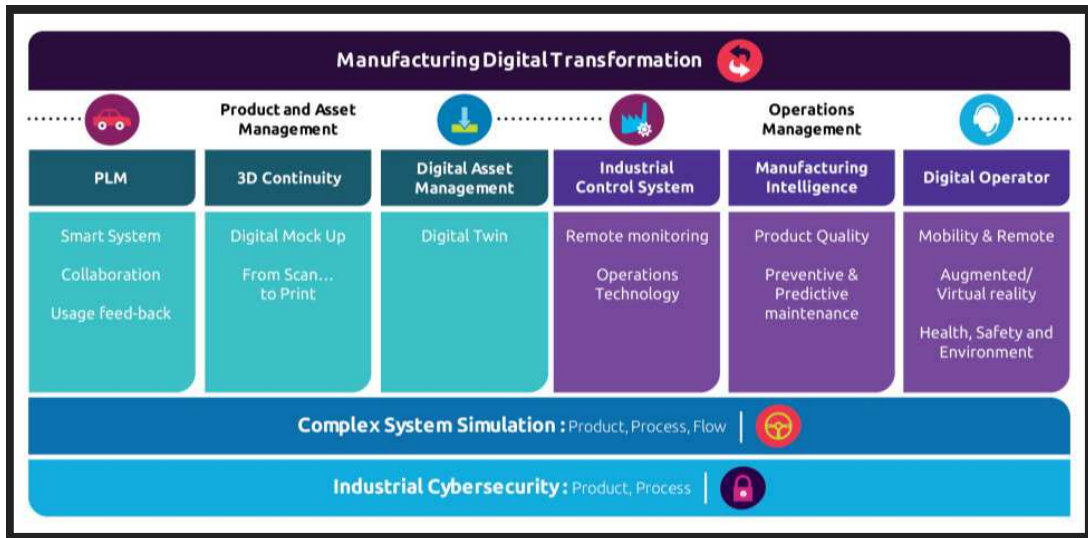


Ilustración 28- Transformación Manufactura Digital (Fuente: Capgemini)

(CORFO, "Comite Tranformación Digital", 2018), indica la visión de una Manufactura Avanzada como la siguiente:

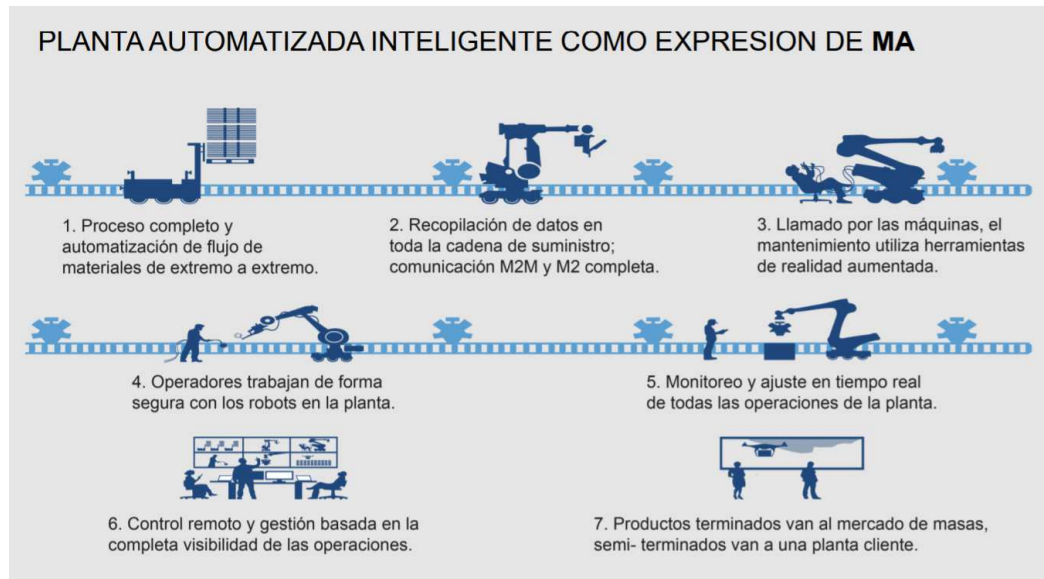


Ilustración 29- Esquema Manufactura Avanzada (Fuente: CORFO)

8.4. ¿Cómo estamos en Chile en Manufactura 4.0?

Nuestra economía en Chile se ve fuertemente beneficiada por la exportación de productos manufacturados, por lo cual hace mucho sentido abordar esta transformación digital como objetivo estratégico que permita asegurar la sustentabilidad futura e incluso generar nuevas ventajas competitivas a nivel mundial. (OCDE, “Estudios Económicos de la OCDE Chile para Chile 2018”, 2018), muestra según sus estadísticas que el sector manufactura representa el 39% de nuestras exportaciones, compuesta principalmente por la industria de: Alimentos, Forestales, Químicos y Metales entre otros.

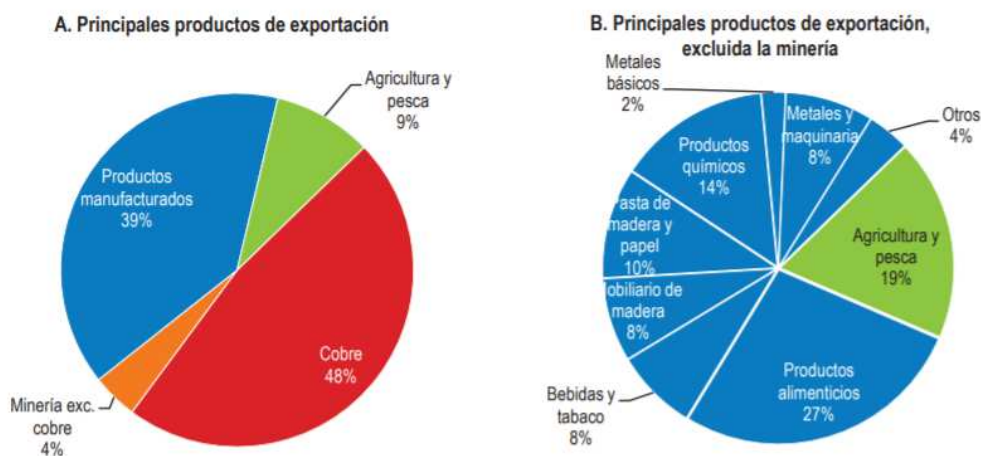
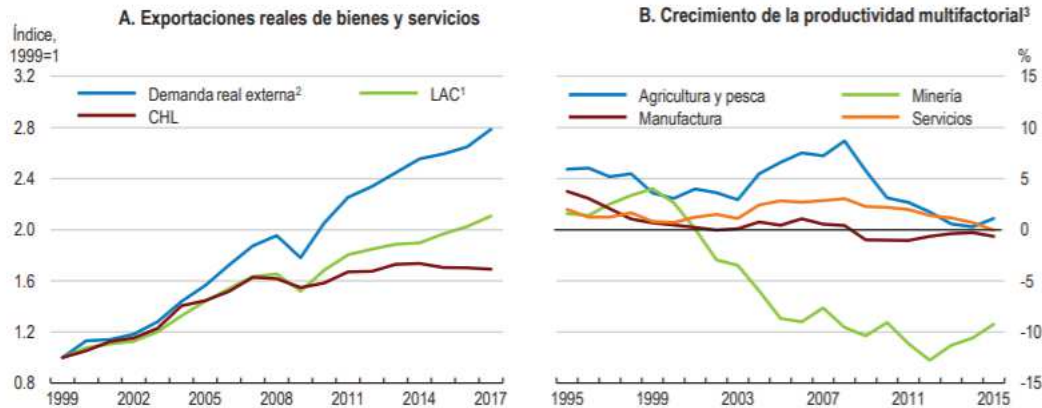


Ilustración 30- Exportaciones Manufactura Chile al 2016 (Fuente: OCDE)

Según la información de la (OCDE, “Estudios Económicos de la OCDE Chile para Chile 2018”, 2018), muestra que nuestro nivel de exportaciones se ha estancado y el crecimiento de la productividad del sector manufactura va decreciendo durante los últimos 20 años.

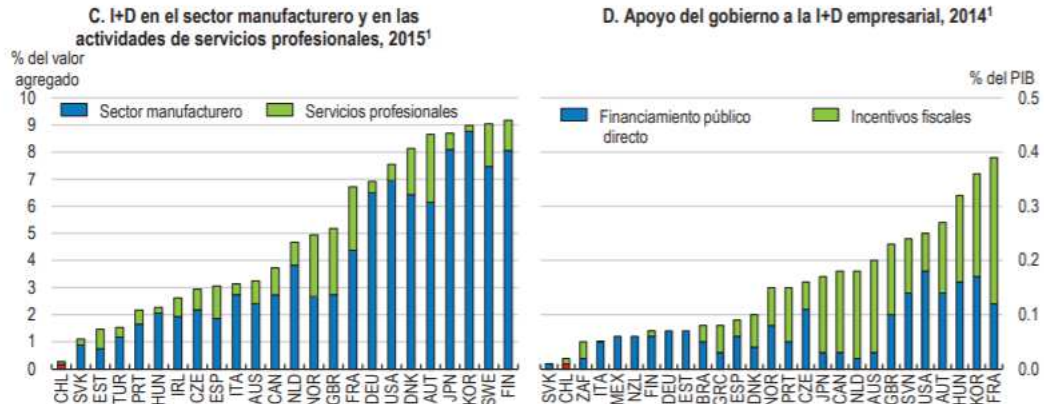
Gráfico 28. Las exportaciones y la productividad se han estancado



1. LAC corresponde al promedio no ponderado de Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica y México.
 2. Crecimiento de mercados de exportación para bienes y servicios chilenos, en términos de volumen (mercados de exportación a 2010).
 3. Media móvil de cinco años. La productividad multifactorial se ajusta para reflejar el capital humano y las horas de trabajo (CNP, 2017).
 Fuente: OCDE (2017), perspectivas económicas 102; CNP (2017), Informe de Productividad Anual 2016, Comisión Nacional de Productividad y cálculos de la OCDE.

Ilustración 31- Exportaciones y Productividad Manufactura Chile 2017 (Fuente: OCDE)

(OCDE, “Estudios Económicos de la OCDE Chile para Chile 2018”, 2018), nos muestra que, en el grupo de los países desarrollados, pertenecemos al grupo de los países que menos invierte en I+D en el sector manufactura y que menos tiene apoyo del gobierno en esta temática.



Nota: O último año disponible.
 Fuente: OCDE (2017), bases de datos de cuentas nacionales y estadísticas de investigación y desarrollo.

Ilustración 32- Ranking países OCDE en I+D al 2015 (Fuente: OCDE)

Por lo tanto, para seguir avanzando como país desarrollado, se hace necesario generar nuevas ventajas competitivas en términos de innovación y desarrollo, en ámbitos como Industria 4.0.

Indica que estamos en un país con el riesgo de automatización más alto dentro de los países de la OCDE, pero su impacto será distinto en cada subsector Manufacturero, dependiendo del nivel de tecnologías que esté implementando para mejorar su competitividad a nivel mundial.

Sector Industrial: la adopción de tecnologías ha permitido automatizar procesos, con lo cual ha crecido la productividad del sector, quien se enfoca en fortalecer la adopción de nuevas tecnologías e impulsar las alianzas estratégicas público-privadas.

Sector Agroindustria: producto de las condiciones climáticas adversas el sector ha tenido que automatizar los procesos asociado a la eficiencia del uso de tierra y agua. Por ejemplo, inventarios de tierras y control a distancia con apoyo tecnológico. El sector avanza hacia la eficiencia y agricultura con mayor precisión apoyándose de la transformación digital.

Sector Minería: llevan la delantera en la incorporación de tecnologías, por ejemplo, muchos de los procesos mineros han evolucionado de la operación manual a la tele operada o automatizada, y en algunos casos robotizados, lo que ha permitido acuñar el término “Minería Inteligente” que ha mejorado la productividad y seguridad, entre otros factores. Se suma esto el avance tecnológico que se impulsa desde el Ministerio de Minería y CORFO a través de la Corporación Alta Ley el Plan Estratégico Tecnológico del sector minero chileno hasta el 2035 en donde se definió el Roadmap Tecnológico Minero del 2015 al 2035 (CORFO: “Desde el cobre a la innovación: Roadmap tecnológico 2015-2035”, 2015) que señala que para alcanzar una “Minería Inteligente” se requiere de la incorporación de tecnologías de la información y las comunicaciones con avanzadas capacidades de monitoreo, control, optimización y funcionamiento autónomo. Tecnologías de seguridad, almacenamiento, internet de las cosas, big data, cloud computing, redes de sensores, movilidad, y robótica son cada vez más cruciales para mejorar los factores productivos de las industrias al impactar en la competitividad, el valor agregado de productos y servicios, la excelencia operacional y la exportación.

Para el caso de Chile, con su Comité de Transformación Digital (CORFO, "Comite Tranformación Digital", 2018), trabaja en todos los sectores económicos para apoyar esta evolución con distintos ejes habilitantes. Para el sector de manufactura el concepto que se acuña es “Manufactura Avanzada”.



Ilustración 33- Estrategia Transformación Digital Manufactura (Fuente: CORFO)

(CORFO, "Comite Tranformación Digital", 2018), estableció el crecimiento potencial que podría tener el sector manufacturero chileno al pasar de una Manufactura Tradicional a una Manufactura Avanzada, como se muestra a continuación:

LÍNEA DE BASE DE LA MANUFACTURA EN CHILE

Industria Manufacturera	E ^{as} con Expresiones MA (*) (EEMA)	E ^{as} Manufacturas Tradicional (*) (MT)
% PIB, Ventas y Utilidad <ul style="list-style-type: none"> · 9,96 % del PIB · Ventas MMUSD 7 · Servicios 12% (en revisión) · Utilidad MMUSD 0,7 (en revisión) 	% PIB, Ventas y Utilidad <ul style="list-style-type: none"> · 3,3 % del PIB (est.) · Ventas MMUSD: 38/Servicios 13% · Utilidad MMUSD 6,8 app. · Exportaciones 10,3 % · Stock de Capital: MMUSD 14 	% PIB, Ventas y Utilidad <ul style="list-style-type: none"> · 6,7 % del PIB (est.) · Ventas MMUSD: 5,0/Servicios 12% · Utilidad MMUSD 0,3 app. · Exportaciones 7,6 % · Stock de Capital: MMUSD 7
# Empresas y Empleo <ul style="list-style-type: none"> · 3.333 empresas · 320.000 empleos app. 	# Empresas y Empleo <ul style="list-style-type: none"> · 206 empresas (89 EEMA B2B) · 22.000 empleos 	# Empresas y Empleo <ul style="list-style-type: none"> · 3.127 empresas. · 297.000 empleos app.
Remuneración <ul style="list-style-type: none"> · 760.000 \$/mes app 	Remuneración <ul style="list-style-type: none"> · 834.000 \$/mes app. 	Remuneración <ul style="list-style-type: none"> · 751.000 \$/mes

EEMA: Empresas con expresiones de Manufactura Avanzada
 MT: Empresas de Manufactura Tradicional

(*) Elaboración propia en base a información secundaria disponible y Encuesta PEMA Corfo realizada por CEOP Consulting

Ilustración 34- Evaluación Manufactura Tradicional a Digital (Fuente: CORFO)

Los beneficios de una Manufactura Avanzada se muestran a continuación:



Ilustración 35- Beneficios Manufactura Digital percibida por el sector (Fuente: CORFO)

Las tecnologías más utilizadas en Manufactura Avanzada en el país se observan a continuación y se concentra en software que apoyen la ingeniería, operación y simulación de los procesos de manufactura, con el apoyo de sensores inteligentes, entre otros más.

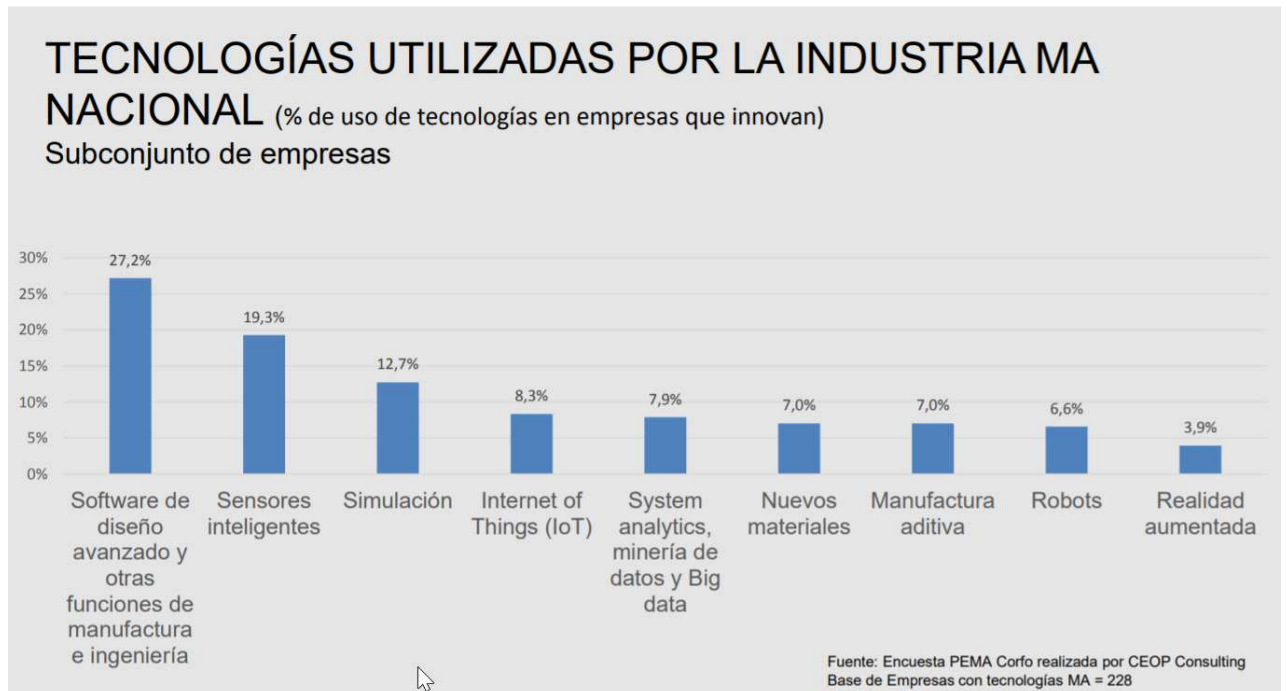


Ilustración 36- Tecnologías de Manufactura Digital en Chile (Fuente: CORFO)

8.5. ¿Qué metodologías de transformación existen?

Como vimos anteriormente existen disponibles muchas tecnologías facilitadoras para los distintos procesos de negocio, pero lo necesario ahora es que el sector manufacturero chileno le dé enfoque sistemático al desarrollo e implementación de su estrategia Industria 4.0. Para ello es necesario contar con un conocimiento consolidado de metodologías y modelos que permitan a las empresas identificar sus debilidades y planificar de forma ordenada y eficiente su transición digital, para lo cual a continuación presentamos los modelos y metodologías a utilizar.

Metodologías de transformación:

A continuación, revisaremos dos propuestas metodológicas para la transformación digital. La primera propuesta (Capgemini: "Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View", 2014) propone una metodología de 6 etapas como se detalla a continuación:

1. Realizar una evaluación de la madurez digital. Se propone realizar una evaluación de sus fortalezas y debilidades acerca de aspectos como: modelos de negocio, prácticas digitales, prácticas de gestión y capacidades digitales.
2. Identificar amenazas y oportunidades. Se propone explorar el entorno de la compañía en busca de oportunidades y amenazas de la nueva era digital.
3. Definir la visión digital de la empresa y su agenda. La empresa debe de realizar un esfuerzo de anticipación acerca de cómo quiere hacer negocios en la era de la industria digital. Se propone definir una agenda que marque objetivos en el tiempo con hitos concretos de dicha transformación.
4. Priorizar los dominios de transformación. Priorizar acciones en base a su beneficio y facilidad de implementación a través de una matriz beneficio vs facilidad.
5. Desarrollar una hoja de ruta (Roadmap) digital. Esta hoja de ruta considera la programación de los proyectos de implementaciones que permitirá alcanzar la transformación digital propuesta.
6. Implementar la gestión del cambio durante toda la etapa de transformación.

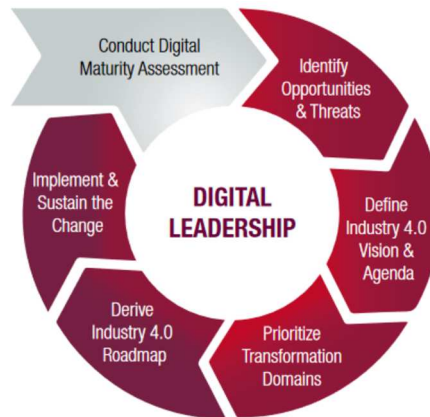


Ilustración 37- Metodología de Transformación Capgemini Consulting (Fuente: Capgemini)

Por otra parte, la consultora Roland Berger (2015), propone un modelo de 3 fases, como se indica a continuación:

1. Analisis de la influencia de las tecnologías digitales en la industria. El objetivo es identificar qué cambios se van a producir en el mercado y entorno de la empresa dentro de la nueva era digital.
2. Analisis de la madurez digital. El objetivo es identificar oportunidades y amenazas ante los nuevos escenarios, así como identificar las incapacidades para la transformación.
3. Desarrollo e implementacion de la hoja de ruta de la transformación.



Ilustración 38- Metodología Transformación Berger 2015 (Fuente: Roland Berger)

Las dos metodologías propuestas presentan una serie de etapas generales, con similitudes entre ambas. Ambas propuestas, proponen un enfoque similar al de la metodología PDCA de Deming (Planificar, Hacer, Comprobar y Actual), comúnmente utilizada en sistemas de gestión y utilizan algunas herramientas comúnmente utilizadas en proyectos de planificación estratégica.

Modelos de Madurez Digital

A continuación, revisaremos los modelos de referencia que permiten a las empresas identificar su actual nivel de madurez digital como también su nivel deseado para avanzar hacia la transformación digital. Actualmente existen varios enfoques como se muestra a continuación:

Partiremos con el modelo “Industry 4.0. Readiness Model”, propuesto por la Fundación IMPULS de la Federación de Ingeniería alemana (VDMA) (2015) por ser el más utilizado hoy en día por las empresas. Consiste en una herramienta online de auto-diagnostico que calcula una puntuación del estado de la empresa en el contexto de la industria 4.0 (<https://www.industrie40-readiness.de/>), esto es, permite conocer en qué aspectos ya están preparados para la transformación digital, como también identificar las áreas con oportunidades de mejoras. Este modelo se basa en 6 dimensiones:

1. Estrategia y Organización. Que permite identificar en qué medida se establece e implementa Industria 4.0 en la estrategia de su empresa.
2. Fábrica inteligente. Que permite conocer hasta qué punto su empresa cuenta con una producción automatizada e integrada digitalmente basada en sistemas cibernéticos, que permitan una conexión entre producción digital y física, permitiendo una producción distribuida y altamente automatizada.
3. Operaciones Inteligentes. Que permite determinar en qué medida los procesos y productos de su empresa están modelados digitalmente y son capaces de ser controlados a través de sistemas y algoritmos de TIC en un mundo virtual.
4. Productos Inteligentes. Que permite entender hasta qué punto pueden controlarse sus productos con TI, lo que les permite comunicarse e interactuar con sistemas de nivel superior a lo largo de la cadena de valor, considerando la adición de funcionalidades avanzadas a los productos físicos tradicionales.
5. Servicios basados en datos. Que permite comprender hasta qué punto ofrecen servicios basados en datos que solo son posibles a través de la integración de productos, producción y clientes.
6. Empleados. Que permite diagnosticar si la empresa posee las habilidades que necesita para implementar los conceptos de la Industria 4.0, para generar, impulsar y adoptar los nuevos modelos de negocios digitales.

Siendo los niveles en los que se pueden encontrar las empresas los siguientes:

- Level 0 Outsider: Aquellas empresas que no han hecho nada o muy poco en cuanto a Industria 4.0
- Level 1 Beginner: Principiantes
- Level 2 Intermediate: Intermedios
- Level 3 Experienced: Experimentados
- Level 4 Expert: Expertos
- Level 5 Top performer: Nivel más alto, Top.

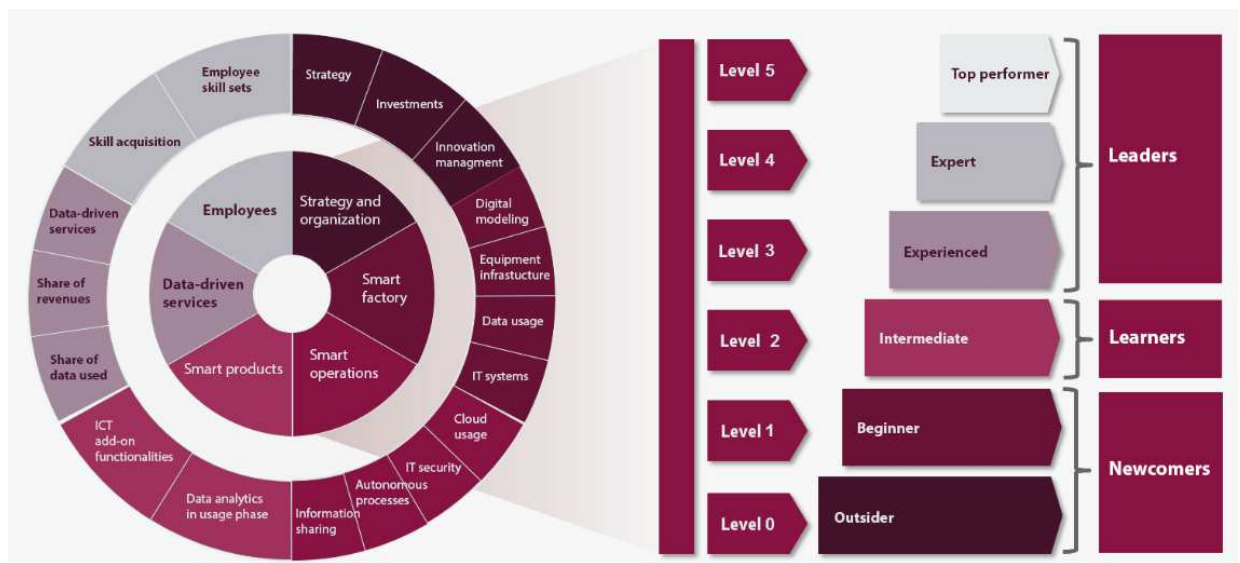


Ilustración 39- Modelo Madurez Digital (Fuente: Federacion de Ingenieria alemana)

El segundo modelo es el desarrollado por (PwC, "Industry 4.0 Self Assesment ", 2015) que evalúa la posición actual y deseado de las empresas en relación a Industria 4.0 en 6 dimensiones:

1. Modelos de negocio, portfolio de productos y servicios: Que identifica como se combinan los productos físicos y los servicios en el portfolio de la compañía, qué características digitales o servicios se ofrecen, hasta qué punto está la ingeniería digitalizada.
2. Acceso al mercado y al cliente. Que identifica qué canales se usan para interactuar con el cliente, que datos se están midiendo actualmente para estudiar a los clientes y cómo se monitorizan las interacciones con el cliente
3. Cadenas de valor y procesos. Que identifica a qué nivel están integradas la ingeniería y la fabricación internamente, cómo se gestiona la cadena de suministro, cómo se planifican las capacidades productivas.
4. Arquitectura TI. Que identifica cómo son los procesos soportados por las tecnologías digitales, cuáles son las capacidades técnicas, cómo la infraestructura TI soporta los servicios digitales.

5. Cumplimiento, legalidad, riesgos, seguridad e impuestos. Que identifica cómo se evalúan e implementan técnicamente los aspectos de cumplimiento, cómo se identifican los riesgos legales, cómo se implementan las oportunidades de financiamiento, cómo se asegura la seguridad cibernética.
6. Organización y cultura. Que determina la capacidad de cambio que tiene la organización, qué capacidades de industria 4.0 / operaciones digitales están disponibles en la compañía.

Siendo los niveles en los que se pueden encontrar las empresas según (PwC, “Industry 4.0: Building the digital Enterprise”, 2016), son los siguientes:

- I Digital Novice (Novato digital)
- II Vertical integrator (Integrador vertical)
- III Horizontal collaborator (Colaborador horizontal)
- IV Digital champion (Campeón digital)
-

	1 Digital novice	2 Vertical integrator	3 Horizontal collaborator	4 Digital champion
<i>Digital business models and customer access</i>	First digital solutions and isolated applications	Digital product and service portfolio with software, network (M2M) and data as key differentiator	Integrated customer solutions across supply chain boundaries, collaboration with external partners	Development of new disruptive business models with innovative product and service portfolio, lot size 1
<i>Digitisation of product and service offerings</i>	Online presence is separated from offline channels, product focus instead of customer focus	Multi-channel distribution with integrated use of online and offline channels; data analytics deployed, e. g. for personalisation	Individualised customer approach and interaction together with value-chain partners. Shared, integrated interfaces.	Integrated Customer Journey Management across all digital marketing and sales channels with customer empathy and CRM
<i>Digitisation and integration of vertical and horizontal value chains</i>	Digitised and automated sub processes. Partial integration including production or with internal and external partners. Standard processes for collaboration partly in place	Vertical digitisation and standardised and harmonised internal processes and data flows within the company; limited integration with external partners	Horizontal integration of processes and data flows with customers and external partners, intensive data use through full integration across the network.	Fully digitised, integrated partner ecosystem with self-optimised, virtualised processes, focus on core competency; decentralised autonomy. Near real-time access to extended set of operative information
<i>Data & Analytics as core capability</i>	Analytical capabilities mainly based on semi-manual data extracts; Selected monitoring and data processing, no event management	Analytical capabilities supported by central business intelligence (BI) system isolated, not standardised decision support systems	Central BI system consolidating all relevant internal and external information sources, some predictive analytics. Specific decision support and event management systems	Central use of predictive analytics for real-time optimisation and automated event handling with intelligent database and self-learning algorithm enabling impact analysis and decision support
<i>Agile IT architecture</i>	Fragmented IT architecture in-house.	Homogeneous IT architecture in-house. Connection between different data cubes developing.	Common IT architectures in partner network. Interconnected single data lake with high-performance architecture	Single data lake with external data integration functionalities and flexible organisation. Partner service bus, secure data exchange
<i>Compliance, security, legal & tax</i>	Traditional structures, digitisation not in focus	Digital challenges recognised but not comprehensively addressed	Legal risk consistently addressed with collaboration partners,	Optimising the value-chain network for compliance, security, legal and tax
<i>Organisation, employees and digital culture</i>	Functional focus in "silos"	Cross-functional collaboration but not structured and consistently performed	Collaboration across company boundaries, culture and encouragement of sharing	Collaboration as a key value driver

Ilustración 40- Modelo Madurez Digital (Fuente: PwC)

El diagnóstico que entrega (PwC, "Industry 4.0 Self Assessment", 2015) presenta la gráfica con el nivel de madurez objetivo para cada dimensión analizada.

Detailed Result

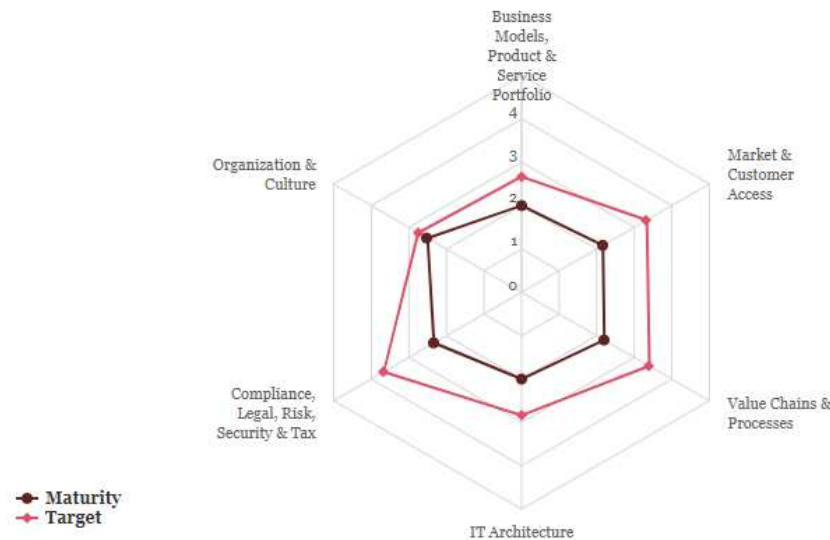
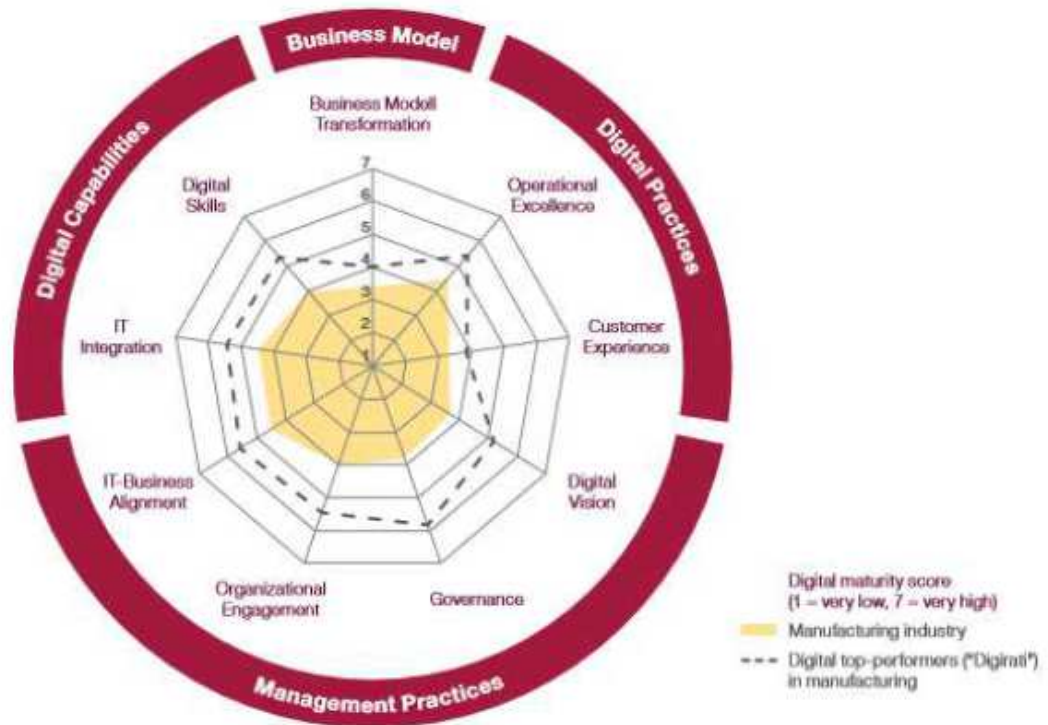


Ilustración 41- Gráfica autodiagnostico madurez (Fuente: PwC)

El tercer modelo es el desarrollado por la consultora (Capgemini: "Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View", 2014), que se enfoca en el nivel de madurez digital específicamente para el sector de la industria manufacturera. Considera 4 dimensiones y 7 niveles de madurez, siendo las dimensiones consideradas las siguientes:

1. Modelo de negocio. Que implica el aprovechamiento de la transformación digital para la puesta en marcha de nuevos servicios y productos, alcanzando nuevos clientes y mercados.
2. Prácticas digitales. Que se focaliza en la ejecución operativa y la experiencia del usuario. Se incluyen tecnologías móviles, mensajería instantánea, y dispositivos embebidos para la eficiencia de los procesos operativos y en los diferentes canales de comunicación digitales para la atención al cliente.
3. Prácticas de gestión. Que le permitan una visión digital para el liderazgo en la transformación que permite la digitalización, la gobernanza para la coordinación y puesta en marcha de las acciones necesarias, el compromiso organizacional para lograr el involucramiento de todos los actores relevantes y el alineamiento de TIC y negocio, haciendo frente a barreras organizacionales.
4. Capacidades digitales. Para identificar las competencias digitales de los empleados, porque son relevantes para la integración de plataformas y sistemas TIC para alcanzar mayor agilidad y transparencia operativa.



Source: Capgemini Consulting – MIT Center for Digital Business, please consult page 31

© Capgemini Consulting 2014

Ilustración 42- Modelo Madurez Digital (Fuente: Capgemini)

La visión (Capgemini, "Industry 4.0 Maturity Model – Mirroring today to sprint into the future", 2018), respecto de las dimensiones y niveles de madurez se observa a continuación:

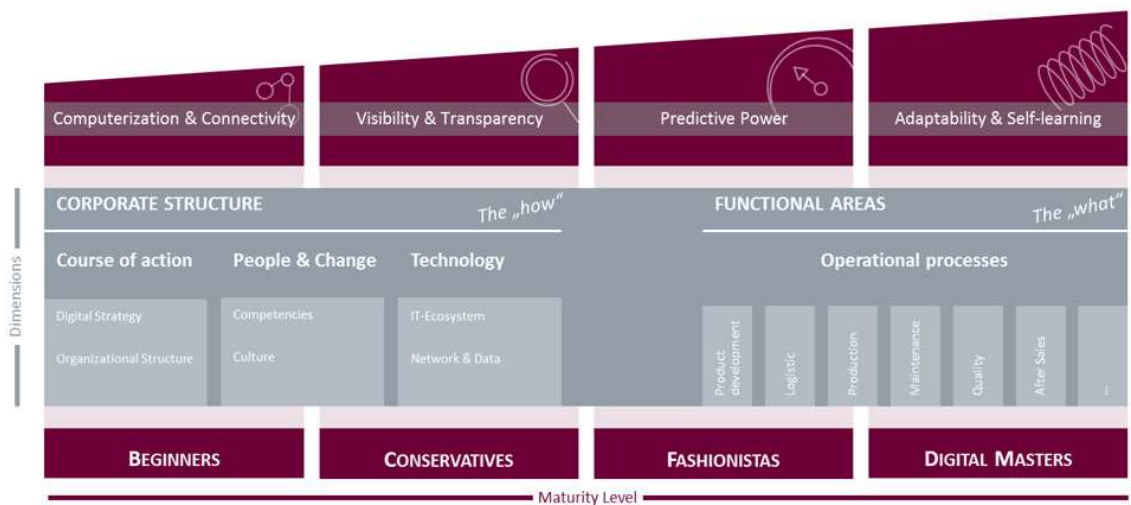


Ilustración 43- Componentes Modelo Madurez Digital (Fuente: Capgemini)

El último modelo a presentar es el desarrollado por el Institute Industrial Management of FH Joanneum de la University of Applied Sciences quienes presentan una Hoja de Ruta (Roadmap) bastante práctica de adoptar por cualquier compañía, que permite básicamente realizar un diagnóstico actual y plantear el escenario deseado para los macroprocesos de: compras, producción, logística interna, ventas y recursos humanos, para finalmente definir su portfolio de proyectos de transformación digital y programarlos en el tiempo. Los pasos a seguir por la empresa son:

1. Análisis Preliminar de la organización
2. Análisis de Madurez Digital actual por procesos
3. Definición de Nivel de Madurez objetivo por procesos
4. Definición de indicadores para medir la transición
5. Relación de Madurez Digital con objetivos estratégicos
6. Definición de Proyectos para alcanzar Nivel de madurez objetivo

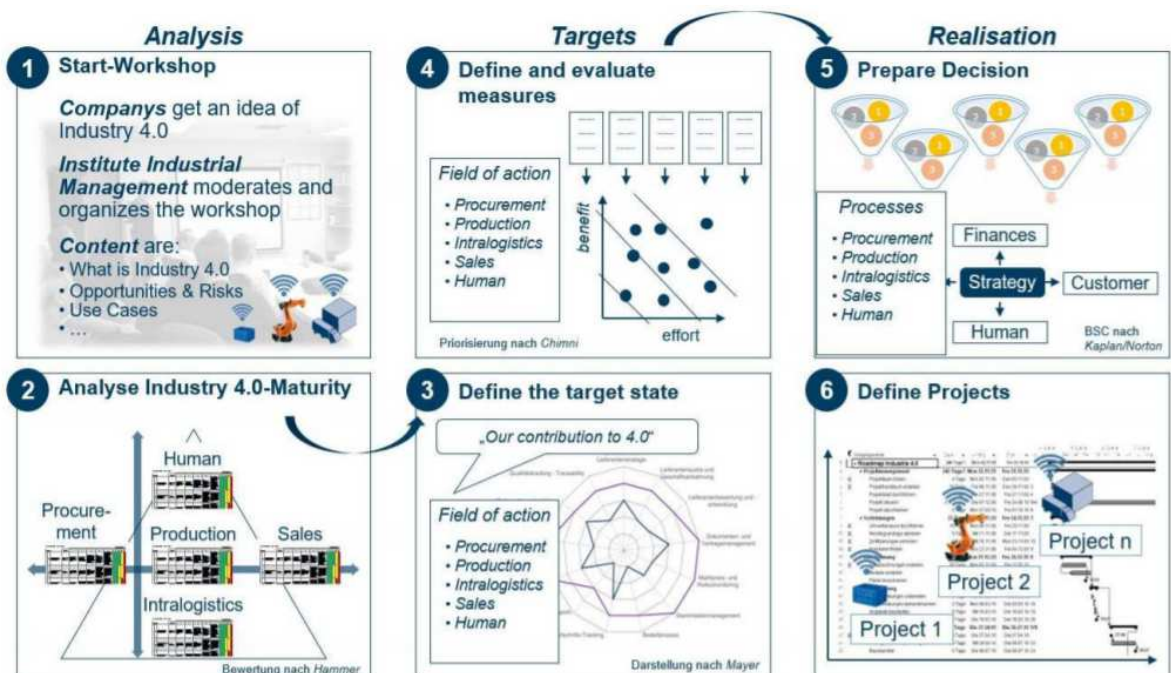


Figure 2. Roadmap Industry 4.0.

Ilustración 44- Roadmap transformación digital (Fuente: University of Applied Sciences)

8.6. ¿Cómo debe iniciar su transformación cualquier empresa de Manufactura Chilena?

A partir de las metodologías vistas anteriormente, a continuación, se establece un modelo práctico que servirá de forma general para establecer los requisitos que debe satisfacer una industria de manufactura para aprovechar en su cadena de valor los beneficios que proporcionan las tecnologías habilitantes dependiente del nivel de madurez actual de la organización. El esquema conceptual del modelo es el siguiente:



Ilustración 45- Modelo Transformación Manufactura Chilena- Paso 1 (Fuente: Propia)

En donde las áreas y sub áreas de análisis pueden ser:

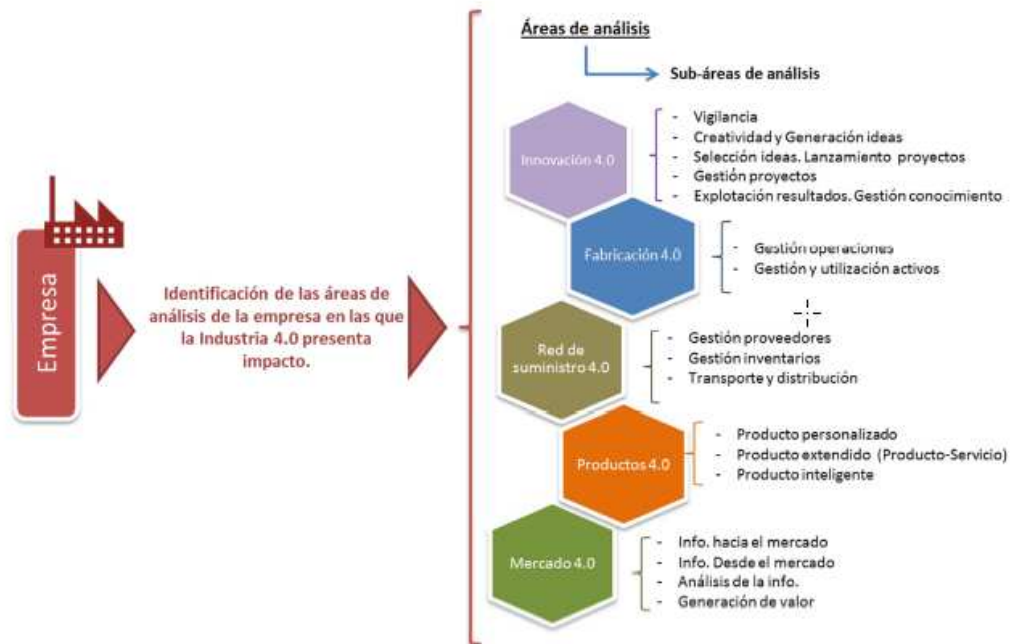


Ilustración 46- Modelo Transformación Manufactura Chilena- Paso 2 (Fuente: Propia)

Los facilitadores considerados son:



Ilustración 47- Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 3 (Fuente: Propia)

En donde cada facilitador puede ser desagregado dependiente del nivel de detalle que se requiera para la evaluación, y cada facilitador o subfacilitador puede ser evaluado con una escala de 1 a 4, en donde:

- Nivel 1: Implica un nivel de utilización del facilitador entre 0 – 25%. Se trata del nivel más bajo en el que la empresa no aplica, o no conoce el facilitador en cuestión.
- Nivel 2: Implica un nivel de utilización del facilitador entre 25 – 50%. Se trata del nivel en el que la empresa conoce el facilitador en cuestión, pero no está familiarizada con su aplicación en la empresa.
- Nivel 3: Implica un nivel de utilización del facilitador entre 50 – 75%. Se trata del nivel en el que la empresa ha utilizado e integrado hasta cierto nivel (en algunas pruebas piloto, en algunos procesos, etc.) el elemento facilitador.
- Nivel 4: Implica un nivel de utilización del facilitador entre 75 – 100%. Se trata del nivel más alto, en el que la empresa conoce en profundidad el facilitador en cuestión y tiene implantado de forma generalizado en la empresa.

El modelo detallado por lo tanto queda de la siguiente forma:

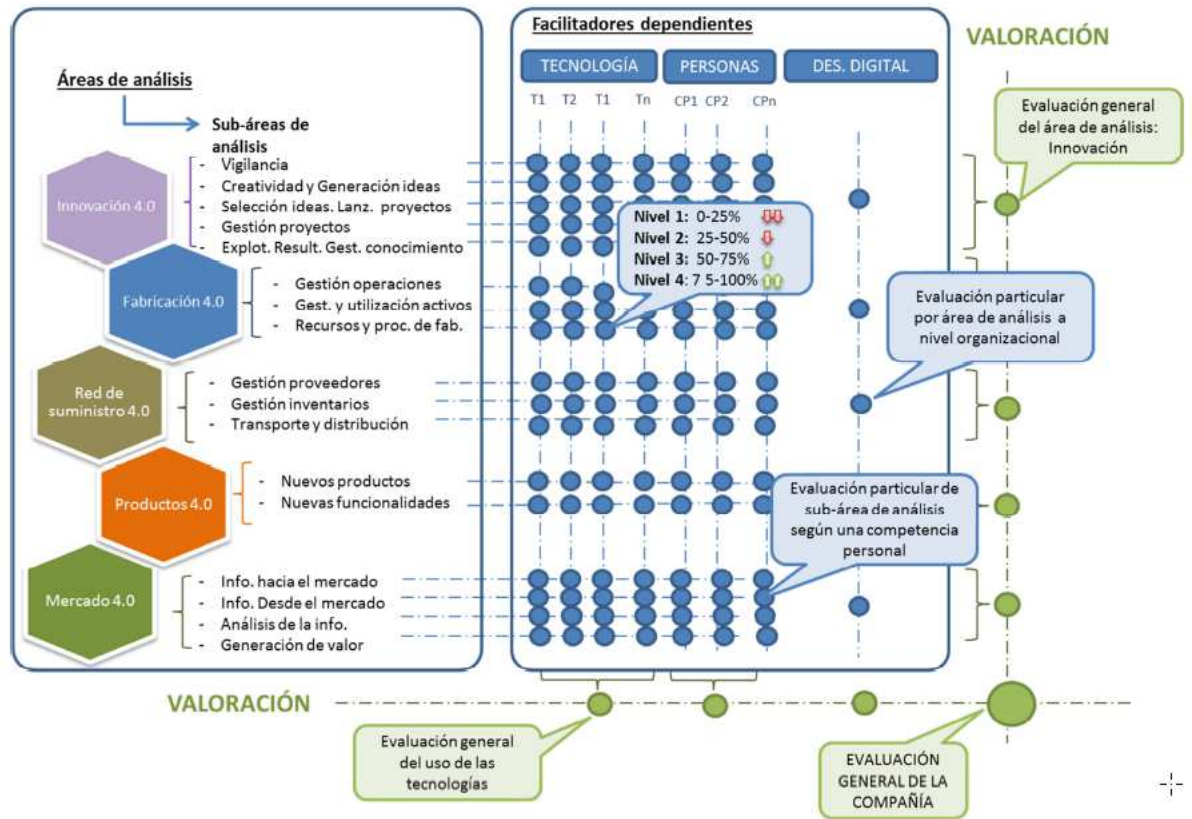


Ilustración 48 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 4 (Fuente: Propia)

Una vez evaluada la empresa se pueden establecer diversos análisis y gráficas a partir de los resultados, que le permiten a la empresa contar con una visión rápida de la situación actual y potencial respecto de la transformación digital que considere necesaria la organización.

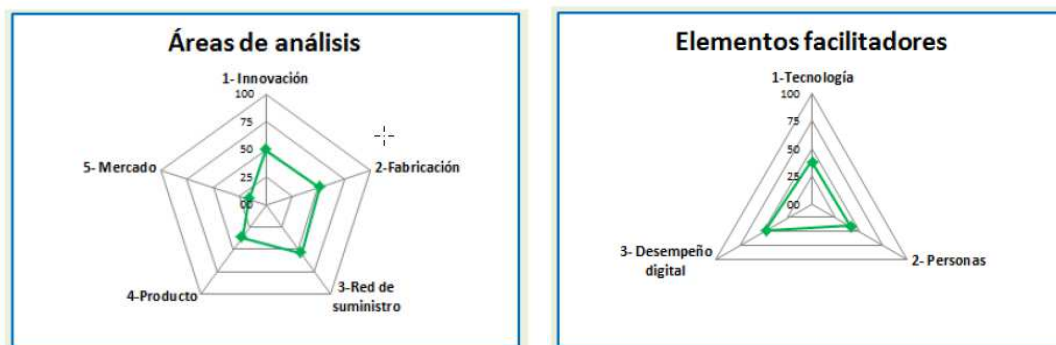


Ilustración 49 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 5 (Fuente: Propia)

Por otro lado, a partir de este análisis la empresa puede establecer su Hoja de Ruta individualizada que le indicará la valoración actual y meta objetivo para cada una de las áreas/ subáreas con el aporte de valor de cada uno de los factores habilitantes, como se muestra a continuación:

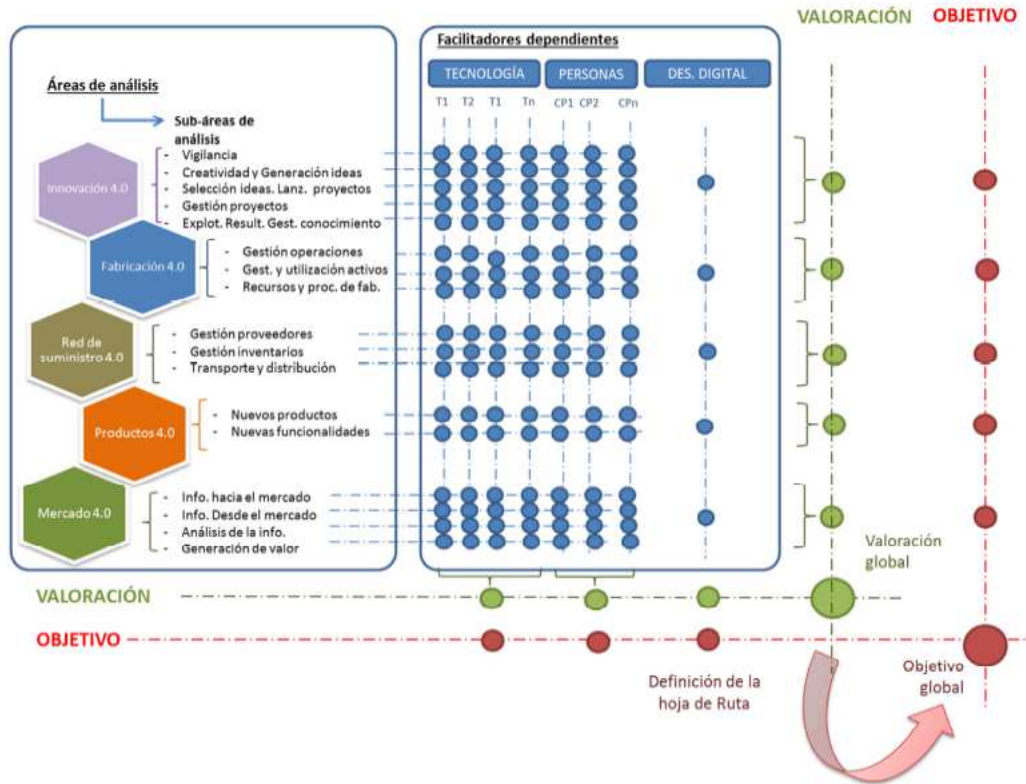


Ilustración 50- Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Paso 6 (Fuente: Propia)

Lo que también se puede resumir a nivel de empresa de la siguiente gráfica:

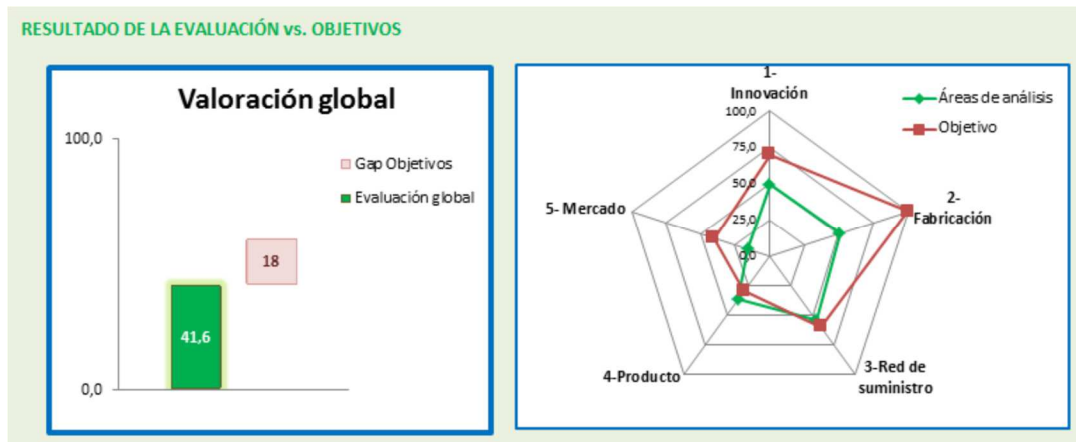


Ilustración 51 - Modelo conceptual Transformación Manufactura Chilena- Resultado (Fuente: Propia)

9. Conclusiones:

Debido a las ventajas competitivas que podrán desarrollar los países líderes en Manufactura a nivel global gracias a la revolución de Industria 4.0, se hace relevante que nuestro sector manufacturero en Chile avance en la transformación digital para aprovechar las oportunidades de mejora que esta permite para asegurar su sustentabilidad en el mercado.

Por lo anterior se abordó esta tesina con el principal objetivo de presentar las oportunidades de mejora que permite la Industria 4.0 al sector manufacturero y cómo a través de los distintos habilitadores y uso de metodologías, las empresas pueden establecer su camino hacia la transformación digital y así lograr nuevas ventajas competitivas.

Para lo anterior se habían presentado varios objetivos secundarios que se resumen a continuación en base al desarrollo de esta tesina previamente presentado.

En primer lugar, el objetivo **“Presentar el contexto de Industria 4.0 y los beneficios que permitirá a nivel global”**, a lo largo del **Capítulo 7.2.1 ¿Qué es Industria 4.0?** pudimos observar como Industria 4.0 transformará las formas de hacer negocios, la cual se basará fuertemente en habilitadores tecnológicos tales como: Internet de las cosas, Smart Factory, Realidad aumentada, Vehículos autónomos, Robots, Impresoras 3D, Drones, Big Data, Machine Learning, Ciberseguridad, entre otras. Luego al adentrarnos en el **Capítulo 8.1 ¿Qué oportunidades entrega Industria 4.0?** comprobamos que varias consultoras prestigiosas tales como Mckinsey, Deloitte, PwC, Boston Consulting Group, entre otras, coinciden en que gracias a esta transformación las empresas podrán realizar integración horizontal o vertical en sus operaciones, podrán replantear el modelo de negocio de la organización, generar nuevos productos y/o servicios que le agreguen más valor a los clientes, optimizar procesos y mejorar la gestión de sus activos, entre muchos otros beneficios.

Posteriormente para nuestro segundo objetivo **“Diagnosticar situación actual a nivel global y específicamente en el sector manufacturero”** comenzamos en el **Capítulo 8.2 ¿Cómo avanza el resto del mundo a Industria 4.0?** observando las estadísticas preparadas por PwC, en donde indica que Europa concentra el 77% de las inversiones en transformación digital, destacando así Alemania, Irlanda, Bélgica, entre otros. Mkinsey señala que existe aprox. un 70% de las industrias que aún podrían transformarse digitalmente, aunque existan empresas que recién invierten en soluciones aisladas o en vías de integración. Deloitte indica que existe una directa relación de madurez digital con estrategias de integración, destacando así los mercados Automotriz, Electrónica y Tecnologías IT. BCG indica que la relación directa existe entre metodologías LEAN y madurez digital.

Después profundizamos el impacto al sector Manufactura en el **Capítulo 8.3 ¿Qué oportunidades tiene para la Manufactura**”, primero vimos que según Gartner las empresas manufactureras le dan un 21% de importancia a la transformación digital, Zebra por otro lado indica que el 51% de la manufactura latinoamericana y el 48% de la manufactura asiática esperan de los próximos años realizar su transformación digital. Pero según (WORLD BANK: “Trouble in the Making? The future of Manufacturing-Led Development”, 2017), el líder en transformación digital de manufactura es China, el cual durante los últimos 10 años ha tenido un crecimiento exponencial, más aún China ya elaboró estrategia de transformación digital hasta el 2050. En general el nuevo concepto que se introduce para la transformación digital de manufactura es “Manufactura 4.0” o “Manufactura Avanzada”.

Luego para diagnosticar nuestro escenario de Manufactura en Chile, partimos en el **Capítulo 8.4 ¿Cómo estamos en Chile en Manufactura 4.0?**, indicando que según la OCDE los productos manufacturados representan el 39% de nuestras exportaciones, por lo tanto juegan un rol importante en nuestra economía. Forman parte de este sector principalmente las industrias de productos alimenticios, productos de celulosa y forestal, productos químicos, metales y máquinas, entre otros. Tal como indica la OCDE nuestro nivel de productividad en este sector se ha estancado durante los últimos 20 años, por lo tanto, CORFO creó el Comité de Transformación Digital para el sector manufactura, denominado “Manufactura Avanzada” que se inició recientemente para avanzar en esa línea.

Finalmente, en último objetivo **“Conocer los modelos y metodologías que le permiten a las empresas establecer su hoja de ruta para realizar la transformación digital.”** A partir del **Capítulo 8.5 ¿Qué metodologías de transformación existen?** Se presentan las distintas metodologías de transformación digital, en donde todos coinciden en que las empresas deben desarrollar su plan estratégico para su transformación digital, en función de su nivel de madurez actual y su nivel deseado en función de sus objetivos estratégicos. Para lo cual se presentaron modelos y metodologías utilizados a nivel mundial por las grandes compañías, y que partir de un modelo sencillo las industrias de manufactura chilenas ya pueden comenzar a realizar su autodiagnóstico y a definir su plan de implementación a corto y mediano plazo del nivel de digitalización que desean.

A partir de lo anterior se espera que esta tesina sirva de apoyo a las empresas del sector manufacturero chileno, para iniciar su diagnóstico preliminar y visualizar los beneficios que proporcionan las tecnologías al mejoramiento continuo de los procesos y la cadena de valor de cada empresa, para que así sean consideradas en los planes estratégicos de las empresas del sector, lo que les permitirá mantener su sostenibilidad y competitividad en un mercado global.

10. Webgráficas:

- Deloitte (2018). “The smart factory” [En línea]. Disponible en: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4051_The-smart-factory/DUP_The-smart-factory.pdf [Accesado el día 05 de Febrero de 2019]
- Deloitte Insights: “Toward the next horizon of Industry 4.0” [En línea]. Disponible en: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/IL327_Toward-the-next-horizon/IL327_Toward-the-next-horizon.pdf [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]
- Deloitte Insights: “The Industry 4.0 paradox” [En línea]. Disponible en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/energy-resources/deloitte-cn-er-industry-4.0-paradox-overcoming-disconnects-en-full-report-190225.pdf> [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]
- Mckinsey: “Manufacturing’s next act” [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Manufacturings%20next%20act/Manufacturings%20next%20act.ashx> [Accesado el día 10 de Febrero de 2019]
- PwC: “Industry 4.0: Building the digital Enterprise” [En línea]. Disponible en: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf> [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]
- PwC: “Digital Factories 2020 shaping the future of manufacturing” [En línea]. Disponible en: <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> [Accesado el día 25 de Febrero de 2019]
- PwC: “Industry 4.0: Opportunities and challenges for consumer product and retail companies” [En línea]. Disponible en: <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf> [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]
- PwC: “Industria 4.0 Global digital operations study 2018” [En línea]. Disponible en: <https://www.pwc.es/es/productos-industriales/industria-4-0-global-digital-operations-study-2018.html> [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]

- Capgemini: “Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View” [En línea], Disponible en: https://www.capgemini.com/consulting/wp-content/uploads/sites/30/2017/07/capgemini-consulting-industrie-4.0_0_0.pdf [Accesado el día 10 de Febrero de 2019]
- Capgemini: “Industry 4.0 – Maturity model mirroring today to sprint into the future” [En línea], Disponible en: <https://www.capgemini.com/2018/02/industry-4-0-maturity-model-mirroring-today-to-sprint-into-the-future/> [Accesado el día 15 de Febrero de 2019]
- BCG: “When Lean Meets Industry 4.0” [En línea], Disponible en: <https://www.bcg.com/publications/2017/lean-meets-industry-4.0.aspx> [Accesado el día 1 de Febrero de 2019]
- BCG: “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries” [En línea], Disponible en: https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx [Accesado el día 10 de Febrero de 2019]
- CORFO: “Comité Transformación Digital” : [En línea], Disponible en: <http://ctdigital.cl/wp-content/uploads/2019/03/Manufactura-Avanzada-2019.pdf> [Accesado el día 10 de Febrero de 2019]
- CORFO: “Desde el cobre a la innovación: Roadmap tecnológico 2015-2035” [En línea], Disponible en: <http://www.dii.uchile.cl/wp-content/uploads/2016/05/Roadmap.pdf> [Accesado el día 20 de Febrero de 2019]
- WORLD BANK: “Trouble in the Making? The future of Manufacturing-Led Development” [En línea], Disponible en: <http://www.worldbank.org/en/topic/competitiveness/publication/trouble-in-the-making-the-future-of-manufacturing-led-development> [Accesado el día 20 de Febrero de 2019]

- OCDE: “Estudios Económicos de la OCDE Chile para Chile 2018” [En línea], Disponible en: <https://www.oecd.org/eco/surveys/Chile-2018-OECD-economic-survey-Spanish.pdf> [Accesado el día 10 de Febrero de 2019]
- Deloitte (2018). “Review: “Industry 4.0: Are you ready?” [En línea]. Disponible en: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/collections/issue-22/DI_Deloitte-Review-22.pdf [Accesado el día 01 de Febrero de 2019]
- Deloitte Insights: “Forces of change:Industry 4.0” [En línea]. Disponible en: https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4323_Forces-of-change/4323_Forces-of-change_Ind4-0.pdf [Accesado el día 17 de Febrero de 2019]
- Mckinsey: “Manufacturing escaping pilot purgatory” [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/How%20digital%20manufacturing%20can%20escape%20pilot%20purgatory/Digital-Manufacturing-escaping-pilot-purgatory.ashx> [Accesado el día 18 de Febrero de 2019]
- Mckinsey: “Mapping heavy industry’s digital-manufacturing opportunities” [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/mapping-heavy-industrys-digital-manufacturing-opportunities> [Accesado el día 19 de Febrero de 2019]
- Mckinsey: “Digital China: Powering the economy to global competitiveness” [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/china/digital%20china%20powering%20the%20economy%20to%20global%20competitiveness/mgi-digital-china-executive-summary-december-2017.ashx> [Accesado el día 20 de Febrero de 2019]
- Mckinsey: “The future of manufacturing: Your people” [En línea]. Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-future-of-manufacturing-your-people> [Accesado el día 21 de Febrero de 2019]
- PwC: “Industrial Manufacturing Trends 2018-2019” [En línea]. Disponible en: <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrial-Manufacturing-Trends-2018-19.pdf> [Accesado el día 22 de Febrero de 2019]