



# Industria 4.0: Un reto para la sociedad que construimos

**Luis Usatorre**

Industry MDI 4.0 Project Manager, Tecnalía

**J. Manuel Pedrero**

Industria y Transporte, Tecnalía

En los países occidentales la sociedad ha cambiado, las personas también han cambiado y tecnologías nuevas y rupturistas se han instalado entre nosotros. Son las condiciones para una revolución industrial. Los autores de este artículo explican lo que puede suponer para las próximas generaciones la Industria 4.0, o, como algunos expertos la han denominado: la cuarta revolución industrial.



“SI NO HUBIERA EXISTIDO el automóvil, no podrías leer el libro que tienes entre manos”, me dijo alguien. “¿Cómo es posible?”, le pregunté. “Muy fácil. Sin el desarrollo de los coches, no existirían las sierras mecánicas con motor de gasolina que han cortado el árbol para que tú tengas ese libro”.

**Figura 1.** Vehículo autónomo de Tecnalia.



Desde este punto de vista, mi amigo tenía razón. La influencia que el automóvil ha ejercido sobre nuestra sociedad y sobre nuestro desarrollo industrial actual ha sido y es clave para entender cómo vivimos. El automóvil fue clave en la fabricación en serie, en la construcción de la red de carreteras, en la popularización del transporte para todas las personas y en el desarrollo de tecnologías que posteriormente han pasado a todos los ámbitos. Sin embargo, el automóvil también ha sido clave en el aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, en los accidentes y en la geopolítica internacional para controlar las fuentes de petróleo. Es difícil encontrar otro producto industrial en el que se unan tal número de tecnologías, con tanta complejidad, volumen de producción e impacto económico y social en su entorno.

Ahora, el automóvil se encuentra inmerso en el reto de la propulsión eléctrica, que lo va a hacer ecológico y sostenible, en los nuevos diseños que los convierten en seguro y confortable, en la inteligencia incorporada que permite que se desplacen de forma autónoma, sin intervención humana (Fig. 1), en los sistemas de comunicación que lo integran con el resto del mundo, y también está in-

merso en los procesos de fabricación, que lo hacen accesible para el gran público.

Así es. Uno de los productos estrella del sistema industrial está en evolución, pero no está solo. Toda la industria, tal como la conocemos también está en evolución. Algunos se atreven a decir más: estamos en el centro de una nueva revolución industrial.

## 1. INDUSTRIA Y REVOLUCIÓN

Las revoluciones implican un cambio completo de las estructuras o de las organizaciones, rompiendo de forma más o menos violenta el orden establecido anterior. Para que se puedan producir es necesario que las comunidades, los países y las relaciones entre ellos hayan cambiado, que irrumpen nuevos avances tecnológicos disruptivos, o que otros modelos culturales se hayan instalado en la población. También son posibles las combinaciones entre los tres factores anteriores.

La sociedad actual, nuestra sociedad, ha cambiado en los últimos 20 años.

- Los valores que se mantuvieron intactos durante cuarenta años de guerra fría entre dos bloques se rom-

pieron junto con el muro de Berlín, y se formaron nuevas alianzas con nuevos intereses.

- Internet, las comunicaciones y los ordenadores para todos abrieron la ventana a un nuevo concepto de comunicaciones: el viejo sello postal (días) dejó paso al correo electrónico (segundos). La “inmediatez” se convirtió en “necesidad”.

- El respeto al medio ambiente saltó a los primeros puestos de las preocupaciones. Las personas, las máquinas y los robots, hemos pasado de ser enemigos a aceptar un nuevo marco de colaboración mutua.

Las nuevas generaciones también han cambiado. Los jóvenes ya no ven tan motivador la especialización técnica en ingenierías tradicionales (materiales o máquinas, por ejemplo), y priorizan otros estudios orientados a la comunicación, a la programación de sistemas o a las nuevas aplicaciones en la red.

Los intereses económicos surgidos después de la caída del bloque soviético, lanzó a las empresas norteamericanas, europeas y japonesas a una conquista de nuevos lugares productivos de bajo coste, con lo que miles de nuevas fábricas se instalaron en Asia, principalmente en China, y Latinoamérica. Este proceso ha significado desarrollo y beneficios durante más de 15 años de un modelo de “nosotros diseñamos y vendemos, ellos fabrican”. Durante este tiempo, los nuevos centros industriales han acumulado capital, tanto financiero como humano. Millones de nuevos técnicos e ingenieros formados por las empresas occidentales han adquirido conocimiento y destreza, no solamente en los procesos productivos sino también en el diseño y en la concepción de nuevos productos. Además, los empresarios han aprovechado los ingresos para desarrollar

empresas de primer nivel capaces de competir en todos los mercados. La crisis actual también ha favorecido el cambio de papeles en el orden global.

Alemania, como país industrializado y líder tecnológico, es el primero que comprende y analiza la situación conjuntamente con EE.UU. y algunos otros. El tejido productivo en Europa se ha detenido en el tiempo, con lo que el conocimiento productivo se ha perdido o disminuido al tiempo que los operarios especializados han ido desapareciendo sin relevo generacional. Los costes de producción en los países del este asiático ya no son tan interesantes, al haberse multiplicado varias veces el coste horario y, junto con el transporte, suponen una parte elevada del precio final, disminuyendo los márgenes de beneficio. La idiosincrasia y los aspectos culturales también han originado problemas de comprensión mutua. La nuevas empresas compiten en mercados y clientes.

Es necesario hacer algo, hay que reinventar el modelo industrial. En los países occidentales la sociedad ha cambiado, las personas han cambiado

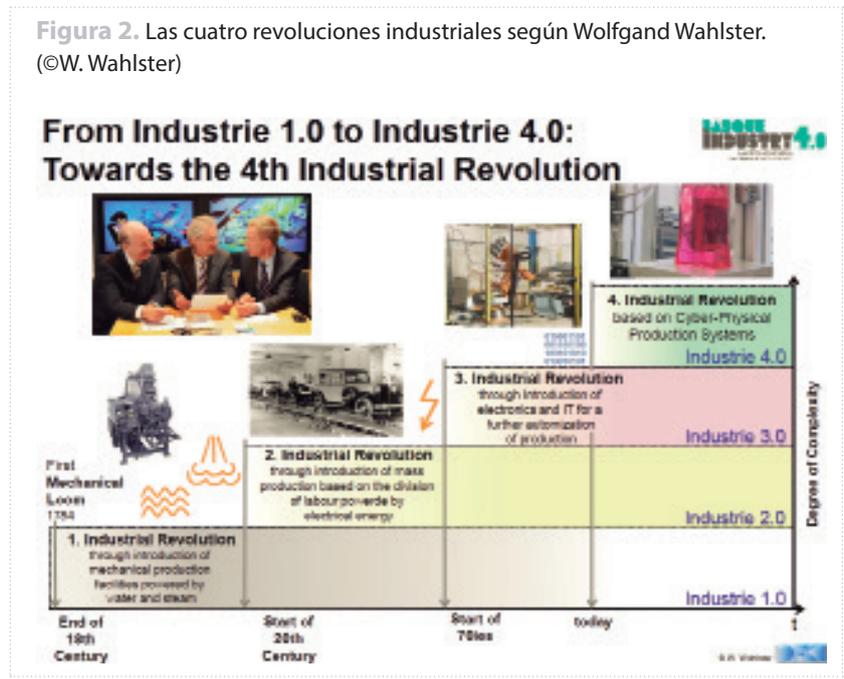
y tecnologías nuevas y rupturistas se han instalado entre nosotros. Son las condiciones para una revolución industrial.

## 2. CUATRO REVOLUCIONES: INDUSTRIE 4.0

Aunque se pueden considerar diferentes criterios para hacer una clasificación, la que propone el Dr. Wolfgang Wahlster, Director y CEO del German Research Center for Artificial Intelligence, recoge con claridad cuatro momentos claves de la historia industrial, incluyendo el tiempo actual (Fig 2):

1. La revolución industrial introduce a fines del s.XVIII la producción mecanizada, utilizando la energía del agua y del vapor mediante la nueva máquina de Watt. Una de las primeras aplicaciones fue en los telares británicos y más tarde en las locomotoras de ferrocarril.

2. La fabricación en masa de vehículos en Detroit, a comienzos del s. XX por parte de Henry Ford inició el camino a productos más asequibles y populares, utilizando máquinas eléc-





tricas y una concepción mecanicista del trabajo humano.

3. En los años 70 del s. XX los sistemas de control programables, los robots y la electrónica convierten a las fábricas en entornos automatizados, que incorporan redes cableadas de comunicaciones y computadores como elementos clave.

4. La revolución industrial basada en los sistemas de producción ciberfísicos, los “Cyber-Physical Production Systems”. Es la cuarta revolución histórica, la denominada “Industria 4.0”.

## 1. Industria 4.0

Industria 4.0 es una estrategia iniciada por Alemania y rápidamente asimila-

da por la Unión Europea. Se trata de un proyecto de prioridad estratégica que promueve la computerización inteligente de las industrias tradicionales relacionadas con la fabricación. Las regiones europeas más industrializadas han visto rápidamente la oportunidad de revitalizar los tejidos empresariales y productivos, y en este sentido se sitúan acciones como la del Gobierno Vasco a través del “Plan Estratégico de Especialización Inteligente de Euskadi”, y de la jornada Basque Industry 4.0 - Industria 4.0. La Fábrica Inteligente que se celebró el 15 de Octubre en Bilbao, con presencia del Prof. Dr. Wolfgang Wahls-ter, autoridad en la materia y asesor del Gobierno Alemán.

El objetivo principal es desarrollar un modelo de fabricación con total adaptabilidad y flexibilidad, alta eficiencia y orientación al cliente de los productos y servicios, incluyendo valores actuales clave que se mantienen y refuerzan:

- La seguridad: de las personas y máquinas.
- Los factores socio-económicos: trabajo atractivo y ergonómico para las personas, y medios de producción en países con altos índices en la sociedad del bienestar.
- Los productos: mantienen o incrementan el valor dentro de la cadena de suministro
- El medio ambiente: el respeto y su mantenimiento es incuestionable.

## Industria 4.0 es un proyecto de prioridad estratégica que promueve la "computerización inteligente" de las industrias tradicionales relacionadas con la fabricación.

Figura 3. Características de Industria 4.0, según TecNALIA.



Para todo ello, se incorpora a la industria la tecnología más avanzada: los Cyber-Physical Systems, Big Data o el Cloud Computing, entre otros, que ofrecen la posibilidad de aglutinar y analizar información masiva para predicción en procesos, incremento de productividad, auto ajuste en entornos cambiantes, flexibilización del producto, etc.

En Industria 4.0 las fábricas “deciden”, “actúan” y “se comunican”. La adquisición de datos se efectúa mediante sistemas embebidos que incluyen sensores inteligentes, electrónica industrial y nuevos protocolos de captura online. La comunicación y el procesamiento emplean arquitecturas de software (middleware, bases de datos, cloud, sistemas distribuidos, etc.). Para el análisis y extracción del conocimiento se utiliza la inteligencia artificial, mediante sistemas expertos, softcomputing, data-mining, generadores de modelos, etc. (Fig. 3)

## 2. Estrategia y tecnología 4.0

La nueva estrategia se relaciona es-

trechamente con varios movimientos y acciones, conocidos por los agentes tecnológicos desde hace tiempo y en los que trabajamos activamente, creando el binomio estrategia-tecnología capaz de ponerlo en marcha.

#### Internet móvil

Capacidad directa y barata para conectar sistemas. Las aplicaciones se compran en tiendas virtuales, los datos se almacenan en la nube, nacen nuevos conceptos de servicios para la comunidad industrial.

#### Automatización del conocimiento

Mediante la generación de algoritmos y el procesamiento de grandes cantidades de datos, sistemas inteligentes pueden tomar decisiones puntuales sobre tareas y procesos complejos.

#### Internet of Things

(Internet de las Cosas)

Sensores y actuadores de bajo coste incorporados a los productos pueden recopilar datos, monitorizar, y actuar, aumentando el valor aportado. Los productos tienen mecánica y elementos eléctricos, a los que añaden hardware y software, después datos (inteligencia) y por último servicios. Lo que se entrega al cliente son sistemas producto-servicio que amplía las opciones de negocio de la empresa. Los productos se conciben con más valor, se fabrican adaptados al cliente y se venden junto con un servicio que dura en el tiempo.

#### Robótica avanzada

Nueva generación de robots y autómatas que disponen de capacidades mejoradas de programación y de interacción con humanos, procesos y otras máquinas. Los robots adquieren nuevas formas más humanas, como Hiro (Fig. 4) y surgen nuevos conceptos, como la robótica de cables.

#### Fabricación 3D

Sistema aditivo de fabricación en el que se aporta el material necesario según diseño, en cada caso y lugar. Es posible fabricar en nuestra casa elementos que necesitemos. El diseño y la fabricación se adaptan a las necesidades de los clientes y a la disponibilidad de las instalaciones.

#### Materiales avanzados y sistemas multimateriales

Materiales diseñados específicamente para ofrecer prestaciones y funcionalidades superiores en peso, coste, resistencia, conductividad, impacto ambiental, etc. Las tecnologías de unión permiten crear productos con alternativas multimateriales para mejorar coste y prestaciones.

#### Sistemas autónomos de transporte

Tanto para mercancías, como para personas, los vehículos pueden desplazarse sin necesidad de un conductor, con la máxima seguridad para bienes y ocupantes y el mínimo consumo eléctrico. Este es el mayor

avance en la historia del automóvil desde su invención por Gottlieb Daimler y Karl Benz en 1886. La inteligencia incorporada en el vehículo, su conexión con el exterior y la propulsión eléctrica abren posibilidades insospechadas en el transporte e introducen al sector del automóvil en el concepto 4.0.

### 3. FACTORY OF THE FUTURE, FOF

La relación entre Industria 4.0 y Factory of the Future, FoF, no puede ser más estrecha. Se trata de dos aproximaciones a un objetivo final. Factory of the Future, lleva tiempo en su modelo europeo y local orientando nuestra actividad como agentes tecnológicos, empresas o universidades. Las relaciones en Europa, establecidas a partir de confianza y trabajo continuado, permiten disponer de información de primera mano y ser agentes de las propuestas e iniciativas.

Factory of the Future implica una realidad productiva basada en 6 pilares coherentes con la estrategia de

**El objetivo principal es desarrollar un modelo de fabricación con total adaptabilidad y flexibilidad, alta eficiencia y orientación al cliente de los productos y servicios.**

Figura 4. Vehículo con estructura multimaterial. Proyecto BEHICLE.





Industria 4.0. La fábrica del futuro será (Fig. 5):

**Automatizada:** La nueva generación de robots industriales, como hiro, incorporan dispositivos externos para mejorar su conocimiento del entorno (visión, metrología...). Es posible acoplar dispositivos complejos, cabezales adaptativos y estrategias de control avanzadas que tengan en cuenta más factores de producción. Su programación y calibración es más sencilla y requiere menos tiempo. Los puestos de trabajo requieren una mayor especialización de las personas.

**Flexible:** Los medios de producción permiten adaptar producto, cantidad y plazo a las necesidades del cliente final. La fabricación se adapta al cliente, y no al revés.

**Inteligente:** Máquinas y dispositivos inteligentes, sensibles al entorno que se adaptan a las condiciones cambiantes, toman decisiones y asisten en tareas complejas, incluyendo las tareas de automantenimiento. Disponen de nuevos conceptos de interacción con los humanos. La incorporación de sensores y cámaras les aportan consciencia del entorno.

**Sostenible:** Contaminación mínima o nula, ahorro de energía, ahorro de materiales utilizando solamente aquellos que son necesarios (fabricación 3D).

**Conectada:** Las máquinas están constantemente conectadas entre sí, con las personas y con los centros de gestión, independientemente de la distancia a la que se encuentren.

**Social:** Los espacios son compartidos entre personas y máquinas, con total seguridad para personas, bienes y equipos. Nuevos sistemas de interacción persona-máquina, como las

Figura 5. Características de la Fábrica del Futuro, FoF.



Figura 6. Gafas interactivas de Google en una aplicación industrial.



gafas interactivas permiten mayor operatividad a los trabajadores (Fig. 6).

La Fábrica del Futuro produce “Smart Products”, es decir, productos inteligentes que ofrecen la posibilidad de un mejor servicio postventa (post-producción proactivo) gracias a características como el autodiagnóstico, trazabilidad, geolocalización, interconectabilidad, actualización automática, envío de informaciones sobre su estado, etc. De esta forma, las empresas pueden incorporar nuevos servicios

añadidos a su modelo de negocio, o bien, crear nuevos negocios orientados a las necesidades del cliente.

## 4. EMPRESAS 4.0 Y EL MODELO DE DIAGNÓSTICO E IMPACTO

La cuarta revolución industrial implica una adaptación de los protagonistas. Acostumbrados a un entorno conocido y estable, la nueva situación introduce nuevos factores con lo que hay que evaluar cada caso.

**Figura 7.** Evaluación de las empresas a la Industria 4.0 según la metodología MDI-4.0.



## Los sistemas ciberfísicos, el cloud computing, el big data, la fabricación aditiva, la visión artificial y la robótica colaborativa son claves en la fabricación del futuro.

En este proceso, son tres las fases mediante las cuales una empresa puede fijar su mapa de ruta hacia Industria 4.0:

1. Diagnóstico de la situación. Identificación y priorización de las acciones a realizar, según las necesidades y condiciones particulares, tecnologías disponibles, productos, mercados, etc.

2. Comparativa con el estado óptimo en I4.0. Cada empresa tiene un óptimo y las extrapolaciones de otros casos no son válidas. Mediante una visión global tecnología-producto-mercado-empresa es posible establecer la combinación que mejor se adapta.

3. Identificación de las oportunidades de mejora de cada área con impacto relevante que pueden ayudar a mejorar la posición en el mercado, analizando su vinculación concreta con las tecnologías.

En estos tres puntos se basa el Modelo de Diagnóstico e Impacto, MDI-4.0 de Tecnalía (Fig. 7). El objetivo es

ayudar a las empresas manufactureras a alcanzar el mejor posicionamiento 4.0, teniendo una visión global de los aspectos y características que influirán en la transformación industrial. El resultado final es un listado ordenado de acciones de mejora con impacto relevante, claras y concretas, que puede ser usado como hoja de ruta a futuro.

### 5. OPORTUNIDADES Y RETOS YA

En el conjunto de España, la participación de la industria en el PIB total ha pasado de un 19% en 2000 a un 16% en 2013 (Fuente INE). Entre 2010 y 2013, en Euskadi la participación de Industria y Energía sobre el PIB total ha descendido desde un 22,5% hasta un 21,7% (Fuente Eustat). La estrategia de reindustrialización que implica Industria 4.0 supone una oportunidad para recuperar el espacio perdido durante estos últimos años.

La Comunidad Autónoma del País Vasco tiene una componente industrial muy importante y las acciones

de desarrollo y aplicación tecnológica en procesos y productos abre muchas oportunidades a Empresas, Universidades y Centros Tecnológicos.

- En los procesos, al incorporar nuevas tecnologías no empleadas en la industria hasta ahora.
- En los productos, con un mayor valor para el cliente, incluyendo servicios postventa que están aún por concebir.
- En el desarrollo del software y de las aplicaciones, mediante las nuevas herramientas y lenguajes de programación, y utilizando nuevos canales de distribución y venta.
- En las máquinas, incorporando sensores, inteligencia, comunicación, etc.
- En el transporte, como parte fundamental de la industria en sus vertientes de cliente y producto.
- En el desarrollo de nuevos materiales inteligentes para los productos y para los sensores más avanzados.
- En los servicios de comunicaciones, seguros, etc.

Todo esto supone oportunidades, nuevos actores, nuevas ideas y posibilidad de crecimiento. Industria 4.0 implica la movilización de todo el sector, y necesita líderes que movilicen y traccionen, con una capacidad global, tecnológicamente transversal y puntera, visión de futuro, conocimiento del mercado y de las empresas, mentalidad abierta e interacción estrecha y activa con los líderes europeos.

**“El futuro nos debe sorprender, pero no puede pillarnos por sorpresa”.** Conocemos la realidad del momento en el que nos encontramos y trabajamos para ser protagonistas. Entre todos disponemos de conocimiento, herramientas y relaciones y, también, capacidad de trabajo para transformar la sociedad y la industria en auténticas 4.0. Y lo vamos a hacer. 📱