

Industria 4.0. Aspectos clave en su implementación

Apellidos, nombre	García Ortega, Beatriz (beagaror@doctor.upv.es)
Departamento	Departamento de Organización de Empresas
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial Universitat Politècnica de València

1 Resumen de las ideas clave

Este documento nos introduce los aspectos que resultan fundamentales en el desarrollo de la Industria 4.0.

Se recomienda que el alumno tenga ciertas nociones sobre la Industria 4.0 y sus herramientas.

2 Objetivos

Se pretende:

- Repasar de forma breve qué es la Industria 4.0.
- Familiarizarnos y reflexionar sobre los aspectos clave en su implementación.

3 Introducción

La **Industria 4.0** supone una profunda transformación no sólo en la forma de producir en la propia industria, sino también en la forma de hacer negocios. Fuera del ámbito empresarial está llamada a introducir grandes cambios en nuestra sociedad, de una dimensión todavía difícil de calibrar.

Para su implementación, por un lado, las empresas necesitan adoptar estrategias adecuadas y adaptadas a su situación y contexto. Por otro lado, los gobiernos y otros agentes tienen también un importante papel a desempeñar.

En este objeto de aprendizaje, tras introducir brevemente en qué consiste la Industria 4.0, nos centraremos en cuáles son los aspectos a considerar en su implementación.

4 Desarrollo

4.1 ¿Qué es la Industria 4.0?

El concepto de Industria 4.0 surgió en el salón de la tecnología industrial de la Feria de Hannover de 2011, para describir las nuevas tendencias en la industria. Industria inteligente, industria digital o cuarta revolución industrial son términos que vienen a describir el fenómeno de transformación que tenemos por delante.

La Industria 4.0 se plantea como la incorporación efectiva a la producción de las últimas herramientas tecnológicas y digitales a nuestro alcance, de la información y comunicación, con sistemas ciberfísicos inteligentes, que combinan la parte física con la virtual, que se comunican entre sí y con su entorno, capaces de recoger, enviar, almacenar y gestionar datos de forma autónoma y de mejorar los procesos de automatización, con control descentralizado e hiperconectividad avanzada. Se consigue así el seguimiento y análisis en tiempo real de los procesos, su monitorización remota y virtual para hacerlos más eficientes y predecibles y evitar fallos, el análisis de datos y toma de decisiones y la modularización para producir de un modo flexible y personalizado, adaptable a cambios de demanda.

Todo ello supone una revolución en cuanto a la forma de hacer y organizar nuestro mundo, más allá del ámbito estricto de una planta de producción, o del propio ámbito empresarial.

Por un lado, la Industria 4.0 promueve una mayor alineación de los procesos en toda la cadena de suministro, con una mejor utilización de los recursos, reducción en el uso de materias primas o energía, disminución de desechos, optimización de costes, mayor agilidad, creación de productos y servicios mejorados e innovadores que aporten mayor valor...

Por otro lado, la Industria 4.0 supone un cambio estructural a nivel general, una transformación de base tecnológica que se extiende a toda la sociedad. Tenemos ejemplos de cambios en ciernes como el desarrollo de los vehículos autónomos, las ciudades inteligentes (smart cities), los edificios inteligentes (smart building), la domótica, la medicina (robots que operan, técnicas de diagnóstico inteligente de enfermedades, etc.), hasta el punto de que podrá formar parte de cualquier aspecto cotidiano. Cualquier objeto que nos rodee puede ser una máquina inteligente conectada a través de la red de Internet, con capacidad de computación y comunicación con otros equipos y con nosotros mismos para ayudarnos en nuestro día a día.

Nombraremos aquí algunos de los principales avances tecnológicos y digitales que se complementan y apoyan entre sí para hacer posible la Industria 4.0, como son el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data, la Inteligencia Artificial, la Computación en la Nube, la Robótica, la Sensórica inteligente no invasiva, la Nanotecnología, la Realidad Aumentada, la Simulación Virtual, el Blockchain, el 5G, la impresión 3D, los drones, etc.

Además de todo ello, la propia implementación de la Industria 4.0 no resulta obvia ni sencilla, requiere de una profunda adaptación de las empresas a diferentes niveles y de la implicación de los gobiernos para estimular, favorecer y arbitrar este proceso. De hecho, queda mucho camino por recorrer. La mayoría de las empresas utilizan las nuevas tecnologías en más o menos extensión para mejoras operacionales, comunicación, mejorar la experiencia de los clientes, etc., pero resulta más difícil encontrar empresas que realmente hayan transformado su negocio a partir de propuestas disruptivas. Su grado de implementación varía además muy significativamente según sectores, tamaños de empresa...

En el siguiente apartado trataremos los aspectos más relevantes en este proceso de implementación.

4.2 ¿Cuáles son los aspectos clave en la implementación de la Industria 4.0?

Actividad 1: Antes de seguir, pensemos en qué cosas pueden ser necesarias para que la Industria 4.0 llegue a más empresas y sectores, qué cambios han de realizar las empresas internamente y en sus relaciones con el entorno, cómo afecta a los trabajadores, cómo pueden ayudar los gobiernos en este proceso... Anotemos nuestras ideas y contrastémoslas con lo que se expone a continuación. ¡Seguro que coincidimos en muchas de ellas!

Sony y Naik (2020), a través de un análisis sistemático de la literatura, con más de 80 publicaciones incluidas en su investigación, identificaron una serie de factores de éxito en la implementación de la Industria 4.0, que son los que tomaremos como base, si bien agruparemos algunos de ellos y los complementaremos con el resto de la bibliografía, con un enfoque didáctico para facilitar su seguimiento y comprensión.

4.2.1. Implicación decidida de la alta dirección

La implementación efectiva de la Industria 4.0 supone un proceso de profunda transformación de la empresa y de sus relaciones e interacciones con el entorno. La involucración de la alta dirección, y por supuesto la implicación y apuesta personal de su CEO o Director Ejecutivo es decisiva en esta transformación, que debe incorporarlo a su visión. Para que la alta dirección esté comprometida, primero debe entender en qué consiste la Industria 4.0, cuál es su potencial, qué puede esperar de ella, qué beneficios puede aportar. No basta con que asigne o libere unos recursos para la causa. El CEO y su equipo directivo han de apostar decididamente por liderar e impulsar esta transición.

4.2.2. Alineación de la estrategia de la organización al nuevo marco de la Industria 4.0

Cualquier negocio requiere de una adecuada estrategia para su éxito. El proceso de implementación de la Industria 4.0 se debe planificar a corto, medio y largo plazo. Hay que definir en qué punto está la organización y a dónde necesita y quiere llegar. Sin una estrategia, con unos objetivos bien definidos, con un horizonte temporal claro para cada uno de ellos y unos recursos asignados adecuados, el proceso se puede volver errático y poco efectivo.

La implementación efectiva no se consigue solamente con la mera introducción de nuevas tecnologías. Depende de su grado de integración estratégica de las innovaciones que traen consigo en el modelo de negocio.

En esta tarea, además de la propia empresa, hay que considerar el apoyo de empresas externa, las interacciones e implicaciones con los recursos humanos, la cadena de valor, las comunidades locales y el medioambiente, buscando cómo impactar de forma positiva en cada una de estas relaciones.

4.2.3. Cambios a nivel organizativo y de cultura de la empresa

Hemos visto que la alta dirección debe impulsar y guiar esta transformación que impregne a toda la organización, promoviendo las adaptaciones necesarias a diferentes niveles. Algunas cuestiones fundamentales:

- Fomentar los cambios necesarios en sus estructuras organizacionales, muchos de ellos serán drásticos y tendrán un gran impacto, generarán resistencias...
- Promover una cultura proclive a los cambios y la adaptación que impregne a toda la organización, asegurando una adecuada comunicación, transparencia, flujo de información...
- Incentivar las relaciones con sindicatos, gobiernos, etc.

Se trata en definitiva de preparar a la organización y crear el marco y ambiente proclives a esta transición.

4.2.4. Importancia de los empleados. Adaptación de la plantilla al nuevo escenario

En el camino hacia la Industria 4.0, las empresas necesitan proveerse de talento digital, con unas competencias y habilidades específicas para el manejo de las nuevas tecnologías y para trabajar en un entorno muy diferente, donde los sistemas ciberfísicos inteligentes pasan a asumir muchas de las tareas y decisiones que hasta ahora adoptaba el personal.

Se requieren nuevas funciones y tareas, muchas de ellas de orden superior, con personal capaz de implementar, gestionar y mantener estos sistemas ciberfísicos. La integración de procesos y la nueva arquitectura del sistema requiere de una mayor gestión multifuncional, capacidad de afrontar y resolver nuevos problemas, de diseñar, de innovar y de aportar mejoras.

Los empleados deben reciclarse y adaptarse a los cambios. Las empresas deben abordar programas específicos de formación permanente para facilitar esta adaptación, y muy probablemente complementar estas acciones con una reestructuración de plantilla.

Por un lado, deberán incorporar puestos como programadores de inteligencia artificial, expertos en redes, ingenieros de organización y mejora de procesos, ingenieros de diseño y desarrollo de productos, directivos y mandos intermedios con una visión estratégica, global e integradora, etc.

Por otro lado, no tendrán más remedio que prescindir de aquellos que realizaban tareas que dejan de tener sentido y/o que no sean capaces de adaptarse. Esta adaptación va a ser si cabe más compleja, ya que, a diferencia del pasado, las máquinas sustituyen en mucha mayor medida capacidades cognitivas y no sólo trabajos mecánicos o de destreza física.

4.2.4. Fabricación de productos y servicios que sean inteligentes

Los productos y servicios de la Industria 4.0 han de ser inteligentes al igual que sus medios de producción y toda su cadena de valor. Dejan de ser equipos puramente físicos para tener una parte cibernética. Son modulares, equipados con sensores e inteligencia artificial, capaces de comunicarse con otros sistemas, tomar registros de su rendimiento y del proceso experiencial del usuario, monitorizarse y diagnosticarse a sí mismos, etc. Todo ello

facilita aportar nuevas oportunidades a las empresas de ganar ventajas competitivas y aportar más valor al cliente.

4.2.5. Integración y flexibilización de la cadena de suministro

La digitalización pasa a ser un cambio clave a extender a toda la cadena de suministro. Los avances tecnológicos y digitales como el IoT, el Big Cloud o la Inteligencia Artificial entre muchos otros favorecen la integración de la cadena de suministro como elemento fundamental de ventaja competitiva, con una estructura dinámica que permite a la empresa adaptarse y mejorar para satisfacer las necesidades de los clientes.

La integración de los procesos bajo el concepto 4.0 se extiende más allá de la producción y gestión de inventarios propia de la empresa, desde los proveedores al usuario final, identificando todo aquello que genera realmente valor para el cliente en toda la cadena y eliminando lo superfluo o prescindible.

Esta integración de la cadena de suministro es de hecho uno de los grandes retos en la implementación de la Industria 4.0, puesto que las nuevas necesidades de adaptación pueden interferir en la planificación a corto plazo, y ahí tendrá un gran papel la estrategia de la organización. Aquellas empresas con cadenas de suministro mejor digitalizadas, integradas y flexibles tendrán más posibilidades de éxito.

4.2.6. Integración efectiva de las nuevas tecnologías

La integración efectiva y lógica de los últimos avances con sus herramientas tecnológicas y digitales para obtener mejoras disruptivas en procesos y tareas es la esencia de la Industria 4.0.

Esto va más allá de la propia producción, y es aplicable a otros departamentos como contabilidad, recursos humanos, ventas, etc. Para ello, es esencial conocer su alcance y sus posibilidades, no sólo por los ingenieros de proceso o los técnicos, sino también por parte de la dirección, y tener criterio para utilizarlos de manera óptima.

Como ejemplo, la sensórica nos ofrece hoy día un sinfín de posibilidades, pero hay que saber aplicarla de acuerdo con las necesidades reales. Las nuevas tecnologías nos permiten manejar una cantidad ingente de información, pero hay que identificar qué mediciones son las que aportan información realmente útil para la empresa.

Como hemos visto, es necesario contar con una buena estrategia, la implicación y el impulso decidido de la alta dirección, y la adecuación de los recursos humanos y de la organización en su conjunto para tal cometido. Además, a buen seguro muchas empresas deberán apoyarse en empresas consultoras e ingenierías especializadas.

Es importante además que esta integración se realice desde un principio de forma lógica y coherente. El concepto 4.0 a medida que se va implantando tiene la característica de retroalimentarse y fomentar la mejora e innovación. La inteligencia artificial y el control descentralizado de los procesos que incorpora la Industria 4.0 propicia esta mejora. Si se implementa bien desde un principio puede suponer una ventaja competitiva respecto a los competidores que puedan tener un comienzo más errático y tardar más tiempo en sacarle el máximo partido.

4.2.7. Gestión por proyectos

La implementación efectiva de la Industria 4.0 depende de una serie de proyectos estratégicamente planificados con un alcance y plazo de ejecución equilibrados y llevados a la práctica en tiempo y forma. Las habilidades en la gestión de proyectos son por tanto fundamentales entre los profesionales que se vayan a desenvolver en este entorno, unidas al conocimiento de las tecnologías que lo hacen posible. El propio concepto 4.0 se integra dentro de estos proyectos, mediante el uso de algoritmos inteligentes, sensores que monitorizan los hitos o status del proyecto, etc.

4.2.8. Gestión de la ciberseguridad

Seguramente, uno de los mayores retos de la Industria 4.0 es la seguridad. Las personas, productos y máquinas se interconectan, intercambian y procesan datos e información privada o confidencial que puede ser robada y utilizada para fines no deseables, los procesos pueden ser manipulados desde el exterior, lo que puede implicar grandes pérdidas.

Además, hay que tener en cuenta aspectos como el uso de los datos, o de información privada o confidencial.

Por todo ello, resulta esencial planificar y asentar unos sistemas de protección robustos.

4.2.9. Sostenibilidad

La Industria 4.0 permite abordar la optimización de los procesos, hacerlos más eficientes y seguros, eliminar lo que no aporta valor, ofrecer más valor al cliente. Al mismo tiempo, esta transición es una oportunidad para minimizar el impacto sobre el planeta, puesto que facilita la reducción del consumo de energías y recursos o incidir en la economía circular. Además, puede ayudar a reducir las injusticias sociales, proporcionar mayor calidad de vida, mejorar el reparto de la riqueza, etc.

En definitiva, la Industria 4.0 puede contribuir decisivamente a que la actividad humana sea más sostenible en su triple vertiente ambiental, social y económica, o al contrario acentuar por ejemplo las desigualdades. Es una gran oportunidad para que las empresas puedan potenciar su responsabilidad social corporativa, compartir sus beneficios con la sociedad y minimizar sus impactos negativos.

4.2.10. El papel de los agentes 'habilitadores' y de las startups

Al hablar de agentes habilitadores nos referimos a empresas tecnológicas, ingenierías o consultorías que ofrecen su know-how y aplicaciones en la implementación de la Industria 4.0 por parte de las empresas o administraciones públicas. Estos agentes habilitadores impulsan el uso de las nuevas herramientas, colaboran en dotarlas de una base tecnológica, guían, asesoran o incluso conducen los proyectos de transformación.

Las universidades, colegios profesionales y otras entidades de formación juegan también un papel fundamental en la adquisición de habilidades y competencias por parte de los profesionales destinados a desarrollar su actividad en el nuevo entorno 4.0.

Actividad 2: ¿Qué es una 'startup', también conocida como 'empresa emergente'? Se puede dar la paradoja de que sin conocerlas dentro de muy poco tiempo seamos cofundadores o formemos parte de una de ellas. En caso necesario, consultar por ejemplo en el siguiente enlace:

https://es.wikipedia.org/wiki/Empresa_emergente

Las startups, por su parte, tienen las características idóneas en el desarrollo de la Industria 4.0, ya que no requieren en principio de grandes inversiones ni infraestructuras específicas. Estas empresas parten de cero en cuanto a procesos productivos o recursos humanos, y por tanto no necesitan adaptarlos, uno de los grandes retos de las empresas ya existentes.

Estas empresas emergentes se fundamentan en sus competencias en las nuevas tecnologías y se caracterizan entre otras cosas por su agilidad, flexibilidad y su carácter innovador y emprendedor. Parten de ideas innovadoras o disruptivas y ganas de ponerlas en práctica y sólo precisan de un primer impulso económico para su lanzamiento, a partir de lo cual pueden progresar de forma ágil y rápida. Representan pues una vía para impulsar la Industria 4.0 y dinamizar el mercado de trabajo.

4.2.11. Implicación de los gobiernos y administraciones públicas

Los gobiernos son clave a la hora de gestionar esta transición de modo que resulte beneficiosa para el conjunto de la sociedad y para el planeta.

Deben arbitrar la transformación, promover el diálogo y la participación de los diferentes agentes para prevenir situaciones injustas y conflictos.

Así mismo, deben fomentar la formación académica y laboral para adecuar las competencias de los profesionales a las nuevas exigencias (desarrollar el talento digital), así como propiciar entornos y plataformas de colaboración en su desarrollo.

El concepto 4.0 no se circunscribe a la empresa privada. Sus posibilidades se extienden a todos los ámbitos: infraestructuras y movilidad, educación, sanidad, seguridad, etc. Es por tanto fundamental que la administración pública no se quede atrás y desarrolle estas nuevas tecnologías en estos ámbitos.

Resulta esencial que los gobiernos generen un marco legislativo adecuado a nivel nacional e internacional. Entre otras cuestiones:

- Fomentar un entorno propicio para el desarrollo de las nuevas tecnologías y su aplicación, infraestructuras de transporte y comunicación, financiación, etc.
- Apostar por el I+D+i. Promover y coordinar el sistema de innovación entre el mundo empresarial y las universidades, centros de investigación, institutos tecnológicos, etc.
- Facilitar el emprendimiento y el proceso de creación de nuevas empresas que a buen seguro tratarán de dirigirse a cubrir las necesidades no cubiertas por las existentes (caso comentado de las startups).
- Apoyar a las pequeñas y medianas empresas o a aquellas que se enfrenten a mayores dificultades por su ubicación u otros condicionantes.
- Anticipar medidas ante la desaparición de puestos de trabajo y de empresas.

- Adaptar la educación al nuevo modelo productivo. Adecuar la formación a los cambios de demanda de talento a de las empresas. Promover las vocaciones en nuevas tecnologías, dotar de equipamiento para su enseñanza, reciclar al cuerpo docente en el dominio de estas tecnologías, fomentar el reciclaje de los trabajadores en las mismas.
- Regular los contratos de trabajo para proteger al trabajador al tiempo que se incentive su capacitación y la adaptación del mercado laboral a las nuevas necesidades. La protección no se entiende puramente en evitar despidos porque sí, ya que no se sostiene obligar a una empresa a mantener a personal que no se adapta al nuevo escenario, sino de propiciar las herramientas para facilitar su adaptación o reconversión.
- Procurar que los beneficios de la Industria 4.0 lleguen a todos, favoreciendo la cohesión social y territorial.
- Promover planes de ciberseguridad para proteger a los ciudadanos y a todos los agentes. Prevenir el uso fraudulento o con fines delictivos de estas tecnologías y de los datos.
- Prever nuevos retos éticos como los que conlleva la inteligencia artificial, los robots inteligentes, el uso de los datos y la información...
- Establecer objetivos medioambientales más ambiciosos acordes al potencial de las nuevas tecnologías.

En definitiva, los gobiernos son un elemento clave en el desarrollo de la Industria 4.0. Han de velar por que sea una transición sostenible, lo más justa posible para el conjunto de la sociedad y del planeta, además de prevenir y establecer mecanismos de protección frente a las amenazas que plantea.

En España se creó el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital a principios del año 2020, siendo dos de sus tres secretarías la 'Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial' y la 'Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales'. Asimismo, ya existen algunas iniciativas como el programa 'España Digital 2025', el 'Plan de Digitalización de las pymes', la 'Ley de Startups' o el 'Plan de Digitalización de la Administración'.

5 Cierre

Mediante este objeto de aprendizaje, tras introducirnos brevemente en la Industria 4.0, hemos repasado algunos de los aspectos fundamentales en su implementación, que dejan entrever la gran transformación que supone, así como los grandes desafíos que plantea.

6 Bibliografía

6.1 Artículos:

Kiel, D., Müller, J. M., Arnold, C., & Voigt, K. I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(08), 1740015.

Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I. (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247.

Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 11(5), 77-90.

Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31(10), 799-815

Veile, J. W., Kiel, D., Müller, J. M., & Voigt, K. I. (2019). Lessons learned from Industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*

6.2 Libros:

Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., & Bogoviz, A. V. (Eds.). (2019). *Industry 4.0: Industrial revolution of the 21st century* (p. 253). Springer

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency

Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2017). *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer