

Implicaciones de la industria 4.0 en el trabajo y la competencia del capital humano

YNZUNZA Carmen ^{*†}, IZAR Juan [‘], LARIOS Martín [’], AGUILAR Felipe [’], BOCARANDO Jacqueline [’] y ACOSTA Yuliana [’]

[’]Universidad Tecnológica de Querétaro

[’]Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Recibido Enero 15, 2017; Aceptado Marzo 04, 2017

Resumen

La evolución tecnológica que enfrenta la manufactura con la integración de las tecnologías digitales en los procesos de fabricación en la llamada Industria 4.0, flexibilizará la manufactura e incrementará la eficiencia productiva y la competitividad. Sin embargo, esa transformación también tendrá fuertes implicaciones en el trabajo y las competencias del recurso humano. Las tecnologías para la manufactura inteligente generarán nuevos esquemas de división del trabajo y formas de interacción hombre máquina, lo que traerá también cambios importantes en las tareas, en la forma en que se realizan las mismas y en las competencias de los empleados. Ésta última puede ser una limitante para que las empresas adopten las tecnologías inteligentes y, asimismo un obstáculo para obtener un puesto de trabajo.

Por otro lado, el incremento en el uso de la robótica y otros avances tecnológicos para asistir a los trabajadores podrían ser vistos como la automatización de los trabajos de manufactura o simplemente como un medio para soportar esta última y facilitar a los trabajadores la realización de sus tareas. Así, el objetivo de este estudio es explorar las implicaciones que tendrá la Industria 4.0 en el empleo y las competencias del recurso humano, esperando con ello contribuir a su divulgación y a sentar las bases para que todos los implicados, empresarios, instituciones educativas y empleados. Primeramente conozcan el contexto bajo el que yace la Industria 4.0 y a partir de allí establezcan estrategias de actuación relacionadas con los nuevos empleos y las competencias que demandará esta iniciativa tecnológica. Para lo cual, se hace un análisis detallado de la literatura publicada al respecto bajo el enfoque de Webster y Watson (2002). Como resultados principales, se identificaron los aspectos más relevantes y el impacto de los mismos, así como las implicaciones tecnológicas y de conocimiento, al igual que los beneficios asociados con la Industria 4.0 y el trabajo. Dada esta disrupción tecnológica, se concluye sobre la importancia de conocer sobre la Industria 4.0, la necesidad de que los trabajadores cuenten con las competencias para desempeñarse bajo este entorno y se tomen acciones para la transición y/o su habilitación con el fin de que puedan adaptarse a los nuevos roles y formas de interacción y cubrir así las necesidades de recurso humano en la Industria 4.0.

Industria 4.0, Cuarta Revolución Industrial, Capital humano

Abstract

The technological evolution faced by manufacturing with the integration of digital technologies in manufacturing processes, in the so-called industry 4.0, will make manufacturing more flexible and increase production efficiency and competitiveness. However, this transformation will also have strong implications for the work and skills of human resources. Intelligent manufacturing technologies will generate new patterns of division of labor and forms of human machine interaction. They will also create important changes in the tasks as well as in the way, they used to performing them and in the workforce competency too. The lack of skills employees can restrict the quick adoption of smart technologies and it can be also an obstacle to get a better job.

The increase in the use of robotics and other technological advances to assist workers could be seen as the automation of the manufacturing works or simply as a mean to supporting workers to do his tasks. Therefore, the objective of this study is to explore the implications that the Industry 4.0 will have on employment and human resource competencies, hoping thereby to contribute to its knowledge. And it also lay the foundations for all those involved in the Industry 4.0 environment, entrepreneurs, educational institutions and employees to know about it and be able to establish strategies related to the new jobs and skills that will demand this technological initiative. For this, a detailed analysis of the published literature is made under the approach of Webster and Watson (2002). As main results, the most relevant aspects of Industry 4.0 and their impact were identified, as well as the technological implications and its associated benefits. Given this technological disruption, it is concluded on the importance of first disseminating the knowledge about Industry 4.0; the need to train workers to possess the knowledge and competencies to perform better under this environment and generate strategies for an easy transition, so they can adapt themselves to these new roles and forms of interaction and this way, fulfill the needs of specialized trained human resources that Industry 4.0 will demand.

Industry 4.0, Fourth Revolution, Human Capital

Citación: YNZUNZA Carmen, IZAR Juan, LARIOS Martín, AGUILAR Felipe, BOCARANDO Jacqueline y ACOSTA Yuliana. Implicaciones de la Industria 4.0 en el Trabajo y la Competencia del Capital Humano. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-10: 5-13.

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: bynzunza@uteq.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En los últimos años, la tecnología ha impactado de forma significativa la forma en la que vivimos y trabajamos.

El desarrollo de las tecnologías de la información emergentes, como el internet de las cosas y los avances en la automatización y la robótica, han favorecido la digitalización de los procesos productivos, el procesamiento y análisis de la información a través de servicios inteligentes en la nube y el acceso a la información desde virtualmente cualquier parte del mundo, propiciando con ello el surgimiento de nuevas tecnologías de fabricación, formas de colaboración y modelos de negocio, que flexibilizan los sistemas de producción y logística, haciéndolos más eficientes y adaptables (Bauernhanst et al., 2014).

Por otro lado, están las fábricas inteligentes donde las instalaciones de producción están totalmente digitalizadas e interconectadas (Kagermann et al., 2013), buscando con ello mantener y fortalecer la competitividad (Ramsauer, 2013). También, están los avances tecnológicos en el área de información y comunicación, a la par del desarrollo de nuevos dispositivos como sensores inteligentes, sistemas ciberfísicos, controladores, etc., que han permitido la conexión del mundo virtual con el real (Spath et al. 2013). Bajo esta perspectiva, conforme la industria se ajusta a esta nueva disrupción tecnológica, los puestos de trabajo se ven afectados, ya que mientras algunos se ven amenazados por la redundancia y las máquinas inteligentes, otros demandan cambios en los puestos de trabajo actuales o incluso están aquellos que están teniendo un crecimiento importante, situación que está llevando a las empresas a una búsqueda exhaustiva por encontrar el talento humano con las competencias requeridas.

A la par, hay algunos señalamientos sobre la importancia de que las instituciones establezcan iniciativas para facilitar este proceso de cambio tecnológico, con el fin de lograr una mejor transición que disminuya la pérdida de empleos y favorezca la creación de nuevos. De ahí, que un factor crítico para el gobierno, empresas y los propios trabajadores, esté relacionado con los efectos que se espera tenga la adopción de la Industria 4.0 en el empleo y la demanda de personal altamente especializado que se generarán producto de ella.

Por otro lado, aún y cuando se sabe que el avance de la Industria 4.0 tendrá un impacto significativo en el desarrollo del recurso humano, debido a los requerimientos de habilidades y competencias en áreas muy específicas y a que la mayoría de las especialidades y perfiles de trabajo no existen todavía en la mayoría de los países e industrias. No obstante, las empresas, especialmente aquellas dedicadas a la manufactura están conscientes de la necesidad de incorporar sus empresas a la Industria 4.0 de forma temprana, ya que de no hacerlo corren el riesgo de quedar rezagadas e incluso desaparecer. Frente a este panorama, un factor crucial para alcanzar este objetivo estará relacionado, sin duda alguna con el recurso humano, ya que, la implementación de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 requiere contar con personal altamente calificado, con un perfil multidisciplinario y un currículo robusto en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, etc. Por ello, el interés de este estudio de indagar sobre el entorno de la Industria 4.0, sus implicaciones en el empleo y el contenido de los nuevos trabajos con el fin de contribuir a su conocimiento para anticipar el cambio y formular estrategias que permitan formar profesionistas competentes en estas tecnologías; mitigar a través de diferentes acciones las consecuencias de la adopción de la Industria 4.0 y aprovechar de igual forma sus potencial y oportunidades.

Metodología

La metodología que se llevó a cabo para esta investigación se describe brevemente a continuación.

Primeramente, se hizo la revisión de bibliografía sobre Industria 4.0 siguiendo el enfoque propuesto por Webster y Watson, (2002), el cual consiste en identificar la investigación más relevante y rigurosa almacenada en bases de datos reconocidas para asegurar la calidad y veracidad de los artículos revisados. No obstante, dado que la información relacionada con la Industria 4.0 es reciente, igualmente se consultaron e incorporaron algunas publicaciones no académicas. Una vez concluida esta fase, se revisaron y analizaron estas publicaciones con el fin de contextualizar la misma. De igual manera, se hicieron algunas aproximaciones sobre sus aplicaciones e implicaciones en el empleo y los requerimientos de formación del capital humano.

Con base en el análisis realizado, en el apartado de resultados se elaboraron algunos esquemas y tablas que sintetizan las capacidades de recurso humano que se requerirán para la Industria 4.0., y también aquellas competencias específicas para implementación de proyectos asociados con ésta. La Figura 1 muestra la metodología realizada para la formulación del presente trabajo.

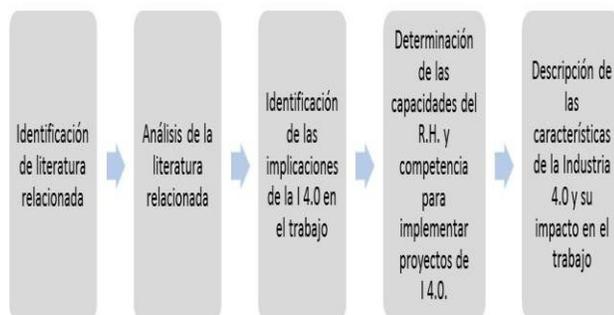


Figura 1 Aproximación metodológica

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Los hallazgos encontrados se presentan a continuación. En los mismos, de acuerdo a la literatura revisada se detalla el entorno de la Industria 4.0 y sus implicaciones en el trabajo y las competencias del recurso humano.

Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0, hace referencia a una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología surgida en Alemania en 2011 (Mosconi, 2015), la cual está caracterizada por la automatización y digitalización de los procesos; y, el uso de las tecnologías de la electrónica y de la información en la manufactura (Sommer, 2015), al igual que, por la manufactura flexible, servicios en la nube y la creación de negocios de valor agregado (Roblek et al., 2016; Cooper y James, 2009); en los cuales, los sensores inteligentes, los sistemas ciberfísicos y el internet de las cosas son los principales pilares tecnológicos (Cooper y James, 2009; Lasi et al, 2014; Ning y Liu, 2015); y es mediante su integración que la manufactura y la forma de hacer negocios están cambiando.

La Industria 4.0 es un nuevo enfoque para la innovación de nuevos productos y procesos, a través de fábricas inteligentes, totalmente integradas en redes de trabajo a lo largo de la cadena de valor, que propician nuevas formas de colaboración e infraestructuras sociales (Kagermann et al, 2013). La manufactura digital representa digitalmente cada aspecto de la manufactura, desde el diseño hasta el proceso de fabricación – haciendo uso de herramientas de software para el análisis, simulación y gestión etc., (Dalton, 2005); al mismo tiempo, fomenta el empleo de métodos digitales para la planeación y validación de todas las etapas de fabricación, desde el desarrollo del producto hasta la planeación de la producción y las instalaciones (Christopher y Holweg, 2011).

Para ello, se apoya en un conjunto de tecnologías que no solo facilitan la validación previa de los productos y procesos de manufactura, sino que además permiten reducir los tiempos de desarrollo de nuevos productos, los costos de fabricación y los lotes de manufactura (Ruffo y Hague, 2007).

En consecuencia, es probable que la forma en la que operan los procesos, la cadena de suministro y los modelos de negocio cambien (Blanchet et al, 2014), razón por la cual, muchas empresas están evaluando los conceptos y aplicaciones sintetizadas bajo el término Industria 4.0 para replantear y desarrollar nuevas estrategias de negocio (Sommer, 2015).

Los conceptos de Industria 4.0 y manufactura Inteligente, son relativamente nuevos y contemplan la introducción de las tecnologías digitales en la industria de la fabricación.

Es decir, la incorporación al ambiente de manufactura de tecnologías como el internet de las cosas, el cómputo móvil y en la nube, el análisis de grande volúmenes de datos, las redes de sensores inalámbricos, los sistemas embebidos y dispositivos móviles, entre otros (Chen et al., 2014; Tao et al, 2014; Wang et al, 2014).

También, es un hecho que algunas de estas tecnologías ya han sido utilizadas antes pero de forma aislada.

Sin embargo, su integración y posibles capacidades, es lo que las potencializa para cambiar manufactura, con procesos productivos totalmente integrados, automatizados y optimizados, lo que incidirá en la eficiencia operativa y el desempeño de la cadena de valor (Ningenia, 2016).

En otras palabras, los cambios que se están dando en la manufactura son producto de las tecnologías que se están desarrollando para: 1) la digitalización de la producción, 2) la automatización, 3) la integración de capacidades (a través de sistemas ciberfísicos) 4) y para la fabricación como la impresión 3D, la ingeniería inversa, el maquinado inteligente, etc. (Almada, 2016; Schlechtendah, et al., 2014).

Por tanto, es factible que en el futuro todos estos cambios tendrán un fuerte impacto en el contenido del trabajo, en la manera en que éste se lleva a cabo; y de igual modo reconfiguren la forma en la que las personas forman parte y agregan valor a las organizaciones (Bauernhanst et al., 2014).

Y también, que habrá consecuencias tanto en la manufactura como en los recursos humanos, no solo en aquellos con menores competencias, sino también alcanzará a aquellos con mayores niveles de estudio (Bonekamp y Sure, 2016).

El recurso humano en la Industria 4.0

La adopción de tecnologías de manufactura avanzada dentro de los procesos industriales y productos da paso a la fábrica del futuro.

Las tecnologías innovadoras como la robótica avanzada, la manufactura aditiva y digital están incrementando la importancia de la gestión de la información y el uso de plataformas inteligentes que llevan al uso de grandes volúmenes de datos y el internet de las cosas.

Igualmente, este ambiente de manufactura (de alta tecnología) necesitará recursos humanos con la experiencia para trabajar con nuevos materiales, máquinas y especialmente sistemas de información (Siemens, AG, 2013).

Al mismo tiempo, y aunque, no existe un consenso al respecto, se espera que la digitalización y el internet de las cosas incremente la complejidad en los procesos de trabajo, lo que demandará de especialistas con mayores competencias, los cuales mediante el aprendizaje continuo, el entrenamiento y la formación fomentarán una mayor empleabilidad y minimizarán el riesgo de desempleo en el largo plazo (Bonekamp y Sure, 2016).

De igual modo, existen aseveraciones sobre las implicaciones que traerá la implementación de las tecnologías digitales en la industria de la manufacturera en la creación de nuevos puestos de trabajo y la eliminación de algunos otros (Rüßmann, 2016), en vista de que las empresas necesitarán capital humano con competencias, por ejemplo, para desarrollar y manejar herramientas de manufactura avanzada y sistemas para analizar los datos de las máquinas, clientes y otros, lo que aumentará la demanda por trabajadores capacitados entrenados en áreas cros-funcionales; capaces de manejar nuevos procesos y sistemas de información.

Paralelamente, están las afirmaciones sobre los trabajos menos calificados asociados con actividades simples y repetitivas, los cuales serán reemplazados por sistemas ciberfísicos e inteligentes.

Por otro lado, también hay algunos señalamientos sobre cómo se verán afectados los trabajadores calificados, técnicos e incluso a aquellos que realizan trabajos que antes eran considerados solo para humanos como los de supervisión, programación y control, los cuales se verán trastocados también por los avances tecnológicos y los sistemas inteligentes (Hirsch-Kreinsen, 2014; Bowles, 2014; Brynjolfsson y McAfee, 2014).

En decir, la tecnología afectará los trabajos que demandan menos competencias y algunos otros, no así los más complejos (Bowles, 2014), los cuales favorecerán la creación de nuevos empleos con mayor conocimiento y experiencia técnica especializada (BCG, 2016). Adicionalmente, hay algunas reflexiones respecto la importancia que tendrá el trabajo en equipo, la cooperación interdisciplinaria y la integración a redes de trabajo, junto con un incremento en la flexibilidad del trabajo, la preocupación por aspectos de seguridad y conocimientos de programación, esto en todos los niveles (Bonekamp y Sure, 2016). Así, las competencias del recurso humano se convertirán en un factor clave para el éxito de una fábrica inteligente; en virtud de ello, el papel del factor humano en la manufactura avanzada asumirá un rol protagónico. Visto de este modo, tanto el gobierno, como las universidades y la industria deberán hacer esfuerzos conjuntos para entrenar y desarrollar el capital humano (Bauernhansl et al., 2014; Nikolaus, 2014), dado que el ambiente de trabajo cambiará, ya que trabajador tendrá el control total de los procesos de manufactura, pudiendo incluso en algunos casos trabajar desde su casa y con dispositivos móviles (Federal Ministry of Education and Research, 2013; ASME, 2015; Ganschar, 2013).

En otras palabras, el trabajo será distinto al de la fábrica de hoy y como consecuencia, las competencias y calificaciones del recurso humano deberán fortalecerse, ya que los trabajos serán más complejos y tecnológicamente dependientes (Spath, 2013; Bowles, 2014; Bonekamp y Sure, 2016; Hirsch-Kreinsen, 2014; Bauernhansl et al., 2014). Sin embargo, aunque la tecnología asistirá al trabajador para la ejecución de su nuevo trabajo, también tendrá un efecto en las competencias para el trabajo, por ejemplo, los trabajadores deberán saber cómo programar, entender e interpretar lo que las máquinas, robots y sistemas hacen (Bonekamp y Sure, 2016).

Dicho de otro modo, aunque las actividades en las fábricas inteligentes estarán automatizadas y digitalizadas se necesitará personal con mayor experiencia técnica, así también con habilidades para enfrentar cambios significativos y para establecer relaciones interpersonales. Entre las competencias más importantes estarán primeramente, las analíticas, las de diseño, fabricación y para operar en ambientes globales, interconectados y digitales. También, las de innovación, liderazgo y pensamiento estratégico (Brown y Satyavolu, 2016) y por supuesto, el manejo de las de tecnologías de la información (Siemens AG, 2013)

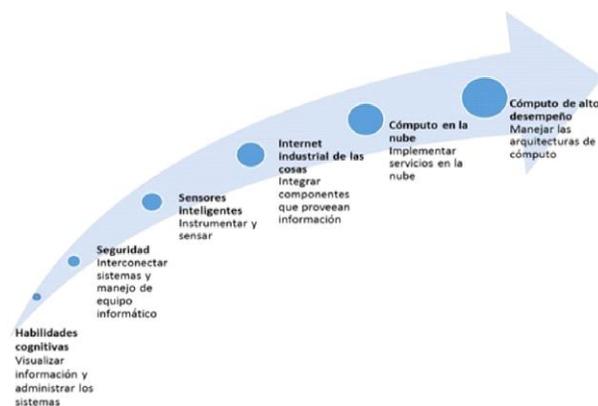


Figura 3 Competencias específicas para el desarrollo de Proyectos Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2 esquematiza con base en el análisis de la literatura referida, las implicaciones que tendrá la Industria 4.0 en el trabajo y en las capacidades del recurso humano. En ella se detallan las tecnologías y los cambios que generarán en el trabajo, en la forma en que se realiza el mismo y las capacidades que se requerirán del recurso humano. Mientras, que la

Figura 3 sintetiza algunas competencias específicas para el desarrollo de proyectos relacionados con la Industria 4.0 y detalla también la función de cada una de ellas. Finalmente, la Tabla 1, refiere las principales características encontradas sobre la Industria 4.0; cómo se relacionan con el ambiente de trabajo y su impacto.



Figura 2 Implicaciones de la I 4.0 en el trabajo y en las capacidades del recurso humano

Fuente: Elaboración propia

Características de la Industria 4.0	Impacto en el trabajo
Creación de roles interfuncionales	Posibilitar el que los trabajadores realicen múltiples tareas y se enfoquen a actividades que agregan valor
Producción asistida por robots	Ayudar a los trabajadores con las tareas manuales que demandan esfuerzo físico
Ambientes de trabajo asistidos por tecnología	Facilitar la gestión y el acceso y uso de la información para trabajar en el sitio o vía remota
Uso de sistemas inteligentes	Contar con modelos y sistemas autónomos para la optimización de los procesos, la gestión y el mantenimiento
Procesos digitalizados e interconectados	Accesar a repositorios de conocimiento vía remota
Empleo de servicios en la nube	Usar arquitecturas de solución de IT, procesamiento y análisis en tiempo real
Hibridación de los procesos	Desarrollar competencias interdisciplinarias (manufactura, TI, programación, estadística)
Aplicación de nuevas tecnologías	Operar en sitio o vía remota
Acceso a herramientas y software	Facilitar la autogestión de los procesos y sistemas
Entornos de herramientas y colaboración	Garantizar el acceso a la información y el trabajo colaborativo
Uso incremental de la automatización y robótica	Flexibilizar y dotar de autonomía a los procesos

Tabla 1 Cambios en el ambiente de trabajo en la Industria 4.0

Fuente: Elaboración propia

Discusión y conclusiones

En la próxima década, la Industria 4.0 habrá revolucionado el mercado laboral, es evidente que algunos puestos de trabajo quedarán eliminados, sin embargo, los cambios que se generarán en la industria de la manufactura también vendrán acompañados de nuevas oportunidades de trabajo más especializadas y mejor remuneradas.

También, es un hecho que las empresas que no inviertan en la reconversión y formación de su capital humano perderán competitividad y corren el riesgo de desaparecer. Dado que la Industria 4.0 está aún en fase de desarrollo, es difícil determinar que las nuevas profesiones o puestos de trabajo. Pero se sabe, que muchas de ellas no están aún definidas o no han surgido, pero es muy probable que estarán vinculadas con los sistemas informáticos, la gestión de datos, la seguridad informática, los sistemas robóticos, la innovación digital, el desarrollo de contenidos y sistemas, la manufactura inteligente, entre otros.

La especialización será un elemento clave para la empleabilidad, por ello la necesidad de formular estrategias que fortalezcan la formación teórica y práctica; y contribuyan a que los estudiantes y próximos trabajadores estén en contacto con el hardware y software que integra la Industria 4.0 para que, al mismo tiempo que adquieran las habilidades y competencias técnicas, puedan también obtener y combinar conocimientos relacionados con un trabajo, tarea o proceso específico.

Por otro lado, tanto las instituciones educativas como los empresarios deberán estar conscientes de la necesidad del cambio en la educación resultado de la Industria 4.0, el crecimiento y evolución de la era digital, así como la incorporación de nuevas tecnologías de fabricación, comunicación e información.

Estas profesiones deberán configurarse, no obstante se vislumbra una “formación un tanto híbrida” con conocimientos no solo en su área de especialidad, sino también con un buen dominio de tecnologías digitales, manejo de robots, programación y análisis avanzado, entre otras. Paralelamente, deberán fortalecerse aquellas competencias que les permitan adaptarse rápidamente a cambios significativos y a nuevos ambientes o esquemas de trabajo. Igualmente, deberán ser partícipes del trabajo colaborativo y el aprendizaje continuo e interdisciplinario. Obviamente, los perfiles profesionales más demandados por la industria 4.0, estarán relacionados principalmente con las carreras de ingeniería, no obstante, los que adquieran perfiles multidisciplinarios con un buen grado de especialización, serán los de mayor interés y mejor remunerados.

Como limitaciones del presente estudio, está la poca bibliografía publicada respecto de este tema, debido a que la Industria 4.0 está aún en etapa de desarrollo. Como recomendaciones futuras de está el profundizar en su conocimiento y divulgación. También, ahondar en sus tecnologías para comprender sus alcances y consecuencias con el fin de que se puedan establecer estrategias y desarrollar nuevos programas educativos y de formación escuela-empresa que satisfagan las necesidades de personal competente que enfrentan las empresas.

Referencias

- Almada, L. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, JIM 3, 4 16-21.
- Bauernhansl, T. (2014). Die vierte industrielle Revolution-Der Weg in ein wetshaffendes Produktionsparadigma. In T Bauernhansl, M. Ten Hompel & B. Vogel-Heuser (Eds). *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik Anwendungen Technologies Migration* Wiesbaden: Springer, 5-36.

Blanchet, M., Rinn, T., Thaden, G., Thieulloy, G. (2014). Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed. Hg V Roland Berg. Strategy Consult. GmbH Münch.

Bonekamp, L. y Sure, M. (2016). Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organization. Journal of Business and Media Psychology. Disponible en <http://journal-bmp.de/2015/12/auswirkungen-von-industrie-4-0-auf-menschliche-arbeit-und-arbeitsorganisation/?lang=en>

Bowles, J. (2014). The Computerisation of European Jobs. Who Will Win and Who Will Lose from the Impact of New Technology onto Old Areas of Employment. Disponible en <http://www.bruegel.org/nc/blog/detail/article/1394-the-computerisation-of-european-jobs>.

Brown, R. y Satyavolu, P. (2016). The work ahead designing manufacturing's digital future. Disponible en <https://www.cognizant.com/whitepapers/the-work-ahead-designing-manufacturing-s-digital-future-codex2391.pdf>.

Brynjolfsson, E. y McAfee, A. (2014). The Second Machine Age. Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies. New York: W.W. Norton & Company.

Boston Consulting Group (2016). The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Disponible en https://www.bcgperspectives.com/content/articles/engineered_products_project_business_industry_40_future_productivity_growth_manufacturing_industries/?chapter=3

Cooper, J. and James, A. (2009) Challenges for database management in the internet of things. IETE Technical Review, volume 26 (5): 320-329 Federal Ministry of Education and Research, Zukunftsbild "Industry 4.0", 2013.

Chen, F., Deng, P., Wan, J., Zhang, D., Vasilakos, A. y Rong, X. (2014). Data mining for the internet of things: literature review and challenges. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 103-146.

Christopher, M. y Holweg, M. (2011). Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41 (1), 63-82.

Dalton, R. (2005). The Move to Digital Manufacturing. Software Solutions. Tooling & Production Magazine.

Fraunhofer IAO.ASME (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. Disponible en http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur/karriere_bilder/VDI-ASME_2015_White_Paper_final.pdf.

Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S., and Spath, D. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft – Industry 4.0.

Hirsch-Kreinsen, H. (2014). Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0" auf die Arbeitswelt?. *WISO direkt* (12/2014), pp. 1-4. Available at: <http://library-fes.de/pdf-files/wiso/11081.pdf> (27.01.2015).

Lasi, H., Fettke, P., Feld, T; and Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6 (4), 239-242.

Lorenz, M., R Rübmann, M., Strack, R., Lasse, K, y Bolle, M. (2016). Man and Machine in Industry 4.0. <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/?chapter=7#chapter7>

Mosconi, F. (2015). The new European industrial policy: Global competitiveness and the manufacturing renaissance. London, England: Routledge.

Ning, H., & Liu, H. (2015). Cyber-physical-social-thinking space based science and technology framework for the Internet of things. *Science China Information Sciences*, 58, 1-19.

Ningenia (2016). Qué es la Industria 4.0. Recuperado el 17 de Enero de 2017 de <http://www.ningenia.com/2016/05/31/que-es-la-industria-4-0/>.

Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A. y Wahlster, W. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, Forschungsunion.

Nikolaus, K., 2014, "Industry 4.0: Die Zukunft hat bereits Begonnen", from <http://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/Industry-und-automatisierung/digitale-fabrikIndustry-4-0.html>.

Ramsauer, C (2013). Industrie 4.0 – Die Produktion der Zukunft. *WINGbusiness*, 46(3), 6-12.

Roblek, V., Meško, M. y Krapež, A. (2016). A Complex View of Industry 4.0 *SAGE Open*, 2 (6), 1–11.

Ruffo, M. y Hague, R. (2007). Cost estimation for rapid manufacturing simultaneous production of mixed components using laser sintering. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(11), 1585-1591.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M. Jan Justus, J., Engel J. y Harnisch, M. (2016). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston Consulting Group.

Schlechtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A. y Verl, A. (2015). Making existing production systems Industry 4.0-ready. *Prod. Eng. Res. Devel.* 9, 143-148.

Siemens AG, 2013, Competencies for the future of manufacturing- Siemens Industry Journal, Issue 2/2013, pp. 11– 25

Spath, D, O Ganschar, S Gerlach, M Hämmerle, T Krause and S Schlund (2013). *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.

Sommer, L. (2015). Industrial revolution—Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, 8, 1512-1532.

Tao, F., Zuo, Y., Xu, L. y Zhang, L. (2014). IoT-Based intelligent perception and access of manufacturing resource toward cloud manufacturing.” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10 (2), 1547–1557.

Wang, L., Wang, X., Gao, L., Váncza, J. (2014b). A cloud-based approach for WEEE remanufacturing. *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 63(1), 409-412.

Webster, J. y Watson, R. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: writing a literature review. *MIS Q.*, 26 (2), 18-23.