



Identificación del Trabajo	
Área:	Tecnología educativa y enseñanza de la ingeniería
Categoría:	Alumno
Regional:	Rafaela

Industria 4.0: Competencias en carreras de ingeniería

Agustín CABAÑA, Lorenzo GALBUSERA

Facultad Regional Rafaela, UTN

E-mail de autores: agustin.cabana@frra.utn.edu.ar, lorenzogalbusera@hotmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección del Dr. Javier Fornari, en el marco del proyecto “Caracterización tecnológica de la industria metalúrgica de Rafaela y su aplicación en la formación profesional universitaria”. (2019 – 2020)

Resumen

El presente trabajo tiene por objetivo realizar una revisión de las competencias necesarias en carreras de ingeniería teniendo en cuenta el impacto, desarrollo y tendencias futuras de las tecnologías de la Industria 4.0 en las organizaciones industriales, llevando a cabo primeramente un análisis del estado del arte, para posteriormente proponer un cuestionario para el relevamiento de las necesidades de la industria metalúrgica local, la percepción de los estudiantes, graduados y los docentes en esta materia, que pueda ser utilizado como información en la mejora de la formación profesional.

Palabras Claves: Industria 4.0, Competencias, Ingeniería.

1. Introducción.

Este trabajo surge a partir de un proyecto de investigación llevado a cabo en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela, que tiene por objetivo conocer la situación de la industria metalúrgica de la ciudad respecto al marco de la Industria 4.0, de forma de poder determinar acciones en conjunto con las instituciones que generen mejoras sustanciales en los procesos industriales.

En base a esta premisa del proyecto, se plantea la necesidad de un relevamiento del estado del sector metalúrgico local con respecto a las competencias tecnológicas que deben ser prioridad para en la enseñanza universitaria de los futuros profesionales. Para ello se requiere diseñar un modelo de cuestionario que permita establecer qué percepción existe en los actores educativos, docentes, alumnos, y recientemente graduados con respecto a este tema.

En una primera instancia se evaluará en el contexto internacional cómo se realiza la integración de nuevas competencias a los planes de estudio de carreras de ingeniería y afines, cuáles son las competencias que tienen mayor demanda en el mercado laboral, que tendencias a futuro se presentan, entre otros interrogantes.

Surgen entonces, dos preguntas que guiarán el desarrollo del presente trabajo de investigación: ¿Qué habilidades y conocimientos de tecnologías son necesarias en los profesionales del futuro? ¿Cuáles preguntas deberían ser incorporadas en un cuestionario para establecer las necesidades de las empresas y las sensaciones de los docentes y alumnos?

2. Metodología.

Los pasos que se seguirán en el desarrollo del siguiente trabajo son los que se describen a continuación. Primero, se establecen las principales tecnologías de la Industria 4.0 y las habilidades blandas requeridas en los profesionales para este proceso de cambio. Luego se realiza un análisis de las distintas posturas y estudios sobre la temática, con la información recopilada de diversas fuentes. Finalmente, se concreta la realización del cuestionario para las empresas, docentes y estudiantes, de forma de poder evaluar la situación a nivel local.

3. Marco teórico.

3.1. Industria 4.0

El término Industria 4.0 fue introducido por los ingenieros alemanes Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster y Wolf-Dieter Lukas, durante una conferencia de prensa en la Feria de Hannover en el año 2011. Existen varias definiciones con puntos de contacto en común. A continuación, se exponen algunas de ellas.

La definición de Industria 4.0 formulada por Neugebauer et al. (2016) es: “La integración de recursos humanos, elementos físicos y sistemas, de forma dinámica, auto-organizada, en tiempo real y con sistemas de valor agregado optimizados de forma autónoma”.

Por su parte Sipsas et al. (2016) afirma que: “La Industria 4.0 es un paradigma que promueve la conexión de elementos físicos como sensores, dispositivos y activos empresariales, entre ellos y con internet”.

3.2. Tecnologías base

La primera revolución industrial ocurrió de la mano de la máquina de vapor y el telar mecánico. Posteriormente, la energía eléctrica y la producción en serie de productos habilitaron una segunda revolución industrial. Con el avance de la electrónica y las tecnologías de la información, se logró una automatización de los procesos productivos, hecho que se da a conocer como tercera revolución industrial.

Actualmente, también existen un grupo de tecnologías, que son las que sustentan a la Industria 4.0 y que promovieron esta nueva revolución. Ellas son el internet de las cosas, los sensores inteligentes, la aparición de lo que se conoce como big data, las técnicas de machine learning, el computo en la nube, la ciberseguridad, las máquinas de manufactura aditiva, los robots cooperativos, los drones, los vehículos autónomos, los sistemas de realidad aumentada y realidad virtual, entre otras menos frecuentes.

Todas estas se encuentran integradas como partes de un sistema ciber-físico, que es la intersección de métodos y modelos, propios de las ciencias computacionales, de diversas ramas de la ingeniería (Lee, 2015).

El internet de las cosas se refiere a una estructura de dispositivos físicos hiperconectados que pueden realizar tareas de recolección y procesamiento de datos para compartirlos con otros elementos de la red (Bouras et al., 2018), lo que permite un mejor manejo del ciclo de vida del producto.

Se denomina como sensor inteligente a aquel que además de la transformación de un estímulo en una señal eléctrica, posterior a su acondicionamiento, tiene la capacidad de almacenamiento del dato que representa la señal y puede transmitirlo por un determinado medio de comunicación.

Todos los dispositivos electrónicos que tienen funciones de control y monitoreo generan enormes volúmenes de datos en distintos formatos, lo que se conoce como big data.

Debido a esto, las herramientas tradicionales para el análisis de estos se vuelven ineficientes, debiéndose emplear algoritmos estadísticos avanzados, denominados como técnicas de machine learning (Oussous et al., 2018), que permiten obtener más información útil a partir de los datos para la toma de decisiones.

Como los datos generados son variables de acuerdo a las condiciones del sistema, se utiliza el computo en la nube que permite ajustar las necesidades de procesamiento según el nivel de la demanda. Esto tiene la ventaja de ser de bajo costo, con independencia de la ubicación y fácilmente escalable (Gurkok, 2017).

La interacción hombre-máquina adquiere relevancia en el presente contexto, ya que se avoca a los diferentes tipos de métodos de interfaz y de presentación de información que permiten a las personas interactuar de mejor manera con las computadoras (Sherman, 2018).

La contraparte de la incorporación de estas tecnologías es que los datos generados de múltiples fuentes y comunicados por diferentes vías pueden ser críticos tanto para la seguridad del proceso, así como para la propiedad intelectual, por lo que la ciberseguridad toma relevancia.

La simulación es una base de esta revolución. Las herramientas computacionales actuales permiten generar diseños y procesos, prediciendo sus comportamientos en distintos ámbitos, como el uso energético durante un proceso de manufactura (Garwood et al., 2017) u optimización de forma de piezas en base a calculo por elementos finitos (Rieg et al., 2014).

Los procesos de manufactura aditiva permiten crear componentes totalmente funcionales a partir de un modelo virtual tridimensional, realizando el aporte de material capa a capa. Esto la diferencia de los métodos de fabricación sustractivos, donde se comienza con un bloque de material al que se le remueve material hasta obtener la pieza deseada (Diegel, 2014). Las principales ventajas son la disminución de peso, el ahorro de material, la posibilidad de fabricación de geometrías complejas y la reducción del número de piezas en ensambles.

La realidad aumentada es reconocida por sus potenciales aplicaciones industriales de soporte en tareas de mantenimiento, ensamblado y reparaciones. Algunos de los usos de esta tecnología se basan en el uso de monitores, que presentan la información necesaria durante la realización de una tarea sin bloquear la vista del área de trabajo (Masoni et al., 2017). Por su parte la realidad virtual tiene la habilidad de crear e integrar cualquier tipo de ambiente mediante el uso de un entorno de trabajo digital. El potencial de esta tecnología, aplicada al ámbito industrial, va desde posibilitar probar un producto en etapas tempranas de desarrollo hasta el monitoreo remoto del proceso de manufactura (Liagkou et al., 2019).

En busca de un mayor grado de automatización de los procesos manuales, se recurre al uso de robots colaborativos o cobots, los cuales son fáciles de programar y trabajan asistiendo a los trabajadores de forma segura (Malik y Bilberg, 2019). Los drones y vehículos autónomos se utilizan para la realización de tareas como el traslado, trazabilidad y almacenamiento de elementos (Fernández-Caramés, 2018).

3.3. Habilidades blandas

Se denomina habilidades blandas a aquellas que pueden ser empleadas en diferentes situaciones y contextos (King, 2012), a diferencia de los conocimientos tecnológicos o técnicos, que están ligados a un cierto campo de acción y se actualizan con un ritmo acelerado. Existen diferentes

tipos de habilidades, como el trabajo en equipo, la capacidad de aprendizaje de nuevos saberes, el manejo de la inteligencia emocional, la comunicación escrita y oral, entre tantas otras.

3.4. Concepto de competencia

Una definición de competencia (Marope et al., 2018) apunta al desarrollo de capacidades para movilizar y éticamente utilizar información, datos, conocimiento, habilidades, valores, actitudes y tecnologías que permitan actuar en diversos contextos del siglo XXI de forma de lograr el bien individual, colectivo y global.

4. Estado del arte

La complejidad creciente del mundo actual repercute directamente en el ámbito educativo. Hoy en día existen una multiplicidad de fuentes de información, programas de estudio personalizados, carreras más transdisciplinarias, saberes que quedan en obsolescencia en menos tiempo. Todo esto contribuye a que los planes de estudio tradicionales, que son inflexibles y compartimentados, no pueden responder de manera efectiva a cambios (Wallner y Wagner, 2016).

La aparición de una serie de tecnologías que dieron origen a lo que se conoce como la cuarta revolución industrial es otro cambio disruptivo que agrava lo mencionado anteriormente. En este contexto, los centros educativos deben preguntarse qué calidad de formación están brindando a los profesionales del mañana, cuáles conocimientos son importantes, cómo se enseñan, y de qué manera se pretende estimular habilidades.

Las competencias con las que se debe contar para los cambios que trae aparejado el advenimiento de la Industria 4.0 dependen de la rama de ingeniería en particular. Sin embargo, se necesitará de modificaciones en la currícula existente en la educación superior que llenen la brecha digital (Benešova y Tupa, 2017) y que respondan a las necesidades de personal altamente capacitado para tareas complejas (Bonekamp y Sure, 2015), en un escenario en donde los trabajos serán escasos para aquellos con poca preparación (Frey y Osborne, 2013).

Se han planteado cuestionamientos sobre si la forma actual de enseñar ingenierías realmente cumple con las necesidades de los sectores industriales. Gracias a la retroalimentación de parte de las empresas se ha dilucidado que existe una carencia en la preparación para problemas del mundo real y habilidades prácticas, falta de experiencia en cuestiones multidisciplinarias y de trabajo en equipo, problemas de pensamiento crítico, entre otras dificultades que han sido descritas (May y Strong, 2006). Esta diferencia entre conocimientos requeridos por la industria y los que tienen los graduados produce costos adicionales y tiempos de adaptación hasta que los profesionales puedan cumplir con el entrenamiento y experiencia necesaria (Büth et al., 2017).

Esto ocurre porque las empresas demandan una serie de nuevas competencias (Enke et al., 2018), que las instituciones educativas no han logrado cubrir con sus planes y métodos de enseñanza. Incluso, en trabajos realizados de diseño de currículas de carreras de ingeniería, se ha notado que si bien ciertas universidades ofrecen cursos orientados a tecnologías de Industria 4.0, estos no se encuentran integrados debidamente, sino que funcionan de una manera aislada dentro del plan de estudio (Lieu et al., 2018).

Los graduados de las carreras tendrán que adquirir los conocimientos tradicionales de su campo en combinación con aquellos referidos a las tecnologías de la información y comunicación (Suárez et al., 2017). Sin embargo, el conocimiento tecnológico de manera aislada no será suficiente

para hacer frente a los trabajos del futuro, sino que se pretenderá una serie de habilidades adicionales en los graduados (Kamaruzaman et al., 2019).

Desde el punto de vista del estudiante, investigaciones realizadas (Direito et al., 2012) demuestran la existencia de una diferencia entre la percepción del estado actual y la importancia futura de las habilidades profesionales denominadas como “blandas” en estudiantes de ingeniería. Estas toman un lugar esencial en los puestos de trabajo para los empleadores (Stewart et al., 2016). Inclusive, algunos concuerdan que dichas habilidades son tan importantes como los conocimientos teóricos (Seetha, 2014). Otro planteo (Colman y Willmot, 2016) explica que la percepción de ciertas habilidades como “blandas” no tiene sentido, ya que son catalogadas como tal por su aspecto emocional o personal, y que son un sustento para el desarrollo de las habilidades “duras”.

Para solucionar el problema de la brecha entre conocimientos demandados y efectivamente recibidos, mejorar la calidad educativa y mantenerse al día con los cambios, se han establecido una serie de propuestas (Tulsi y Poonia, 2015) que involucran alternativas tales como la participación de la industria en el diseño de las currículas, la retroalimentación de mejoras en los planes de estudio por parte de los empleadores, el involucramiento de grupos especializados en buscar tendencias para actualizar de forma continua las carreras y la incorporación de la experiencia día a día del alumno en el proceso de aprendizaje. Actualmente, propuestas de contenidos para planes de estudios en carreras afines a ingeniería (Justason et al., 2018) siguen tendencias industriales en cuestiones tales como análisis de datos, machine learning, inteligencia artificial, sensores, robótica, manufactura aditiva, redes y sistemas, ciber seguridad, entre otros cursos que abarcan un abanico de herramientas con una demanda creciente.

No solo se duda sobre que conocimientos son impartidos, sino también la forma en que los mismos son dictados. Se requiere de un cuidado especial en el proceso de aprendizaje para lograr que el estudiante tenga la flexibilidad suficiente para aplicar dichas herramientas en distintas situaciones reales (Lieu et al., 2018). Por ello se han buscado nuevas opciones para el método de enseñanza. Dos de las técnicas que se han popularizado son el de aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje basado en problemas (Álvarez Gil et al., 2018), ambos permiten aprender en el proceso de resolución de una situación real relacionada con el campo de conocimientos del estudiante. Otra práctica novedosa es la utilización de fábricas de aprendizaje, actividad en la que se intenta integrar las actividades de educación, investigación e innovación en una sola (Chryssolouris et al., 2016) y que consiste en la implementación de tecnologías de Industria 4.0 como parte de un entrenamiento in situ en las fábricas. Esto permite que se incorpore no solo el conocimiento de las tecnologías, sino también cuál debe emplearse en cada caso (Schallock et al., 2018). También se destaca la implementación de experiencias con laboratorios remotos, que consisten una manera de simular las situaciones de experimentación totalmente a través de internet, lo que facilita la misma en grupos de estudiantes numerosos. Por su parte, los laboratorios virtuales se basan en la realización de un experimento cuantas veces el estudiante lo necesite, sin la necesidad de los instrumentos, equipamientos, maquinarias, e insumos que suelen ser, junto con el tiempo, la limitante principal para la ejecución de estos (Chen et al., 2010).

En el futuro las diferentes disciplinas tendrán muchas similitudes en cuanto a competencias. Se solicitarán habilidades parecidas y conocimientos generales sobre determinados temas, pero con diferencias según la profesión (Prifti et al., 2017). En este contexto donde el campo de acción de las carreras se torna cada vez más difuso (Gebhardt et al., 2015), se valoran capacidades como la interdisciplinariedad (Costa et al., 2018), el aprendizaje continuo y el trabajo en equipo. Como las competencias pueden variar de acuerdo al contexto, un marco de referencias global (Marope et al., 2018) ha sido establecido, de forma que se mantengan constantes a medida

que ocurran transformaciones en el entorno. Estas macrocompetencias incluyen al aprendizaje de por vida, la capacidad de utilizar diferentes herramientas y recursos, la interacción con otros y con el mundo, la multialfabetización y la transdisciplinaridad. Las competencias particulares que se requieran en otros contextos caerán en este marco general.

Con foco en el ámbito de la ejecución de relevamientos, se han realizado investigaciones sobre la percepción, estado e importancia de las habilidades blandas realizados en ámbitos empresariales y/o universitarios (Grzybowska y Lupicka, 2017) (Suárez Fernández-Miranda et al., 2017) (Colman y Willmot, 2016) (Seetha, 2014) (Direito et al., 2012), y también se ha estudiado el conocimiento de las tecnologías (Motyl et al., 2017). Cabe destacar que dichas investigaciones están acotadas a determinadas profesiones, tipos de empresas, y lugar geográfico.

5. Resultados.

De la lectura de las distintas fuentes de información se destaca que las tecnologías que forman parte de la Industria 4.0 son un grupo definido que se expone en la tabla I. Al mirar los datos analizados del último Censo Industrial de Rafaela, surge que aún hay empresas que no emplean tecnologías de la anterior revolución, motivo por el cual se incluyen algunas de estas TICs.

Tabla I: Importancia de las tecnologías

Especifique si conoce la tecnología, y en caso de que la respuesta sea afirmativa, debe asignar un valor del 1 al 5 según la importancia actual, la importancia en 5 años y la importancia en 10 años, de acuerdo a: 1 – Nada importante; 2 – Muy poco importante; 3 – Poco importante; 4 – Importante; 5 – Muy importante					
Tecnologías	¿Conoce la tecnología? (Marque con una cruz)		Hoy	En 5 años	En 10 años
	Sí	No			
Robótica					
Controlador Lógico Programable (PLC)					
Control Numérico Computarizado (CNC)					
Diseño Asistido por Computadora (CAD)					
Manufactura Asistida por Computadora (CAM)					
Mantenimiento predictivo					
Simulación computacional					
Cálculo de elementos finitos					
Sensores inteligentes					
Internet de las Cosas (IoT)					
Robótica colaborativa					
Cómputo en la nube					
Inteligencia artificial					
Aprendizaje máquina					
Aprendizaje profundo					
Realidad virtual					
Realidad aumentada					
Wearables					
Drones					
Vehículos autónomos					

El análisis de las habilidades requeridas es más complejo, ya que las mismas cambian de acuerdo a la rama de ingeniería en particular, el entorno socioeconómico, y la importancia que tenga para el trabajo a desempeñar. En la tabla II se exponen las que serán incorporadas en el cuestionario.

Tabla II: Importancia de las habilidades blandas

El siguiente cuadro tiene por objetivo analizar la importancia que usted cree que tienen las habilidades blandas en los profesionales de ingeniería mencionadas a continuación. Especifique si conoce la habilidad, y en caso de que la respuesta sea afirmativa, debe asignar un valor del 1 al 5 según la importancia actual, la importancia en 5 años y la importancia en 10 años, de acuerdo a la siguiente referencia: 1 – Nada importante; 2 – Muy poco importante; 3 – Poco importante; 4 – Importante; 5 – Muy importante					
Habilidades blandas	¿Conoce la habilidad? (Marque con una cruz)		Hoy	En 5 años	En 10 años
	Sí	No			
Comunicación					
Trabajo en equipo					
Pensamiento crítico					
Flexibilidad					
Responsabilidad					
Autonomía					
Resolución de problemas					
Capacidad de aprender nuevos saberes					
Proactividad					
Liderazgo					
Compromiso					
Ética profesional					
Inteligencia emocional					
Gestión de la información					
Creatividad					
Innovación					
Capacidad de abstracción					
Manejo de tiempos					
Entendimiento del modelo de negocio					
Saber equilibrar vida privada y trabajo					
Adaptabilidad					
Juicio crítico para la toma de decisiones					
Visión sistémica					
Atención del cliente					
Manejo de personal					
Sentido común					
Iniciativa					

Estas preguntas serán realizadas a estudiantes, graduados, docentes, y las empresas del sector, de manera de poder determinar cual es la visión de cada uno de ellos sobre los distintos aspectos de la Industria 4.0.

También se incorporará otra tabla que posea las mismas tecnologías y con la pregunta referida hacia docentes y empresarios, sobre si considera que los profesionales de ingeniería cuentan con los conocimientos de dichas tecnologías, y si efectivamente es necesario que cuenten con dichos conocimientos. Ambas preguntas tendrán de opciones las respuestas por “Sí” o “No”.

Además, a los estudiantes y recientes graduados, se les preguntará cual consideran que es su manejo actual de las habilidades y cuales consideran que debería ser. A los docentes y empresarios, se les preguntará sobre el manejo de las habilidades de los ingenieros y cuál debería ser. Todo empleando una escala definida de valores del 1 al 5, donde 1 es “Muy bajo”, 2 es “Bajo”, 3 es “Regular”, 4 es “Alto” y 5 corresponde a “Muy alto”.

6. Discusión.

Se encuentran diferentes limitaciones en el trabajo realizado. Una de ellas es la falta de un grupo estable de habilidades blandas, ya que estas son múltiples y están menos definidas con respecto a las tecnologías, pudiendo no haber quedado incorporadas todas las habilidades relevantes.

Con respecto al modelo de preguntas a realizar, se debe profundizar la investigación sobre la existencia de sesgos cognitivos en los encuestados que puedan falsear los datos obtenidos, con el fin de realizar las modificaciones pertinentes en dicho modelo.

También debe evaluarse la posibilidad de incorporar nuevas preguntas que no hayan sido contempladas en el trabajo, que puedan brindar información relevante para la temática de estudio.

Finalmente, debe realizarse una búsqueda de métodos de recolección de información, alternativos al método de encuesta, que puedan generar información complementaria.

7. Conclusiones.

Con respecto a las competencias en carreras de ingeniería, de acuerdo a la revisión realizada, se puede afirmar que en el marco de esta nueva revolución industrial será necesario una reforma de los contenidos de los planes de estudio, los métodos de aprendizaje y la forma de implementar la enseñanza de habilidades blandas.

La recopilación y análisis de información permitió dilucidar una serie de competencias, formadas por conocimientos y habilidades, que son incorporadas en la formulación de los cuestionarios. Además, estas preguntas permitirán en un futuro trabajo ahondar en la investigación de la percepción que tienen los diferentes grupos, alumnos, graduados, docentes y empresas, de las competencias necesarias en los profesionales del futuro, de manera de poder establecer por medio de políticas dictadas desde las instituciones y organizaciones involucradas, medidas que logren achicar la brecha digital entre competencias requeridas y demandadas.

Reconocimientos

Agradecemos especialmente a la Universidad Tecnológica Nacional por el apoyo para la realización del proyecto “Caracterización tecnológica de la industria metalúrgica de Rafaela y su aplicación en la formación profesional universitaria” (TOUTNRA0005376).

Bibliografía

- Álvarez Gil, N., Rosillo Cambolor, R., Ponte Blanco, B. y López Brugos, J. (2018). Effects of Industry 4.0 on Education Systems: An Outlook. Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (págs. 43 – 54). Guijón, Universidad de Oviedo.
- Benešova, A. y Tupa J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 2195 – 2202.
- Bonekamp, L. y Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organisation. *Journal of Business and Media Psychology*, 6, 33 – 40.
- Bouras, M. A., Ullah, A., Ning, H. (2019). Synergy between Communication, Computing, and Caching for Smart Sensing in Internet of Things. *Procedia Computers Science*, 147, 504-511.
- Büth, L., Bhakar, V., Sihag, N., Posselt, G., Böhme, S., Singh Sangwan, K. y Herrmann, C. (2017). Bridging the qualification gap between academia and industry in India. *Procedia Manufacturing*, 9, 275 – 282.
- Chen, X., Song, G. y Zhang, Y. (2010). Virtual and Remote Laboratory Development: A Review. *ASCE*, 1, 3843 – 3852.
- Chryssolouris, G., Mavrikios, D., Rentzos, L. (2016). The Teaching Factory: A Manufacturing Education Paradigm. *Procedia CIRP*, 57, 44 – 48.
- Colman, B. y Willmot, P. (2016). How soft are “Soft Skills” in the engineering profession?. SETI conference 2016 “Engineering Education on Top of the World: Industry University Cooperation”.
- Costa, A., Ferreira, M., Barata, A., Viterbo, C., Salgado Rodriguez, J. y Magalhaes, J. (2018). Impact of interdisciplinary learning on the development of engineering students’ skills. *European Journal of Engineering Education*.
- Diegel, O. (2014). Additive Manufacturing. En: *Comprehensive Materials Processing*. Elsevier Ltd.
- Direito, I., Pereira, A., de Oliveira Duarte, M. (2012). Engineering undergraduates’ perceptions of soft skills: relations with self-efficacy and learning styles. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 55, 843 – 851.
- Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tisch, M. y Metternich, J. (2018). Industrie 4.0 – Competencies for a modern production system. *Procedia Manufacturing*, 23, 267 – 272.
- Fernández Caramés, T., Blanco Novoa, O., Suárez Albela, M. y Fraga Lamas, P. (2018). A UAV and Blockchain-Based System for Industry 4.0 Inventory and Traceability Application. *Proceedings*, 4, 26.
- Frey, C. y Osborne M. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?*. Oxford Martin.
- Garwood, T. L., Hughes, B. R., Oates, M. R., O’Connora, D., Hughes, R. (2017). A review of energy simulation tools for the manufacturing sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 895-911
- Gebhardt, J., Grimm, A. y Neugebauer L. (2015). Developments 4.0 Prospect on future requirements and impact on work and vocational education. *Journal of Technical Education*, 3, 117 – 133.
- Gurkok, C. (2017). *Securing Cloud Computing Systems*. En: *Computer and Information Security Handbook (Third Edition)*. Elsevier Inc.
- Grzybowska, K. y Lupicka, A. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics and Management Innovations*, 1, 250 – 253.
- Justason M.D., Centea D., Belkhir L. (2018) *Development of M.Eng. Programs with a Focus on Industry 4.0 and Smart Systems*. En: *Online Engineering & Internet of Things*. Cham: Springer.
- Kamaruzaman, F., Hamid, R., Mutalib, A. y Rasul, M. (2019). Comparison of Engineering Skills with IR 4.0 Skills. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, 15, 15 – 28.

- King, C. (2012). Reestructuring Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 1 – 5.
- Lee, E. A. (2015). The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models. *Sensors*, 15, 4837-4869.
- Liagkou, V., Salmas, D., Stylios, C. (2019). "Realizing Virtual Reality Learning Environment for Industry 4.0". *Procedia CIRP*, 79, 712-717.
- Lieu, T., Duc, N., Gleason, N., Hat, D., Tam, N. (2018) Approaches in Developing Undergraduate IT Engineering Curriculum for the Fourth Industrial Revolution in Malaysia and Vietnam. *Creative Education*, 9, 2752 – 2772.
- Malik, A. A., Bilberg, A. (2019). Collaborative robots in assembly: A practical approach for tasks distribution. *Procedia CIRP*, 81, 665-670.
- Marope, M., Griffin, P. y Gallagher, C. (2018). Future Competences and Future of Curriculum: A Global Reference for Curricula Transformation. International Bureau of Education.
- May, E. y Strong, D. (2006). Is Engineering Education Delivering What Industry Requires?. *Proceedings of the Canadian Design Engineering Network Conference* (págs. 204-212). Toronto.
- Masoni, R., Ferrise, F., Bordegoni, M., Gattullo, M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Carrabba, E., Di Donato, M. (2017). Supporting Remote Maintenance in Industry 4.0 through Augmented Reality. *Procedia Manufacturing*, 11, 1296-1302.
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D. y Filippi, S. (2017). How will change the future engineers' skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *Procedia Manufacturing*, 11, 1501 – 1509.
- Neugebauer, R., Hppmann, S., Leis, M., Landherr, M. (2016). Industrie 4.0 – From the perspective of applied research. *Procedia CIRP*, 57, 2-7.
- Rieg, F., Hackenschmidt R., Alber-Laukant B. (2014). *Finite Element Analyses for Engineers*. Cincinnati: Hanser Publications.
- Oussous, A., Benjelloun, F., Lahcen, A. A., Belfkih, S. (2018). Big Data technologies: A survey. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30, 431-448.
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H. y Krcmar, H. (2017). A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees. 13. *Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik* (págs. 46-60). Saint Gallen.
- Seetha, N. (2014). Are Soft skills Important in the Workplace? – A Preliminary Investigation in Malaysia. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 4, 44-56.
- Schallock, B., Rybski, C., Jochem, R. y Kohl, H. (2018). Learning Factory for Industry 4.0 to provide future skills beyond technical training. *Procedia Manufacturing*, 23, 27-32.
- Sherman, W. R., Craig, A. B. (2018). *The Human in the Loop*. En: *Understanding Virtual Reality*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers.
- Sipsas, K., Alexopoulos, K., Xanthakis, V., Chryssolouris, G. (2016). Collaborative Maintenance in flow-line Manufacturing Environments: An Industry 4.0 Approach. *Procedia CIRP*, 55, 236-241.
- Stewart, C., Wall, S. y Marciniak, C. (2016). Mixed Signals: Do College Graduates Have the Soft Skills That Employers Want?. *Competition Forum*, 14, 276-281.
- Suárez Fernández-Miranda, N., Marcos, M., Peralta, M. E., Aguayo, F. (2017). The challenge of integrating Industry 4.0 in the degree of Mechanical Engineering. *Procedia Manufacturing*, 13, 1229-1236.
- Tulsi, P. y Poonia, M. (2015). Expectations of Industry from Technical Graduates: Implications for Curriculum and Instructional Processes. *Journal of Engineering Education Transformations*, 28, 19-24.
- Wallner, T. y Wagner, G. (2016). Academic Education 4.0. *International Conference on Education and New Developments* (págs. 155-159). Ljubljana.