
Industria 4.0 – Internet de las Cosas

Verónica Tapia

Carrera de Ingeniería en Sistemas, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador

Resumen

La expresión Industria 4.0, fue acuñada en Alemania en el año 2011 para describir a la fábrica inteligente, una perspectiva de la fabricación informatizada con todos los procesos interconectados por medio del Internet de las Cosas (IOT). Es lo que se conoce como Internet industrial de las cosas y es un proceso que apunta al siguiente nivel de la revolución industrial, con la capacidad de impulsar cambios fundamentales a la altura de la primera revolución industrial a través del vapor y el agua, la producción en masa de la segunda revolución y de la tercera caracterizada por el crecimiento de la electrónica y la proliferación de las tecnologías de la información. La Industria 4.0 representa una etapa trascendental en la evolución de la industria, donde la clave es la fusión de la fábrica con el Internet a través del diseño y la implantación de componentes inteligentes dotados de identidades digitales propias, con miras a facilitar su manejo y reparación a distancia.

Palabras Claves: Revolución Industrial, Industria 4.0, Internet de las Cosas, Software, Máquinas

Abstract

The 4.0 industry term was invented in Germany in 2011 in order to describe the smart factory. The manufacturing perspective computerized all processes interconnected into the Internet of Things (IOT). This is known as an industrial internet of things. It is a process which may be the next level of the industrial revolution with the same leadership the first industrial revolution on the steam changes and water, mass production of the second and third revolution characterized by the electronic progress and the information technologies growth. In other words, currently the 4.0 Industry represents a crucial phase in the industry evolution where the key is the junction among factory and the internet through the design and implementation of intelligent components endowed with their own digital identities. This process will facilitate handling and remote repair.

Keywords: Industrial Revolution, Industry 4.0, Internet of things, software, machines.

Recibido 10 de enero 2014; revisión aceptada 7 de marzo 2014.

¹Correspondiente al autor: e-mail veronica.tapia@utc.edu.ec

El presente trabajo se orienta al estudio y análisis de lo que para el mundo representa el nuevo concepto industrial: la Industria 4.0, que para, muchos investigadores no es una proyección, pues ya se implementó en algunos países considerados como potencias industriales y cada vez más, recibe el interés del resto del mundo. Por lo tanto, conocer y familiarizarse con los conceptos de la Industria 4.0 es fundamental desde la perspectiva académica, sobretodo si la academia está involucrada con los puntos clave del surgimiento de esta etapa como son la informática, la electrónica, la industrial en general y el desarrollo de software.

A través de la revisión sistemática de la literatura nos damos cuenta que el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) se organizó y sintetizó la información estudiada. Los resultados obtenidos permitieron apreciar que la Industria 4.0, también conocida como Internet de las cosas, es un proceso que ha llevado a otro nivel la revolución industrial. En este proceso, la ingeniería de software y la producción de sistemas de información son el núcleo que junto a las máquinas, prometen una nueva era en donde la capacidad de administrar y generar información se potencian exponencialmente. Dentro del artículo se presentan las características históricas de las diferentes etapas de la evolución industrial, y posteriormente se fundamenta la fase en la que la industria se encuentra en la actualidad.

Se presenta una caracterización de la Industria 4.0 en donde finalmente se puede resumir que el objetivo principal es conseguir que las máquinas permanezcan interconectadas analizando información y diseñando por si mismas, nuevos modelos de negocios y sistemas de fabricación. Todo esto en concordancia con la vida de la

humanidad, en la cual día a día las máquinas se vuelven más importantes y la conectividad es imprescindible. El hecho es que en algún momento las personas ni siquiera podrán ser conscientes de la omnipresencia de la tecnología y de su poder en el quehacer diario tanto a nivel personal como a nivel empresarial e industrial.

El llamado internet de las cosas es el camino hacia una etapa en la vida humana que involucra la convergencia de dos mundos paralelos: el mundo digital y el mundo físico. Así mismo se puntualizan estándares y modelos que se han creado para ayudar a las empresas a la adaptación de arquitecturas apegadas al proceso de la nueva industria. Se describen además, los principales problemas para la implementación de la interoperabilidad empresarial, ya que a pesar de los avances significativos en esta área, sigue siendo difícil debido a la presencia de incompatibilidad de hardware y software en los equipos de procesamiento y fabricación de información.

Al ser la información y el conocimiento operativo el mayor valor de negocio de las empresas, el acceso oportuno a la información es un prerequisite para el uso eficiente en la operación de las empresas. El término Industria 4.0 fue utilizado por primera vez en la Feria de Hannover en el 2011. La misma que es una de las ferias industriales más importantes a nivel mundial, se celebra año tras año en Alemania. Desde sus inicios en 1947, la Feria de Hannover ha contribuido considerablemente al éxito y desarrollo del sector industrial.

Se hace referencia a la Industria 4.0 como la emergente cuarta revolución industrial, es decir, se estaría advirtiendo un gran salto en el proceso de transformación económica, social y tecnológica que se inició en la segunda

mitad del siglo XVIII con la llamada primera revolución industrial y que representa la introducción de medios de producción mecánicos accionados por el agua y el vapor en lugar de los procesos de producción manual y el uso de la tracción animal. El ascenso continúa con la segunda revolución industrial, un proceso de innovaciones tecnológicas, científicas, económicas y sociales, sus inicios se fijan entre 1850 y 1870 cuando se empieza a observar el surgimiento de nuevas y mejoradas técnicas de producción y nuevas industrias como la química, eléctrica y la automovilística; se basa fundamentalmente en la producción en masa a través del trabajo impulsado por la energía eléctrica. El proceso avanza con la tercera revolución llamada también la revolución inteligente, que se inicia con la llegada del siglo XXI, pues representa el surgimiento de nuevas tecnologías de la comunicación apoyadas con nuevos sistemas de energía. Este es el caso de la convergencia entre el internet y las energías renovables, que sin duda impulsaron el florecimiento industrial, caracterizada por los avances en la electrónica, la informática y por una mayor automatización de la producción debido al servicio de grandes robots industriales.

En los actuales momentos, la humanidad está ante la inminente llegada de la cuarta revolución industrial, la Industria 4.0. Esta etapa señala la presencia de las fábricas inteligentes, de procesos interconectados a través del Internet, de sistemas de producción basados en los ciber-físicos (CPS) que son sistemas con gran acoplamiento de sensores físicos y que permitirán retroalimentación. Es decir una conjunción entre la comunicación, la informática, el control y el mundo físico. Los CPS se basan en una red de sistemas físicos acoplados con el mundo real más la incorporación de controles a través de sensores

que les dicen a las máquinas cómo deben ser procesadas, según Rajkumar, Lee y Stankovic (2010) los sistemas CPS son sistemas físicos y de ingeniería cuyas operaciones se controlan, coordinan e integran a través de un núcleo de la informática y la comunicación.

Actualmente, sobre todo en Alemania, el término Industria 4.0 prevalece en la discusión de toda la industria, esto sucede porque la mayoría de los esfuerzos en investigación tanto a nivel gubernamental como educativo y empresarial, están relacionados precisamente a la industria 4.0. Según el argumento de (Baum, *et al.* 2013) al hacer un análisis del sector industrial de ésta época, las empresas deben dominar el futuro desarrollo y la producción de sistemas complejos e inteligentes, ellos proponen estrategias integrales para preparar a las empresas ante el desafío de la siguiente etapa del progreso industrial.

Los mayores alcances en el campo de la Industria 4.0 han ocasionado la incorporación de mayor flexibilidad a los procesos de fabricación, esto se evidencia sobre todo en la industria de productos electrónicos, de alimentos, de bebidas y en la industria automotriz. El objetivo es contar con sistemas de automatización industrial integrada, cada vez con más sensores y capacidades de comunicación inalámbricas, las fábricas deben ir ganando la habilidad de reunir suficientes datos e interoperabilidad entre sus procesos. En cuanto a las redes inalámbricas, es obvio que van ganando mercado, y para lograr mejoras reales en cuanto a eficiencia de fabricación y flexibilidad, los fabricantes deben ser capaces de gestionar y analizar estas grandes cantidades de datos, para lo cual, el mayor desafío está en el lado del software, ya que es a través de la industria del software que se va a lograr la consolidación

de esta revolución que pretende un mundo completamente interconectado y automatizado. Esto lo afirman además Amaro y Machado (2006) cuando dan a entender que hoy en día las organizaciones para sobrevivir competitivamente necesitan ser innovadoras y eficientes. La forma en que el Internet se ha estado expandiendo junto con otros cambios tecnológicos nos está llevando a un futuro en el que todos los objetos que nos rodean se integrarán perfectamente en las redes de información.

La posibilidad de poner en práctica los conceptos relacionados con la computación ubicua, es decir, la integración de la informática en el entorno de la persona, en el nivel de proceso de negocio va a influir en la forma en que se diseñan, se estructuran, se monitorean y se gestionan. Una de las posibilidades más notables de la computación ubicua puede ser el monitoreo en tiempo real de un proceso de negocio en particular, entonces debe ser posible analizar el flujo de materiales y de información o identificar los posibles puntos de fallo. Los procesos de negocios en todas partes permitirán un acercamiento entre los objetos reales y los modelos virtuales; y la posibilidad de crear procesos de negocio adaptables que puedan predecir fracasos, adecuándose a los cambios en el medio ambiente, es un reto atractivo.

Otra forma de apoyar esta creciente revolución industrial la hace Sailer (2014) cuando se refiere a la Industria 4.0 como una expresión relevante en la actualidad porque ya encuentra condiciones de comunicación M2M (Machine to Machine) en muchas de las esferas de la vida cotidiana de las personas. Da cuenta de las aplicaciones que ya se han convertido en una cuestión de rutina: las alarmas, los sistemas de seguridad, los equipos de navegación, entre otros; y no se diga, en la automatización industrial.

Sailer (2014) tiene razón, pues día a día las personas se enfrentan de cierta forma ya no a controlar a las máquinas, sino a ser controlados por ellas, casi nada se realiza ya en forma manual, hay máquinas por todas partes, son cada vez más indispensables para la vida de los humanos, hacen lo que antes hacíamos y por último lo hacen mejor y más rápido. La idea con la que han sido concebidas es para mejorar la existencia de la humanidad, hacerla más fácil.

Por otra parte, está el Internet que nos ha revelado un mundo paralelo indiscutible, quién podía imaginarse hace unos cuantos años que iba a ser posible comunicarse con otras personas, todas ubicadas en lugares diferentes, al mismo tiempo. Quién diría que es posible tener un millón de amigos, todos conectados a la vez, haciéndonos saber su estado, enseñándonos su vida, sus gustos y hasta sus disgustos. Hoy por hoy ya no hay que ir de compras, se necesita estar conectado y pedirlo por Internet, tampoco hay que acudir al banco, los pagos se los hace electrónicamente. Literalmente existe un mundo virtual al que todos tendrán que llegar incuestionablemente.

Sin embargo, las máquinas por sí solas no tendrían la relevancia que tienen si no fuese por el software que permite que las mismas funcionen; es decir, el núcleo vital de las máquinas de esta era, es el software. Esto significa que la industria del software debe ser simultánea a la producción de las máquinas, ya la historia y la teoría de la ingeniería del software, permite entender que si esto no sucede así, catástrofes enteras pueden suceder y vidas humanas se pueden perder, si los programas no soportan a las máquinas.

Bajo esta perspectiva, la situación de la producción industrial es decisiva, es evidente para algunas áreas de negocios cómo las

nuevas soluciones sorprenden: la gestión de las redes inteligentes, la domótica, la energía, el uso de sensores en la agricultura, aplicaciones de salud, de telemedicina, las aplicaciones de mejora de la gestión de inventario o de gestión de edificios y similares. No es sencilla la implementación de este tipo de comunicación, se reúnen en soluciones M2M con sensores externos, datos como la temperatura, el espesor, la distancia, la ubicación, entre otros, y se envían en tiempo real a una unidad en la que son analizados. Entonces, como los estados están previamente definidos, al sobrepasar los valores sus límites, se inician las acciones y por lo tanto se modifican los procesos.

La comunicación entre máquinas, aparenta ser complicada, y el atributo "Inteligente" o "Internet de las cosas", no es suficiente. Estas soluciones como ya se mencionó pretenden mejorar la calidad de vida para el ciudadano, traer alivio al trabajo diario, ayudar a reducir la complejidad, acelerar los procesos y como característica especial, también tienen un interés en la protección del medio ambiente. Sailer (2014) cree que para el 2020 todos los dispositivos estarán conectados en red, las diferentes disciplinas científicas, así como la integración de la información en la nube y los negocios Big Data, abren nuevas posibilidades, grandes cantidades de datos pueden ser recogidos y analizados. Por lo tanto, pueden ayudar a detectar los problemas existentes y a promover el desarrollo de soluciones extraordinarias. En algunas áreas de la industria esto ya está sucediendo, un ejemplo es el vehículo sin conductor ni volante de Google, un automóvil cuyo único equipamiento son los programas que se activan a través de un teléfono móvil, claro que todavía no es un producto terminado completamente y de hecho tiene que hacer frente a algunos requisitos legales, pero el

automóvil ya existe. De la misma manera, en el B2C, los sistemas informáticos tales como relojes inteligentes y las gafas de Google.

Sin embargo, existen muchos empresarios que prefieren todavía no apostar por este tipo de soluciones, se resisten porque necesitan estar convencidos de que la implementación de este tipo de tecnologías ayudará de manera concluyente al ahorro y a la reducción de costos y de tiempo en sus negocios, en general esperan comprobar a través de otras experiencias, que esencialmente funcionan para la detección prematura de problemas y para la optimización de los procesos.

Cabe mencionar además, que la Industria 4.0 se va consolidando a través de normas y estándares internacionales que proporcionan lineamientos para su implementación, a continuación se mencionan las más importantes:

ISA-95: Un estándar internacional que permite llevar de forma organizada el tipo de información que debe ser transmitida entre sistemas de ventas, finanzas, logística y sistemas para la producción, mantenimiento y calidad, suministra un modelo y la terminología para el intercambio de la información, este importante estándar está orientado al trabajo empresarial ya que se enfoca a la integración de los sistemas de la empresa y de control. La información se estructura a través de los modelos UML, que son la base para el desarrollo de interfaces estándar entre los sistemas ERP (Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales) y MES (Sistemas de Gestión de Producción). El estándar ISA-95 se puede utilizar para varios propósitos, por ejemplo como una guía para la definición de los requisitos del usuario, para la selección de proveedores de MES y como base para el desarrollo de sistemas MES y bases de datos.

Existen cinco partes de la norma

ISA-95:

Primera parte: se compone de modelos de terminología y de objetos estándar, que pueden utilizarse para decidir qué información debe ser intercambiada. Segunda parte: consta de atributos para cada objeto que se define en la parte uno. Los objetos y los atributos de la parte dos pueden ser utilizados para el intercambio de información entre diferentes sistemas, pero estos objetos y los atributos también se pueden utilizar como soporte para las bases de datos relacionales. Tercera parte: se centra en las funciones y actividades en el nivel tres (Producción / capa MES). Es una excelente guía para describir y comparar los niveles de producción de los diferentes sitios de una manera estandarizada. La cuarta parte aún está en desarrollo, se titula "Modelos de objetos y atributos de la Dirección de Operaciones de Manufactura". Y, la parte cinco titulada "El negocio de las transacciones de fabricación".

Entre las principales ventajas del estándar ISA-95 se encuentran la reducción de costos, riesgos y los errores asociados con la implementación de las interfaces entre los sistemas de control de producción de la empresa. La mejora de la comunicación, cada empresa de fabricación utiliza su propia terminología para describir las funciones, actividades y departamentos dentro de la empresa, pues para el diseño de las interfaces la discusión se basa sobre la terminología estándar, es decir, no será necesario adaptar los nombres existentes de la información en los sistemas o departamentos.

La norma internacional ISA-88 ayuda a las industrias a producir de una manera flexible. El estándar se compone de los modelos y terminología para la estructuración de los procesos de producción y para desarrollar el

control del equipo. ISA-88 se puede aplicar en procesos de producción totalmente automatizados, semi-automatizados e incluso completamente manuales. Como ventajas de esta norma se pueden resaltar:

La comunicación sobre un sistema de información puede ser difícil debido a la participación de diversas personas en la misma, a menudo proporcionan diferentes significados para los términos comunes. ISA-88 e ISA-95 facilitan definiciones específicas para la terminología de control de lotes y para la terminología de integración de sistemas de control de la empresa.

La Asociación Cimosá (COA) se estableció en 1994 como una organización de seguimiento al Programa Estratégico Europeo de I + D en IT (Esprit) de Arquitectura Europea Computer Integrated Manufacturing (Amice). Los miembros de la COA son empresas industriales, universidades y miembros del equipo Amice. El objetivo de la Amice proyecto Esprit es promover una base de conocimientos a través de la recopilación de datos y ponerlos a disposición en toda la empresa. Cimosá representa una arquitectura de sistema abierto para Computer Integrated Manufacturing (CIM), los conceptos Cimosá proporcionan una estructuración operacional basada en procesos cooperativos. Las operaciones de la empresa están representadas en términos de funcionalidad y comportamiento dinámico. La información necesaria y producida, así como los recursos y los aspectos relevantes de la organización en el curso de la operación se organizan en el modelo de proceso. Sin embargo, los diferentes aspectos se pueden ver por separado, ayuda a las empresas a manejar el cambio, integrar sus instalaciones y operaciones para enfrentar la competencia mundial, la competencia en precios, calidad y tiempos de entrega.

Cimosa, provee una arquitectura consistente está compuesta por una definición general del alcance, guías para la implementación y una descripción de los sistemas y subsistemas constituyentes, un framework modular establecido con estándares internacionales.

Uno de los sectores industriales que ha implementado con éxito Cimosa es el automovilístico. Dentro de un proyecto en curso realizado por la Universidad de Loughborough de Reino Unido, el diseño y la implementación de una generación de sistemas de control de máquinas basadas en componentes. El modelo se ha aplicado a la producción y el montaje para una máquina de motor en esta industria y según el análisis de (Monfared et. al 2002) los resultados de esta implementación han causado impacto en costos y tiempo.

Importancia

La Industria 4.0 propone un mundo en el cual las máquinas están interconectadas todo el tiempo y analizan enormes cantidades de datos en tiempo real. El objetivo de este análisis es que a través del mismo, sean capaces de diseñar nuevos modelos de producción y sistemas de fabricación. Sin duda, son presunciones que hasta hace poco tiempo hubieran resultado increíbles, sin embargo hoy son una tendencia real, hacia allá camina el futuro industrial y, por lo tanto, las empresas en general, y en especial las empresas de desarrollo de software y de hardware, deben estar en constante investigación, renovación y capacitación si quieren seguir vigentes.

Precisamente Giner et. al (2010) presentan una arquitectura de producción de sistemas basada en los principios del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (MDE), esta arquitectura es extensible para permitir

incorporar el soporte a las tareas que cada usuario necesita de acuerdo a su visión del mundo físico y ha permitido definir los conceptos que subyacen en este tipo de sistemas de una manera independiente de la tecnología usada.

Así mismo, la innovación tecnológica creciente, los dispositivos móviles, el diseño real y virtual interconectados, la ingeniería de simulaciones, la auto programación mediante sistemas pilotados en control remoto, la gestión de información y bases de datos, entre otros; dan cuenta de que la Industria 4.0 se está haciendo realidad. En efecto, estas serían las claves que permitirán a las empresas y a las industrias mantenerse competitivas en el mercado y sobrevivir ante lo que se viene. Pero, ¿cuáles serían los mayores inconvenientes a considerar en esta sobrevivencia? La Industria 4.0, tiene que ver con un modelo empresarial de interoperabilidad, es decir, la capacidad que tienen los sistemas o productos de las empresas para trabajar con otros sistemas o productos sin la necesidad de que las personas realicen esfuerzos adicionales, y éste es tal vez el mayor problema, no solo por la inmensa cantidad de información disponible y el incremento de una demanda móvil conectada a procesos de negocios con nuevas cadenas de valor digital, están además la diversidad en los estilos de los desarrolladores, diferentes lenguaje de programación, arquitecturas y equipos.

La complejidad es realmente importante, hace que la integración sea difícil y requiere no solo de modelos formales, sino de modelos semánticamente bien definidos y para ello la combinación de modelos de procesos de negocios con los modelos de manejo de arquitecturas es imprescindible.

Todo esto sería fundamental para la producción de bienes y servicios de forma rápida, con un bajo coste y que permita además garantizar el sostenimiento de los niveles de calidad y personalización. La interoperabilidad se consigue si colaboradores internos y externos pueden interactuar al menos en tres niveles: datos, aplicaciones y negocios de la empresa a través de la arquitectura de un modelo de empresa. No es sólo un problema de software y tecnologías de TI, que implica el apoyo a la comunicación y las transacciones entre diferentes organizaciones. Hoy una nueva e importante consideración debe tenerse en cuenta, la evaluación económica del negocio y la definición de la política de difusión.

Actores

Uno de los actores principales de esta revolución industrial, es sin duda toda la comunidad de ingenieros de software, ya que como se analizaba en líneas anteriores, las máquinas por sí solas no representan un valor significativo, es decir, el motor de las máquinas en la actualidad, es el software implementado sobre ellas. Por lo tanto, el núcleo de esta nueva revolución industrial, la Industria 4.0, es la convergencia del sistema industrial global con la capacidad computacional, los sensores cada vez de más bajo costo, grandes cantidades de datos, análisis predictivo y la conectividad ubicua.

Día a día, la creciente proliferación de dispositivos y aplicaciones inteligentes, están acelerando la convergencia de los mundos físico y digital. Las aplicaciones inteligentes le dan la posibilidad a los usuarios, con la ayuda de sensores y redes, de hacer una gran variedad de cosas, desde el seguimiento de sus amigos, hasta la posibilidad de controlar dispositivos remotos y máquinas. El centro de este tipo de aplicaciones inteligentes

son los sistemas auto-adaptativos porque optimizan su comportamiento de acuerdo a los objetivos y limitaciones de alto nivel para hacer frente a cambios en los requisitos funcionales y no funcionales, así como a las condiciones ambientales, los sistemas auto-adaptativos se implementan utilizando cuatro tecnologías clave: modelos de ejecución, gestión de contexto, la teoría de control de retroalimentación y tiempo de ejecución de la verificación y validación, son sistemas que tienen la capacidad de desarrollarse y aprender por sus propios medios, y cuya mayor característica es que tanto sus parámetros como su estructura se adaptan al medio en el que se desenvuelven y lo hacen en tiempo real.

Según Muller (2013) el desafío para los ingenieros de software, es repensar los límites entre el tiempo de desarrollo y el tiempo de ejecución, además del diseño de técnicas para la adaptación de los sistemas en tiempo de ejecución. El reto principal entonces, es automatizar las técnicas de ingeniería de software, mantenimiento y evolución tradicionales para adaptarse y evolucionar a los sistemas en tiempo de ejecución con mínima o ninguna intervención humana. Hasta ahora, la mayoría de los desarrolladores no han promovido instrumentos con sensores para verificar si su software cumple los requisitos en un entorno en tiempo de ejecución. Una forma de romper este molde es hacer que las cuatro principales tecnologías de los sistemas auto-adaptativos, sean de fácil acceso en tiempo de ejecución.

Perspectiva

La Industria 4.0 es una realidad, y el enfoque continúa evolucionando a medida que el proceso madura, sin embargo los conceptos determinantes son:

Los sensores, pues estarán involucrados en todas las etapas del proceso de fabricación, proporcionando los datos en bruto, así como la retroalimentación que es requerido por los sistemas de control. Los sistemas de control industrial se convertirán en más complejos y de amplia distribución. Las tecnologías de frecuencias de radio se unen a los módulos de control distribuidos en las redes de malla inalámbricas, sistemas a ser reconfigurados sobre la marcha de una forma que no es posible con los sistemas de control con cableado fijo. La lógica programable será cada vez más importante, ya que será imposible anticipar todos los cambios ambientales a los que deberán responder de forma dinámica los sistemas. Dispositivos inteligentes integrados conectados estarán en todas partes, y el diseño y la programación de ellos llegarán a ser mucho más difíciles.

Todo esto parece indicar que la Industria 4.0 se visualizará a nivel mundial mucho antes de lo que se esperaba, lo que supone además, que el desarrollo industrial se convertirá en un tema permanente y dominante.

Las instalaciones de Industria 4.0, se promocionan como el punto de partida hacia el futuro, con infraestructura que controla automáticamente los productos. Algo relevante de la Industria 4.0 es que no solo es la nueva perspectiva de la producción industrial, productos y soluciones, sino que tiene la obligación de mantener niveles de estándar y seguridad informática, de datos y procesos durante la fabricación de productos. Es así que muchas industrias están cooperando con proveedores internacionales de software de ciberseguridad.

Es importante señalar la relevancia que tiene la subcontratación industrial para la Industria 4.0, especialmente en tecnologías energéticas, además de que las industrias inteligentes

necesitan de subcontrataciones inteligentes, todo esto ha conllevado a que hoy sean los precursores de los procesos integrados de fabricación.

Conclusiones

La cuarta revolución industrial es un hecho palpable, las empresas, los gobiernos y en general todos los involucrados en este campo están conscientes de la importancia que tiene el hecho de tomar medidas y buscar formas de adaptarse a esta nueva realidad que es inevitable.

Ante la Industria 4.0, la eficiencia de la operación empresarial se ve seriamente limitada por la incapacidad en muchos de los casos de proporcionar la información correcta, en el lugar correcto, en el momento adecuado. Esto hace imprescindible que se implementen modelos y estándares que faciliten estos procesos en las empresas.

Las empresas de desarrollo de software y sobre todo los equipos de desarrollo, juegan un papel preponderante en esta nueva era industrial, ya que de ellos depende que el software evolucione en correspondencia con el desarrollo del hardware, es por ello que es su obligación mantenerse al día con todas las innovaciones tecnológicas que les permita ejecutar su trabajo en forma competitiva, garantizando calidad e innovación.

Literatura Citada

- Amaro, M. y Machado, R., 2012. (cfr.)
A Software Framework for Supporting Ubiquitous Business Processes: An ANSI/ISA-95 Approach," Quality of Information and Communications Technology (QUATIC), 2012 Eighth International Conference, Portugal. doi: 10.1109/QUATIC.2012.18, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6511843&isnumber=6511765>

- Baum, G., Borchering, G., Broy, H., Manfred, E., Eigner, M., 2013. (cfr) *Industrie 4.0: Beherrschung Der Industriellen Komplexität Mit Syslm*, Aug-31-2013, German, Vieweg + Teubner Verlag, <http://www.worldcat.org/title/industrie-40-beherrschung-der-industriellen-komplexitat-mit-syslm/oclc/858044712>
- Giner, P., Cetina, C., Fons, J., Pelechano, V., 2010. "Developing Mobile Workflow Support in the Internet of Things", *IEEE Pervasive Computing*, vol.9, no. 2, pp. 18-26, April-June 2010, doi:10.1109/MPRV.2010.14. España. URL <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2010.14>
- Monfared, R., West, A., Harrison, R., Weston, R., 2002. An implementation of the business process modelling approach in the automotive industry, Loughborough University MSI Research Institute Loughborough, Leicestershire, UK, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* November 1, 2002 216: 1413-1427, URL: <http://pib.sagepub.com/content/216/11/1413.full.pdf>
- Muller, H., 2013. (cfr) *Software engineering for the industrial Internet: Situation-aware smart applications*, 27-Septiembre-2013, *Web Systems Evolution (WSE)*, 2013 15th IEEE International Symposium on, Netherlands, <http://ieeexplore.ieee.org>
- Rajkumar, R., Lee, I., Sha, L., and Stankovic, J., 2010. (cfr) *Cyber-physical systems: the next computing revolution*. In *Proceedings of the 47th Design Automation Conference (DAC '10)*. ACM, New York, NY, USA, 731-736. DOI=10.1145/1837274.1837461. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1837274.1837461>
- Sailer, J., 2014. *M2M – Internet of Things – Web of Things – Industry 4.0. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 131(1), 3–4. doi:10.1007/s00502-013-0191-8, Springer -Vienna
- Sendler, U., 2013. *Industrie 4.0– Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM (Systems Lifecycle Management)*. In U. Sendler (Ed.), *Industrie 4.0* (pp. 1–19). Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-36917-9_1
- Virta, J.; Seilonen, I.; Tuomi, A.; Koskinen, K., 2010, (cfr) *SOA-Based integration for batch process management with OPC UA and ISA-88/95*, *Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, *IEEE Conference on* , vol., no., pp.1,8, 13-16 Sept. 2010 doi: 10.1109/ETFA.2010.5641286. Bilbao. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5641286&isnumber=5640954>