



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN LA ERA DIGITAL

INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS: CASO DE USO EN UNA CRISTALERÍA

Martín Omar Silva

**Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza, Argentina**

**Alexander Nicolás Casas Casas
Arjona**

**EF Academy Oxford
Oxford, Reino Unido**

Resumen

Si bien el concepto Internet of Things está en plena eclosión, en el mundo de la industria las cosas parecen moverse con más cautela. Lo que actualmente se conoce como Industrial Internet of Things -IIoT- (término acuñado por General Electric) se mueve más despacio. La conectividad a Internet en la industria tiene otros tiempos respecto al mundo de los dispositivos domésticos.

La avanzada del IIoT serán las máquinas industriales, maquinaria inteligente y compleja que es capaz de reportar datos significativos del proceso de fabricación, así como de su propio funcionamiento, para facilitar las labores de diagnóstico y mantenimiento.

De la misma manera que en el entorno ofimático la fotocopiadora puede reportar el número de copias realizadas, el estado del tóner y las posibles averías, una máquina envasadora de una fábrica puede reportar el número de ciclos ejecutados, los tiempos de paro, averías, etc. y generar peticiones de mantenimiento cuando sea necesario.

Cada vez será más habitual que los fabricantes incluyan la conectividad a Internet a sus máquinas con el objeto de planificar las labores de mantenimiento o posibilitar la telegestión mediante una interfaz Web.

La instalación de instrumentos y sensores cloud-ready permitiría a los propios fabricantes y mantenedores realizar telemantenimiento e incluso telecalibración de los mismos. Así mismo, la posibilidad de enviar las medidas de los sensores a aplicaciones en la nube permitiría realizar cálculos con herramientas de analytics en tiempo casi real.

El punto clave para que los dispositivos industriales se conecten a Internet es asegurar la seguridad y confidencialidad de la información enviada.

Las plantas industriales están repletas de dispositivos que utilizan buses y protocolos industriales - algunos privados y otros incompatibles entre sí- que nunca se pensaron para Internet. Son protocolos simples, normalmente pensados para funcionar en modo maestro-esclavo y con mecanismos de interrogación secuencial (polling).

En muchos casos utilizan aún buses de comunicación serie (RS232/RS485), y en el caso de utilizar Ethernet (o token bus, como es el caso de la cristalería objeto de nuestro análisis) los protocolos están pensados para funcionar en red de área local y no sobre Internet.

Además, los protocolos industriales están orientados a la transmisión de datos simples (medidas) y no a labores más sofisticadas como las que requeriría telemantenimiento.

Por otra parte, mientras surgen nuevos estándares, deberemos convivir con nuestros dispositivos legacy y buscar soluciones que permitan la conectividad en la nube.

En vista a este análisis, podremos implementar desde una ingeniería de comunicación de redes hasta una normalización semántica de la comunicación de datos, basados en la información producida en una cristalería.

Palabras clave: IoT, IIoT

Abstract

While the Internet of Things concept is in full swing, in the world of industry things seem to move more cautiously. What is now known as Industrial Internet of Things -IIoT- (term coined by General Electric) moves more slowly. The connectivity to Internet in the industry has other times with respect to the world of the domestic devices.

The advanced IIoT will be industrial machines, intelligent and complex machinery that is able to report significant data of the manufacturing process, as well as its own operation, to facilitate the work of diagnosis and maintenance.

In the same way that in the office environment the photocopier can report the number of copies made, the condition of the toner and the possible faults, a packing machine of a factory can report the number of cycles executed, the time of stoppage, breakdowns, etc. and generate maintenance requests when necessary.

It will be increasingly common for manufacturers to include Internet connectivity to their machines in order to plan maintenance tasks or enable telemanagement through a Web interface.

The installation of cloud-ready instruments and sensors would allow the manufacturers and maintainers to perform remote maintenance and even telecalibration of them. Likewise, the possibility of sending measurements of sensors to applications in the cloud would allow calculations with analytics tools in near real time.

The key point for industrial devices to connect to the Internet is to ensure the security and confidentiality of the information sent.

The industrial plants are full of devices that use buses and industrial protocols-some private and others incompatible with each other-that were never intended for the Internet. They are simple protocols, normally designed to operate in master-slave mode and with polling mechanisms.

In many cases they still use serial communication buses (RS232 / RS485), and in the case of using Ethernet (or token bus, as is the case of the glassware object of our analysis) the protocols are designed to work in a local area network and not on the Internet.

In addition, industrial protocols are oriented to the transmission of simple data (measurements) and not to more sophisticated tasks such as those that would require remote maintenance.

On the other hand, while new standards emerge, we will have to live with our legacy devices and look for solutions that allow connectivity in the cloud.

In view of this analysis, we can implement from a network communication engineering to a semantic normalization of data communication, based on the information produced in a glassware.

Keywords: *IoT, IIoT*

1. Introducción

En los procesos industriales modernos, la optimización de los recursos juega un papel importante debido a la preocupación de las empresas en cuanto a las normas y especificaciones de calidad, cada vez con mayor exigencia en la industria.

En la industria de la fabricación de botellas de vidrio intervienen muchos factores, los cuales determinan la calidad de la producción. Uno de estos factores es la eficiencia, la cual indica en qué porcentaje la materia prima utilizada se transforma en un producto que llena los requisitos de calidad para determinada línea de producción.

La determinación de la eficiencia en cualquier proceso industrial es de mucha importancia, ya que con ella es posible medir el desempeño general del sistema. Con esta medición se puede determinar, por ejemplo, qué tanta materia prima se está desperdiciando, etc., ayudando así a buscar formas para optimizar los recursos y así tener una producción más eficiente.

Al momento de la construcción de un sistema que sea capaz de medir la eficiencia en un proceso industrial, se deben tomar en cuenta muchas variables. En el caso de la fabricación de botellas de vidrio, se debe pensar en factores ambientales, además de tener el cuidado de que el sistema de medición de eficiencia no entorpezca o interrumpa en ningún momento el proceso o haga disminuir la calidad de la línea de producción.

2. Proceso de elaboración del vidrio

El vidrio es una sustancia amorfa fabricada sobretodo a partir de sílice (químicamente, óxido de silicio, dióxido de silicio SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. Suele ser transparente, translúcido u opaco. Su color varía según ingredientes empleados en su fabricación.

Entre sus propiedades físicas podemos mencionar que su fusión se realiza entre los $500\text{ }^\circ\text{C}$ y los $1.650\text{ }^\circ\text{C}$; su resistencia a la tracción se encuentra generalmente entre los 3.000 y 5.500 pascales (N/cm^2) pero puede llegar hasta los $70.000\text{ N}/\text{cm}^2$. Su densidad relativa va desde 2 a 8 , es un mal conductor del calor y la electricidad, y es impermeable a los gases, vapores y líquidos.

Con respecto a su viscosidad, y según expresa Rodríguez Cuartas (1984), es conocido que la expresión matemática que mejor representa la relación real viscosidad-temperatura en el vidrio, es la ecuación Vogel-Fulcher-Tammann (cf. Dagdub (2000)).

La arena es el principal ingrediente de la mezcla, para fundirla se necesitan temperaturas superiores a los $2000\text{ }^\circ\text{C}$, por lo cual se usan otros ingredientes para ayudar a fundirla a temperaturas de alrededor de $1500\text{ }^\circ\text{C}$. Existen dos tipos de arena, la arena común y la arena blanca, esta última se utiliza cuando se quiere producir un vidrio blanco. La sosa o carbonato de sodio se usa como fundente, permite fundir la arena y otros componentes a temperaturas inferiores a $1600\text{ }^\circ\text{C}$. La caliza facilita el trabajo de las máquinas que le dan forma al vidrio y también ayuda en el proceso de fusión de la mezcla en el horno. El vidrio reciclado también sirve como fundente.

2.1 Etapas

En términos generales, las fábricas de envases de vidrio modernas operan en tres fases: preparación de las materias primas, proceso en caliente y postproceso en frío. En la primera, se almacenan y dosifican las materias primas; en la segunda se funde el vidrio mediante hornos y se da forma a los envases utilizando máquinas especiales; y en la tercera se inspecciona el producto, y se embala para ser expedido.

2.1.1 Primera

Recepción y almacenamiento:

En esta etapa de recepción y almacenamiento la materia prima básica procesada llega en camiones. Estos se volquetean en una tolva de recepción mediante un sistema de cilindros hidráulicos. La parte inferior de la tolva se comunica con una cinta transportadora que conduce a la materia prima hacia un elevador de cangilones, éste deposita la carga en unos silos de

almacenamiento. El vidrio reciclado pasa por una serie de procesos de limpieza a fin de retirar todas las impurezas tales como plásticos y metales. El vidrio una vez limpio se tritura en un molino y se transporta hacia su silo de almacenamiento discriminando el color del vidrio original.

Pesaje y mezcla de materias primas:

Se pesan las materias primas básicas para obtener la proporción que se necesita con el fin de lograr una correcta mezcla. La máquina pesadora deposita los elementos en una banda transportadora que lo conduce hacia una máquina mezcladora con el fin de homogeneizar los componentes.

2.1.2 Proceso en caliente

En forma separada ingresan al horno la mezcla básica y el vidrio reciclado, ambos se funden en el horno a una temperatura de 1500 °C durante 24 horas. Dentro del horno existe una pileta de vidrio fundido. El material ya fundido sale del horno por rebalse a través de un sifón. El aire utilizado para la combustión se precalienta en unos intercambiadores hasta alcanzar unos 800 °C. Luego comienza el proceso de distribución. El vidrio fluye por gravedad a través de canales de distribución hasta las máquinas de fabricación de envases. La masa de vidrio es cortada en gotas, con peso, forma y temperatura controlados. Posteriormente pasa al proceso de formación. La primera etapa es la de carga de la gota de vidrio. La máquina posee un punzón que forma una pequeña cavidad en la masa de vidrio fundido.

Para la fabricación de botellas existen dos métodos básicos:

- Presión-soplado: Si bien fue desarrollado principalmente para envases de boca ancha, está logrando gran desarrollo en los envases de boca pequeña, ya que se obtiene un mejor control en el reparto del vidrio. Se forma un premolde mediante la compresión de la gota de vidrio contra el molde y luego la forma final mediante inyección de aire comprimido y vacío.
- Soplado-soplado: El premolde y la forma final se consiguen mediante aire a presión. Se distinguen varias etapas de este proceso, a cargo de una máquina tipo IS (*Individual Section Machine*) automática.

Esta gota así preformada es posteriormente expandida mediante aire comprimido. Al expandirse, la gota es forzada a adoptar una determinada forma que corresponde al molde preliminar, creándose así una botella semiformada, llamada boceto (o «parisón»). A continuación, este boceto es transferido al molde terminador que dará la forma final al envase. Usando aire comprimido y vacío, se la expande aún más hasta su forma definitiva. Cuando los recipientes salen de la máquina sopladora final, todavía mantienen una temperatura de unos 650 °C. Una vez finalizada la operación, el molde se abre para que la máquina pueda tomar la botella y trasladarla hasta la cinta transportadora.

De la cinta transportadora con temperatura se llevan los envases hacia el horno de recocido, para evitar la formación de tensiones internas debido al enfriamiento rápido. Este túnel o *lehr*, con temperatura controlada, es el horno a través del cual pasan lentamente, siendo recalentados y posteriormente enfriados de una forma predeterminada.

2.1.3 Postproceso en frío

Posteriormente se somete a la botella a un tratamiento de superficie en frío que es realizado por un líquido lubricante y su principal función es evitar la presencia de rayas en la superficie del envase. La tendencia hacia la producción de envases más ligeros, determina una mayor aplicación de tratamientos sobre la superficie del vidrio para mantener su resistencia; permitiendo así un flujo suave en las líneas de envasado y mejorando su resistencia a la abrasión. Los productos de vidrio requieren a veces de operaciones de acabado como el esmerilado y el pulido. Esto es debido al uso de dados o matrices partidas en las operaciones de soplado-soplado teniendo que remover las marcas y costuras mediante esmerilado y pulido; suele utilizarse para estos fines FeO u óxido de cerio. Los recipientes sin defectos siguen por la cinta transportadora hacia la denominada «zona fría» para ser empaquetados por la máquina paletizadora.

3. Automatización e instrumentación

Para obtener una mayor calidad en la producción de envases, existen medios de control automáticos que, generalmente, consisten en máquinas optoelectrónicas que se encargan de realizar controles dimensionales y funcionales de la botella, así como de su aspecto, ya que son puntos críticos para el cliente. Generalmente, en la línea de producción moderna se dispone de:

- Una máquina de control de anillos (diámetro interno del cuello).
- Un simulador de tensión para eliminar todas las botellas anormalmente frágiles.
- Una máquina de control que evalúa los defectos dimensionales.
- Una máquina de control de aspecto.

Estas máquinas de control por lo regular están conectadas por medio de sistemas de automatización a una computadora o red de computadoras, donde se almacena y se trata toda la información referente a la selección de los envases, con objeto de informar en tiempo real al operario y guiar sus acciones para obtener una mayor calidad.

3.1 Controladores lógicos programables

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se realizaba de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además, cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor gasto económico. En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas.

La computadora y los controladores lógicos programables han intervenido de forma considerable para que estas instalaciones se vean sustituidas por otras controladas de forma programada. El controlador lógico programable (PLC, de *Programmable Logic Controller*, por sus siglas en inglés) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Los PLC se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción

cambiaban, también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes.

Debido a que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada, se requería un estricto mantenimiento planificado. Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento. Los «nuevos controladores» debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla; también debían trabajar sin problemas en entornos industriales adversos.

De acuerdo con el estudio de Collado González (2012), Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, de *Modular Digital Controller*, por sus siglas en inglés) a un fabricante de automóviles. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en computadoras, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973, aproximadamente. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También estaban en capacidad de enviar y recibir señales de voltajes variables, entrando en el mundo analógico (cf. Drury (2001)). En los años 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (del inglés *Manufacturing Automation Protocol*) de General Motor's. También fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica.

MAP provee estándares comunes para la interconexión de computadores y máquinas herramientas programables usadas en la automatización de fábricas.

En el nivel físico más bajo, MAP usa el protocolo IEEE 802.4 conocido como *token bus*, en inglés. (cf. Weaver y Summers (1988)). Con frecuencia, MAP se usa junto con TOP, un protocolo de oficina desarrollado por Boering Computer Services. TOP se utiliza en la oficina y MAP, en la fábrica.

Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé. En los 90 se mostró una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80.

El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional (cf. Lewis (1998)).

Ahora se dispone de PLC que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

El PLC, por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

3.2 Sensores

En un proceso industrial automatizado, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso de ejecución.

Como se sabe, un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales o propiedades y características del material, con el objetivo de enviar una señal en función de dicha característica, como parte de un proceso.

Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones, entorno en el que deberá trabajar, etc.

De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés.

Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas) y los velocímetros (velocidad).

Cualquier sensor o transductor necesita estar correctamente calibrado para ser útil como dispositivo de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

3.3 Pantallas HMI - Human-Machine Interface

Con el propósito de mejorar la operación y supervisión de diversas máquinas que existen en la actualidad, se han creado muchas formas de interacción entre el hombre y la máquina, que permiten al operador, en algunos casos, tener un control total de la planta.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina); mientras que el autómatas posee, generalmente, el verdadero control sobre el proceso. Se podría decir que existe una interfaz interactiva entre el operador y el software HMI (panel de operador) y una interfaz de comunicación entre este software y el autómatas.

En su forma más común, un sistema HMI permite:

- Representar procesos: el proceso se representa en el panel de operador y cambia periódicamente en función del estado de las variables asociadas. Si se modifica, por ejemplo, un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.
- Manejar procesos: el operador puede interactuar con el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, puede especificar y modificar el valor de un parámetro en el autómatas.
- Emitir avisos: si durante el proceso se producen estados críticos de proceso, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).

- Archivar valores de proceso y avisos: el sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso, de esta forma se puede documentar el transcurso del mismo y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos históricos de producción.
- Documentar valores de proceso y avisos: el sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes; de este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.
- Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina: el sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en archivos. Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómatas en un solo paso de trabajo, para que la producción cambie a otra gama de productos.

4. Solución propuesta

Actualmente el sistema de medición de la eficiencia en la fabricación de botellas de vidrio consta de tres dispositivos: el PLC, las pantallas HMI y los sensores. Como ya se ha explicado, el proceso de fabricación de una botella de vidrio inicia vertiendo el vidrio fundido dentro de un molde. En la línea de producción donde se aplica el diseño de este sistema, la gota de vidrio fundido proviene de recipientes elevados. En una parte del trayecto entre el recipiente y el molde, se coloca un sensor, el cual se encarga de enviar un pulso al detectar el paso de la gota.

Durante el proceso de fabricación, se pueden presentar algunos problemas que implican la destrucción o daño de los envases ya moldeados. Estas fallas ocurren por lo general en la máquina tipo IS y dependen de las partes móviles de la misma. Al final de la banda transportadora que lleva a las botellas al siguiente paso del proceso, se coloca un sensor que indica la cantidad de botellas que han salido de forma satisfactoria de la sección de moldeo. El PLC recibe las señales de estos dos sensores y realiza las funciones necesarias para determinar la eficiencia del proceso. Los datos calculados por el PLC se envían a la pantalla HMI, en donde se pueden visualizar los resultados, así como seleccionar y configurar los rangos de tiempo en los que se necesita dicha medición.

En relación con los sensores, debido a las características de los materiales a detectar, se utilizan sensores capacitivos. Estos dispositivos están prácticamente en las áreas donde se desarrolla el proceso, por lo que deben estar contruidos con materiales resistentes a altas temperaturas y mantener exactitud y precisión en las lecturas.

Como se expuso, esta tecnología relacionada a los PLC está instaurada en la industria desde 1960, aproximadamente.

4.1 OPC UA

Para Rohjans *et al.* (2010), en la mayoría de casos deberemos utilizar *gateways* que permitan la conectividad a Internet (*Smart Grids*), por ejemplo, utilizando nuevos estándares como OPC UA, aunque en la actualidad esto requerirá normalmente el uso de computadoras.

La OPC UA (Unified Architecture) es un protocolo de comunicación máquina a máquina para la automatización industrial desarrollado por la Fundación OPC. Las características distintivas son:

- Centrarse en la comunicación con equipos y sistemas industriales para la recopilación y control de datos.
- Abierto - libremente disponible y aplicable sin restricciones ni tarifas.
- Cross-platform - no vinculado a un sistema operativo o lenguaje de programación.
- Arquitectura orientada a servicios (SOA).
- Seguridad robusta.
- Modelo de información integral, que es la base de la infraestructura necesaria para la integración de la información donde los proveedores y las organizaciones pueden modelar sus datos complejos en un espacio de nombres OPC UA (cf. Rohjans *et al.* (2013)), aprovechar la arquitectura orientada a servicios ricos de OPC UA.

Esperamos que pronto empiecen a proliferar dispositivos *embedded* robustos y de bajo coste para instalar los flamantes OPC UA servers multiplataforma.

5. Referencias

- Collado González, I. O. (2012). Diseño de un sistema de medición de la eficiencia en la fabricación de botellas de vidrio. Master's thesis, Facultad de Ingeniería - Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Compton, M., Barnaghi, P., Bermúdez, L., García-Castro, R., Corcho, O., Cox, S., Graybeal, J., Hauswirth, M., Henson, C., Herzog, A., Huang, V., Janowicz, K., Kelsey, W. D., Phuoc, D. L., Lefort, L., Leggieri, M., Neuhaus, H., Nikolov, A., Page, K., Passant, A., Sheth, A., Taylor, K. (2012). The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, Vol. 17, pp.25–32.
- Dagdug, L. (2000). A theoretical framework for the Vogel-Fulcher-Tammann equation for covalent network glasses derived by the stochastic matrix method. *Journal of Physics: Condensed Matter*, Vol. 12, No. 46, p.9573.
- Drury, B. (2001). Control techniques drives and controls handbook. Number 35 in IEE power series. The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom.
- Lewis, R. (1998). Programming Industrial Control Systems Using IEC 1131-3 (IEE Control Engineering Series). Institution of Electrical Engineers, Stevenage, UK, UK.
- Rodríguez Cuartas, R. (1984). Cálculo teórico de propiedades del vidrio: viscosidad, parámetros térmicos y parámetros de desvitrificación. *Ceram. Vidrio*, Vol. 23, pp.105-111.
- Rohjans, S., Piech, K., Lehnhoff, S. (2013). UML-based modeling of OPC UA address spaces for power systems. In 2013 IEEE International Workshop on Intelligent Energy Systems (IWIES), pp. 209-214.
- Rohjans, S., Uslar, M., Appelrath, H. J. (2010). OPC UA and CIM: Semantics for the smart grid. In IEEE PES T D 2010, pp. 1-8.
- Toro, C., Barandiaran, I., y Posada, J. (2015). A Perspective on Knowledge Base and Intelligent Systems Implementation in Industrie 4.0. *Procedia Computer Science*, Vol. 60, pp.362-370.

- Weaver, A. C. y Summers, C. F. (1988). The IEEE token bus- A performance bound on GM MAP. IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 35, No. 1, pp.13-17.
- Ye, J., Dasiopoulou, S., Stevenson, G., Meditskos, G., Efstathiou, V., Kompatsiaris, I., Dobson, S. (2012). Semantically-enriched Pervasive Sensor-driven Systems. Semantic Web, Vol. 1, pp.1-5.

Sobre los autores

- **Martín Omar Silva:** Analista de Sistemas de la Universidad Católica Argentina. Profesor Titular. Profesional Principal de CONICET. martin.silva@ingenieria.uncuyo.edu.ar
- **Alexander Nicolás Casas Casas Arjona:** Estudiante de EF Academy Oxford. casassasha@gmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)