

21

Abril  
Junio  
2022

# AADECa

La Revista de  
los Profesionales de  
Automatización y Control

## En esta edición

- ▶ Los errores simples no existen, *por Autex*
- ▶ Gamificación: trabajar con otros tipos de datos, *por Leandro Calarge*
- ▶ El concepto de automóvil definido por software, *por Ricardo Berizzo*
- ▶ Resolver los problemas de campo y sintonizar lazos óptimamente, *por Sergio Szklanny y Guido Di Ciancia*
- ▶ Sistemas multirrobot: etapas de diseño, aplicaciones y problemas abiertos, *por J. L. Rosendo, F. Valenciaga y F. Garelli*
- ▶ Cobots: tendencia en automatización con vacío, *por Horacio Villa*
- ▶ Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx, *por Mirko Torrez Contreras*



# Próximos cursos

Conocimiento - Didáctica - Interacción con los alumnos...

*Descuentos importantes para socios*



## Robótica en la Industria 4.0

7, 14, 21, 28 de septiembre, 5, 12, 19, 26 de octubre de 18:00 a 21:00 hs

Ing. Alejandro Dovico

**Gestión de RR.HH en el entorno tecnológico del Siglo XXI:  
Nuevas habilidades para nuevos desafíos.  
¿Cómo podemos mejorar las relaciones humanas y de trabajo en las organizaciones?**

7, 14, 21, 28 de septiembre de 18:00 a 20:30 hs



Lic. Leonardo Rosso



## Introducción a Linux

13, 15 y 20 de septiembre de 18:00 a 21:00 hs

### Phyton

22, 27, 29 de septiembre y 4 de octubre de 18:00 a 21:00 hs

### API Rest

6, 11, 13 y 18 de octubre de 18:00 a 21:00 hs

### Node RED

20, 25, 27 de octubre y 1 de noviembre de 18:00 a 21:00 hs

Esp. Ciro Edgardo Romero

## Válvulas I Fundamentos de válvulas de control

15 y 22 de septiembre de 17:00 a 20:00 hs

Ing. Eduardo Néstor Alvarez



Ing. Marcelo Petrelli

## Introducción a los SCADA y DCS

20 y 27 de septiembre de 18:00 a 21:00 hs

*... y mucho más en [www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)*

Revista propiedad:

# AADECA

Asociación Argentina  
de Control Automático

Av. Callao 220 piso 7  
(C1022AAP) CABA, Argentina  
Telefax: +54 (11) 4374-3780  
[www.aadeca.org](http://www.aadeca.org)

**Coordinador Editorial:**  
Ing. Eduardo Álvarez, AADECA

**Editor-productor:**  
Jorge Luis Menéndez, Director



Av. La Plata 1080  
(1250) CABA, Argentina  
(+54-11) 4921-3001  
[info@editores.com.ar](mailto:info@editores.com.ar)

EDITORES [www.editores.com.ar](http://www.editores.com.ar)

Revista editada totalmente en la Argentina.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos a condición que se mencione el origen. El contenido de los artículos técnicos es responsabilidad de los autores. Todo el equipo que edita esta revista actúa sin relación de dependencia con AADECA.

Traducciones a cargo de Alejandra Bocchio; corrección, de Ing. Eduardo Álvarez, especialmente para AADECA Revista.



## Reflexiones editoriales

Comienzo recordando nuestros objetivos. AADECA, la asociación de los profesionales del control, promueve el desarrollo, la investigación y la aplicación del control automático y de la economía del conocimiento en Argentina y Latinoamérica.

En segundo lugar, no puedo dejar de recordarles la realización de la Semana de AADECA del 16 al 18 de mayo de 2023. Se puede asistir a actividades de automatización, control, instrumentación y economía del conocimiento en general. En ese mismo marco, a quienes interesa estar en la punta de la investigación y desarrollo, destaco la realización del 28° Congreso Argentino de Control Automático, dentro de las actividades de la Semana de AADECA.

Por otro lado, añado un comentario sobre la evolución de nuestra actividad. Pienso que, tomando un poco de distancia, tendremos una idea de la aceleración que los avances en nuestro campo estamos viviendo. Para ello los invito a analizar una línea de tiempo disponible [aquí](#).

En nuestro medio, podemos encontrar funcionando viejos equipos de manejo analógico de señales neumáticas y eléctricas (3 a 15 PSI, o bien, 4 a 20 mA). En el campo digital, encontramos diversos buses industriales y, últimamente, Ethernet Industrial. El hardware digital permite generar datos almacenables y la nube, almacenar grandes cantidades de datos.

La estadística, las correlaciones y otras formas de discernir tendencias se imponen en el nuevo mundo de las grandes cantidades de datos. Lo que llamamos "analíticas" es poder aplicar herramientas de análisis de esos datos. Llamamos a todo eso "Big Data", aunque puedo estar dejando fuera aquello que mi algoritmo no puede incluir, por ello no hay que dejar de lado la evaluación de la calidad de mi herramienta de análisis. Como en todo, la resolución, el detalle está en conflicto con el tiempo de procesamiento.

Sabemos que, en general, las decisiones de control están en el nivel bajo de la pirámide, es decir, cerca del campo, y suben solo las informaciones que pueden interesar para decisiones de políticas empresariales y globales de la parte industrial y gestión de activos. ¿Puedo usar big data para tomar decisiones de control?

Se usan técnicas como sistemas expertos, redes neuronales, lógica difusa y otras variantes de inteligencia artificial, otros algoritmos estadísticos se pueden usar si la dinámica del proceso y la velocidad de procesamiento son suficientes.

Las ponencias del congreso de la semana de AADECA tocarán estos temas, entre otros. También, en las presentaciones de las empresas se podrá entrever que estos conceptos subyacen en los productos actuales.

Si uno tiene un conocimiento profundo puede ver más en todo lo que lo rodea.

Espero no haber respondido nada con estas palabras; sí, en cambio, espero crear incógnitas que nos lleven a estudiar más control y las ciencias concurrentes; para ello, no faltemos a la Semana de AADECA.

*Un saludo cordial a socios y amigos,*

Eduardo Álvarez  
Coordinador editorial



## En esta edición encontrará los siguientes contenidos

|  |         |   |         |
|--|---------|---|---------|
| Opinión  | Pág. 6  | Artículo técnico  | Pág. 26 |
| El cambio en las profesiones                                 |         | Resolver los problemas de campo y sintonizar lazos óptimamente            |         |
| Festo  |         | Sergio Szklanny y Guido Di Ciancia  |         |
| Aplicación   | Pág. 8  | Artículo técnico  | Pág. 28 |
| Los errores simples no existen                               |         | Sistemas multirrobot: etapas de diseño, aplicaciones y problemas abiertos |         |
| Autex  |         | J. L. Rosendo, F. Valenciaga y F. Garelli                                 |         |
| Descripción de productos                                     | Pág. 12 | Artículo técnico  | Pág. 35 |
| Uso óptimo de datos desde el campo                           |         | Cobots: tendencia en automatización con vacío                             |         |
| Phoenix Contact  |         | Horacio Villa   |         |
| Opinión  | Pág. 14 | Artículo técnico  | Pág. 38 |
| Gamificación: trabajar con otros tipos de datos              |         | Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx           |         |
| Leandro Calarge  |         | Mirko Torrez Contreras  |         |
| Artículo técnico   | Pág. 20 |   |         |
| El concepto de automóvil definido por software               |         |   |         |
| Ricardo Berizzo  |         |   |         |
| Artículo técnico   | Pág. 24 |   |         |
| Datos de producción más eficientes: informática en la planta |         |   |         |
| Siemens  |         |   |         |



## Glosario de siglas de la presente edición

|  |   |  |
|--|---|--|
| <b>AADECA:</b> Asociación Argentina de Control Automático  | <b>IIoT (Industrial IoT):</b> IoT industrial  | <b>PC (Personal Computer):</b> computadora personal  |
| <b>ATEX:</b> atmósferas explosivas   | <b>INMETRO:</b> Instituto Nacional de Metrología, Qualidade e Tecnologia (Instituto Nacional de Metrología y Calidad y Tecnología, de Brasil) | <b>PID:</b> proporcional-integral-derivativo   |
| <b>B2B (Business to Business):</b> negocios a negocios   | <b>IoT (Internet of Things):</b> Internet de las cosas  | <b>PLC (Programmable Logic Controller):</b> controlador lógico programable   |
| <b>CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique):</b> Comité Europeo de Normalización Electrotécnica | <b>IT:</b> ver TI   | <b>PROFIBUS DP (Process Field Bus Decentralized Peripherals):</b> bus de campo de proceso periférico descentralizado |
| <b>CMM (Coordinate-Measuring Machine):</b> máquina de conexión por coordenadas                                     | <b>ITU:</b> International Telecommunication Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)   | <b>ROI (Return on Investment):</b> retorno sobre la inversión  |
| <b>CONICET:</b> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas   | <b>I+D:</b> investigación y desarrollo  | <b>SI:</b> Sistema Internacional de Unidades   |
| <b>DCP (Discovery and Configuration Protocol):</b> protocolo de descubrimiento y configuración                     | <b>LEICI:</b> Laboratorio de Electrónica Industrial Control e Instrumentación (de la UNLP)  | <b>SLAM (Simultaneous Localization and Mapping):</b> localización y mapeo simultáneos                                |
| <b>ECU (Engine Control Unit):</b> unidad de control de motor   | <b>MAS (Multi-Agent System):</b> sistema de múltiples agentes   | <b>SMR:</b> sistema multirrobot  |
| <b>FTP (File Transfer Protocol):</b> protocolo de transferencia de archivo   | <b>MCI:</b> motor de combustión interna   | <b>SMTP (Simple Mail Transfer Protocol):</b> protocolo para transferencia simple de correo                           |
| <b>HMI (Human-Machine Interface):</b> interfaz humano-máquina  | <b>MESG (Maximum Experimental Safe Gap):</b> brecha máxima experimental segura  | <b>SNMP (Simple Network Management Protocol):</b> protocolo simple de gestión  |
| <b>HTTP (Hypertext Transfer Protocol):</b> protocolo de transferencia de hipertexto                                | <b>MKSA:</b> metro, kilo, segundo, amperio  | <b>SNTP (Simple Network Time Protocol):</b> protocolo simple de hora de red  |
| <b>HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure):</b> Protocolo seguro de transferencia de hipertexto                 | <b>NEC:</b> National Electrical Code ('Código Eléctrico Nacional', de Estados Unidos)   | <b>SQL (Structured Query Language):</b> lenguaje de consulta estructurada  |
| <b>IEC:</b> International Electrotechnical Commission ('Comisión Electrotécnica Internacional')                    | <b>NFPA:</b> National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios, de Estado Unidos)                      | <b>TI:</b> tecnología de la información  |
| <b>IECEX (IEC Explosive):</b> IEC Explosivo  | <b>OBD (On Board Diagnostics):</b> diagnóstico de abordaje  | <b>TO:</b> tecnología operacional  |
|  | <b>OEM (Original Equipment Manufacturer):</b> fabricante original de equipos  | <b>UNLP:</b> Universidad Nacional de La Plata  |
|  | <b>OT:</b> ver TO   | <b>UTN:</b> Universidad Tecnológica Nacional   |



FACULTAD  
DE INGENIERIA

Universidad de Buenos Aires

Carrera de Especialización y Maestría en

# Automatización Industrial



*Para especializarse en Automatización...  
...¿por qué no volver a la Facultad?*




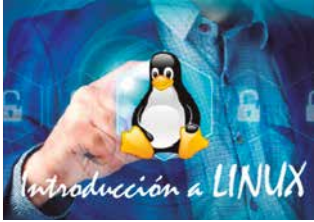




[www.fi.uba.ar/posgrado/carreras-de-especializacion/automatizacion-industrial](http://www.fi.uba.ar/posgrado/carreras-de-especializacion/automatizacion-industrial)

+54-11 5285-0866 - [ecomunic@fi.uba.ar](mailto:ecomunic@fi.uba.ar)





## Cronograma de cursos AADECA 2022

|  |   |
|--|---|
|    | <p><b>Robótica en la Industria 4.0</b></p> <p>Ing. Alejandro Dovico</p> <p>Inicia: 7/septiembre/2022</p> <p>Duración: 8 encuentros</p>  |
|    | <p><b>Introducción a LINUX</b></p> <p>Esp. Ciro Edgardo Romero</p> <p>Inicia: 13/septiembre/2022</p> <p>Duración: 3 encuentros</p>  |
|   | <p><b>Gestión de RR.HH en el entorno tecnológico del Siglo XXI: Nuevas habilidades para nuevos desafíos.</b></p> <p>Lic. Leonardo Rosso</p> <p>Inicia: 14/septiembre/2022</p> <p>Duración: 4 encuentros</p> |
|  | <p><b>Válvulas I – Fundamentos de válvulas de control</b></p> <p>Ing. Eduardo Néstor Alvarez</p> <p>Inicia: 25/septiembre/2022</p> <p>Duración: 2 encuentros</p>  |
|  | <p><b>Introducción a los SCADA y DCS</b></p> <p>Ing. Marcelo Petrelli</p> <p>Inicia: 20/septiembre/2022</p> <p>Duración: 2 encuentros</p>   |
|  | <p><b>Robótica en la Industria 4.0</b></p> <p>Esp. Ciro Edgardo Romero</p> <p>Inicia: 2/septiembre/2022</p> <p>Duración: 4 encuentros</p>   |

Más información en <https://aadeca.org/index.php/2021/06/07/cursos-y-webinars-2022>

## Nuevos medios de comunicación en AADECA

*Estamos renovando nuestra imagen online y algunas formas de contactarnos han cambiado*



[www.facebook.com/aadecautomatico](http://www.facebook.com/aadecautomatico)



[www.linkedin.com/company/aadeca](http://www.linkedin.com/company/aadeca)



[www.instagram.com/aadeca](http://www.instagram.com/aadeca)



[bit.ly/AADECA-CHANNEL](https://bit.ly/AADECA-CHANNEL)



+54 911 3201-2325



[administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org)

## Misión y objetivos de AADECA

En el centro de la economía del conocimiento, AADECA contribuye a la divulgación del conocimiento y aceleración de la implementación del Control Automático, por medio de cursos, congresos, foros, talleres, concursos y publicaciones

Fundada en 1957, AADECA es una Asociación Profesional Civil sin fines de lucro que nuclea representantes de la Universidad, la Industria y los Usuarios, interesados en el Control Automático y sus aplicaciones.

Para promover el conocimiento y la implementación del Control Automático, AADECA desarrolla varias actividades, incluyendo:

- » Un amplio calendario de cursos presenciales (hoy suspendidos los presenciales por el COVID19) y a distancia.
- » La semana del Control Automático, evento bienal orientado en 4 ejes:
  - » El Congreso Argentino de Control Automático
  - » El Foro de Automatización y Control
  - » Los Talleres Temáticos
  - » El concurso de Desarrollos Estudiantiles
  - » La revista AADECA

# Semana AADECA

*Contribuyendo  
con conocimiento al  
desarrollo productivo*

**16 al 18 de mayo 2023**  
Universidad de Palermo  
CABA, Argentina

**FORO DE AUTOMATIZACIÓN  
TALLERES TEMÁTICOS**

**EXPOSICIÓN  
PLENARIAS**

**CONGRESO**

**CONCURSO DESARROLLOS ESTUDIANTILES**

**Un encuentro con lo nuevo en  
tecnología e ideas**

Tres días donde los profesionales  
intercambiarán conceptos acerca  
de los últimos avances científicos y  
tecnológicos del sector

**28º Congreso Arg. de Control Automático**

Se busca exponer los resultados de las  
investigaciones y desarrollos en las áreas de  
automatización, control e instrumentación y,  
paralelamente, estimular el avance e intercambio  
de conocimientos y experiencias.

**Foro de Automatización y Control**

Con destacados panelistas de la industria y el  
mundo académico en los que se discuten tendencias  
de nuestra industria.

**Talleres Temáticos y Exposición de las  
Empresas**

Participación de empresas proveedoras que  
divulgan nuevas tecnologías disponibles y exponen  
sus productos.

**Concurso Desarrollos Estudiantiles**

Estudiantes de escuelas secundarias y  
universidades presentan ambiciosos proyectos en  
temas vinculados con las áreas de medición  
industrial, control, automatización y robótica.

ORGANIZA

**AADECA**

Asociación Argentina  
de Control Automático

[www.semana-aadeca.com.ar](http://www.semana-aadeca.com.ar)

AUSPICIA



Seguinos en    



[administracion@aadeca.org](mailto:administracion@aadeca.org)



11 3201-2325



## El cambio en las profesiones

La Industria 4.0 conduce a cambios en el entorno laboral industrial y, por lo tanto, en las profesiones relacionadas. Muchas cosas que parecían impensables hace 15 o 20 años, ya son una realidad o son los objetivos de la Industria 4.0. Pero, ¿qué impacto tiene esto en los empleados?

Festo  
[www.festo.com.ar](http://www.festo.com.ar)



El operador conoce "su" máquina: cada zumbido, cada crujido, cada chirrido y parpadeo. Si algo cambia, se reajusta de inmediato o se informa a mantenimiento. A menudo, los procesos de trabajo son los mismos durante años. Incluso las desviaciones más pequeñas del comportamiento habitual de la máquina pueden ser síntoma de que algo va mal: por ejemplo, de que un componente de la máquina se ha aflojado o está roto o de que hay un defecto de calidad en un paso de procesamiento previo y, por lo tanto, alguna tolerancia no es correcta. La operadora conoce cada movimiento de su máquina. Esto también puede resultar monótono. La seguridad es un tema clave porque el alto nivel de complejidad de las máquinas las hace cada vez menos claras y, a menudo, oculta fuentes de peligro. Si se producen cambios en la producción, como el cambio a un nuevo producto, por lo general es necesario volver a formar al operador. Nueva tarea implica nuevos conocimientos.

*El operador conoce "su" máquina: cada zumbido, cada crujido, cada chirrido y parpadeo.*

El cambio forma parte de la vida cotidiana. Las fábricas cambiantes del futuro exigen el desarro-

#### Nota del autor.

Este artículo se publicó en la revista para clientes Trends in Qualification, de Festo Didactic



llo continuo de habilidades y capacidades entre los empleados. Por lo tanto, la nueva virtud en la formación profesional de la industria se llama "cambiabilidad", esto es, la voluntad y la capacidad de cambiar. Esto es crucial para el éxito personal de cada operador, pero también para el éxito del conjunto de la empresa. En consecuencia, la formación y el perfeccionamiento profesional de la operaria cualificada del futuro tendrán que aplicarse cada vez más a métodos y habilidades, actitudes y disposiciones; competencias que ayudan a los empleados a lidiar de forma autónoma con situaciones complejas y que cambian rápidamente. En ausencia de procesos rígidos, una comprensión al menos rudimentaria de las relaciones y procesos de una máquina supone una clara ventaja para el operador. Porque en la fabricación altamente interconectada, las pequeñas causas tienen a menudo un gran impacto. El ser humano y la máquina se acercan entre sí en colaboración en los espacios más pequeños. Las vallas de protección clásicas continuarán faltando en gran medida en la Industria 4.0 ya que reducen la flexibilidad. Surgirán nuevos sistemas de seguridad e interfaces inteligentes. Palabra clave: control de sistemas a través del pensamiento. La investigación al respecto ya está muy avanzada. ■■



*La nueva virtud en la formación profesional de la industria se llama "cambiabilidad", esto es, la voluntad y la capacidad de cambiar.*



# Los errores simples no existen

Diagnóstico de red urgente en una planta alimenticia. Con las herramientas y el personal adecuado, se llegó a un resultado óptimo: reestablecimiento de las comunicaciones.

**Autex**

[www.autex-open.com](http://www.autex-open.com)

## Una llamada apremiante

Una planta de procesamiento de comida para animales de granja en la cual se había añadido un dispositivo adicional a la red PROFIBUS DP solicitó soporte de diagnóstico de red de manera urgente.

Una vez configurado el equipo, la red inició y empezó a sufrir inconvenientes, los que obligaron a realizar una parada de planta no planificada.

Una vez cumplido los protocolos de seguridad personal, se comenzó a relevar la red, empezando por el PLC, el cual lucía como un semáforo descompuesto por la cantidad de leds rojos intermitentes.

La solicitud de documentación de la red fue en vano, era inexistente.

*Una buena práctica que muchas veces no se cumple consiste en retirar de las instalaciones el cableado en desuso*

## Siempre se debe relevar la red visualmente antes de tocar nada

Un trabajo de diagnóstico de una red PROFIBUS y, en realidad, de cualquier tipo de red de comunicaciones industrial empieza generalmente con un relevamiento visual de la instalación para detectar los errores obvios, tales como cables muy cortos entre nodos, un problema típico de muchas instalaciones de CMMs; cables PROFIBUS montados en paralelo a cables de potencia sin cumplir con la distancia de separación mínima entre ellos, muchas veces llegando a compartir bandejas portacables, y sobre todo, el estado de los conectores DB9 y de las conexiones por bornera, típicas de los VFD.

Fuente: <https://www.autex-open.com/https-www-autex-open-com-articulos/los-errores-simples-no-existen/>



## La utilidad de contar con un esquema topológico

La red constaba de un PLC y dos segmentos PROFIBUS DP enlazados mediante un repetidor pasivo, el cual mostraba leds de error intermitentes. El simple hecho de tocar el repetidor hacía que el segmento aguas abajo se activara.

Evidentemente, el equipo presentaba fallas de funcionamiento y mostraba un evidente deterioro físico. Adicionalmente, el PLC presentaba una peculiaridad: al contrario de la mayoría de los casos, el PLC no se encontraba en el inicio del segmento, sino que estaba separado por cuatro nodos del final del segmento.

## Detección de problemas

Se procedió a reemplazar el repetidor pasivo por un multirrepetidor de cinco derivaciones (MULTIrep X5), lo que daba la posibilidad de segmentar la red en tramos más cortos y, por lo tanto, más fáciles de evaluar.

Si bien esto resolvió las caídas aleatorias del segmento aguas abajo del equipo, también mostró que este segmento presentaba problemas en el tramo final del cableado.

Muchas veces, un error simple esconde una variedad de problemas de fondo, que subsisten enmascarados si no se toman los recaudos correspondientes.

Se descubrió que el segmento conectado al PLC también presentaba problemas de comunicación. En ambos casos, la medición de calidad de la señal presentaba problemas, ya que era mucho menor que la esperada.

La decisión fue empezar por verificar el estado del cableado usando un téster de cable (PROFitest II XL). Esta herramienta es simple y conveniente puesto que permite verificar el estado del cableado sin necesidad de contar con alimentación. Al usarlo



Figura 1. Calidad de señal medida en el PLC

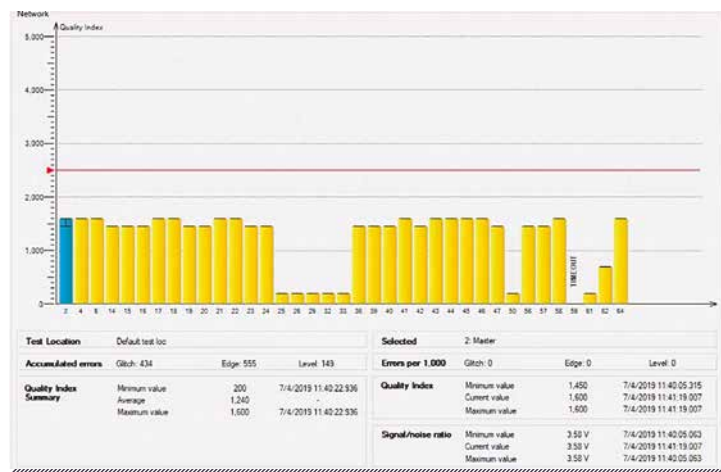


Figura 2. Calidad de señal medida en el repetidor

desde el lado del PLC, este equipo mostraba que el cable carecía de terminador de final de línea en uno de sus extremos. Esto resultaba curioso ya que la última modificación realizada en la red antes de presentarse la falla había sido el reemplazo de un terminador pasivo por uno activo.

*La distancia mínima de cableado entre dos nodos PROFIBUS no debe ser inferior a un metro, debido a las reflexiones producidas por un cable corto.*

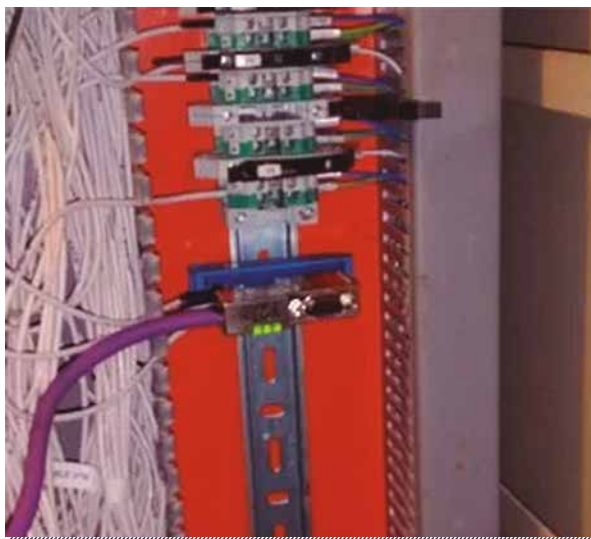


Figura 3. Terminador activo



Figura 4. Cableado en desuso

## Las causas

Tras verificar la sala donde se encontraba este terminador, se descubrió que había sido conectado a un cable PROFIBUS DP en desuso. Después de conectar el nuevo terminador al cable correcto, el segmento inicial empezó a funcionar correctamente.

Una buena práctica que muchas veces no se cumple consiste en retirar de las instalaciones el cableado en desuso, puesto que su presencia puede provocar errores de este tipo, los cuales

pueden consumir mucho tiempo hasta ser detectados, particularmente en instalaciones de gran tamaño.

## Las ventajas de contar con una instalación cuidadosa realizada por gente entrenada

Pero el segundo segmento seguía con problemas. Nuevamente, mediante el téster de cable se verificó la existencia de, por lo menos, un corto-

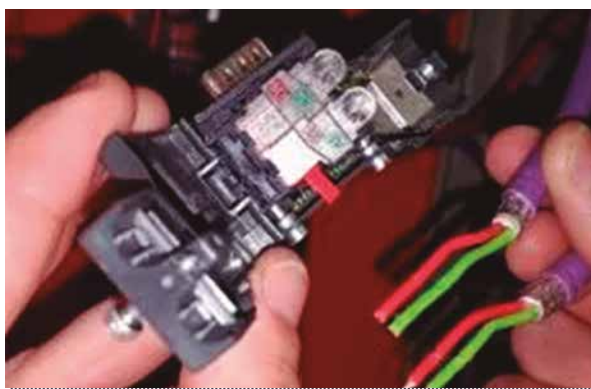


Figura 5. Extremos expuestos del cable

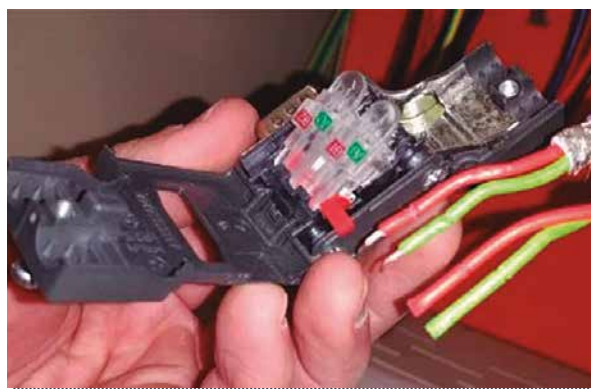


Figura 6. Extremos expuestos del cable



circuito entre los hilos de datos 'A' y 'B' y la malla del cable PROFIBUS DP, teóricamente en la segunda mitad del segmento. Se comenzó a testear el segmento desde el repetidor sin el PLC, con un téster de calidad en línea (PB-Q ONE) configurada en modo simulador de maestro. De esta forma, el equipo permitió calcular la topología de la red y determinar la ubicación del o de los cortos.

Segmentar la red de manera metódica, después de varios intentos permitió ubicar los culpables: dos conectores DB9 en los que el cable había sido mal instalado, dejando el extremo de los hilos al descubierto. Esto producía un corto entre este hilo y uno de los tornillos del conector, y por lo tanto un corto entre la puesta a tierra y el hilo expuesto. El mismo problema se presentaba en otro equipo aguas abajo.

Una vez corregidos estos problemas de cableado, la red inició correctamente, mostrando niveles de calidad de señal óptimos.

Pero aún se presentaban microcortes en las comunicaciones. Con el osciloscopio digital, se pudo determinar que algunos nodos producían reflexiones que perturbaban la forma de la onda. Usando el simulador de Master DP se determinó que aquellos nodos estaban conectados al bus mediante tramos de cable muy corto. La hoy en día famosa regla de un metro indica que la distancia mínima de cableado entre dos nodos PROFIBUS no debe ser inferior a un metro, debido a las reflexiones producidas por un cable corto.

Una vez corregido este último problema, la red empezó a funcionar de manera estable.

## Lecciones aprendidas

Sin importar las dimensiones de la red o la aplicación, resulta indispensable tener una idea clara de la topología de esta red.

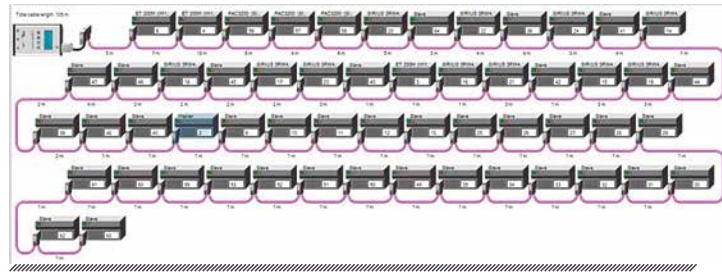


Figura 7. Topología de la red

La documentación de la red existente en la planta puede ser inexistente, lo cual es malo o puede estar desactualizada o ser errónea, lo cual puede ser mucho peor.

Aun los mejores componentes solo son tan buenos como el personal que los opera: nada reemplaza al entrenamiento adecuado del personal de mantenimiento y de los instaladores.

## Una reflexión final

Un solo eslabón roto torna una cadena en algo inservible. En este caso, un repetidor en mal estado dejaba inutilizable la red y al mismo tiempo enmascaraba otros problemas de fondo.

Todas las herramientas de diagnóstico utilizadas son parte del portafolio de la representada INDU-SOL GmbH, de Autex. ■



Figura 8. Calidad de señal después de las acciones correctivas

## Uso óptimo de datos desde el campo

PLCnext Control para Edge Computing: compacto y centrado en los datos, cubre las brechas entre IT y OT.

Phoenix Contact  
[www.phoenixcontact.com.ar](http://www.phoenixcontact.com.ar)

La era de la comunicación industrial avanza. Las empresas a la vanguardia del desarrollo tecnológico presentan opciones robustas capaces de atender las necesidades de automatización de la Industria 4.0. El Internet industrial de las cosas se extiende más allá de la planta fabril y alcanza espacios inhóspitos o de difícil acceso. La obtención de datos desde el campo directamente a la red, al borde, a la nube, a las analíticas es una de las tantas tecnologías ya disponibles.

*La recolección de datos y su tratamiento en el borde del sistema, antes de alcanzar la nube, se afianza como la solución más adecuada.*

Phoenix Contact, especializada en desarrollo, producción y comercialización de sistemas y equipos para la industria, presenta la línea EPC. El nombre se debe a las siglas en inglés de 'control para la computación de borde'. La recolección de datos y su tratamiento en el borde del sistema, antes de alcanzar la nube, se afianza como la solución más adecuada en ese tipo de entornos. PLCnext EPC está especialmente diseñada para ese tipo de aplicaciones.

*Están perfectamente adaptados a la conversión de protocolos, captación de datos y computación en la nube.*

Las opciones disponibles son dos ordenadores: EPC 1502 y EPC 1522. Ambos son ordenadores PLCnext EPC con procesador N3350 Intel Celeron, programables con factor de forma reducido compatible con IEC 61131-3, MATLAB Simulink y C/C++. Asimismo, están perfectamente adapta-





Box PC - EPC 1502



Box PC - EPC 1522

dos a la conversión de protocolos, captación de datos y computación en la nube.

Los EPC 15xx combinan la robustez de una plataforma de PC industrial probada con la tecnología PLCnext abierta, de modo que ofrecen la posibilidad de diseñar soluciones inteligentes de internet de las cosas en el borde.

*Ofrecen la posibilidad de diseñar soluciones inteligentes de internet de las cosas en el borde.*

Las principales ventajas son las siguientes:

- » diseño del PC industrial compacto en carcasa metálica y refrigeración pasiva;
- » fácil integración en infraestructuras de la tecnología de la información existentes y conectividad en el nivel de campo con tecnología PLCnext;
- » reducción del tiempo de desarrollo y puesta a disposición mediante herramientas de desarrollo ya integradas como Note RED;

- » gestión sencilla y segura mediante una herramienta WBM integrada.

El sistema cuenta con procesador Intel Celeron muy potente (se diseña sin ventilador), sistema operativo Linux y software de código abierto preinstalado como Node-RED e InfluxDB para un desarrollo rápido de la Internet de las cosas. Suma una memoria de datos local ampliada; controlador y dispositivo Profinet; conexión a Proficloud y a PLCnext Store (por ejemplo, en caso de la instalación de Docker/Portainer), y dos interfaces Ethernet independientes.

Es compatible con lenguajes de alto nivel (IEC 61131-3, C/C++, Matlab Simulink) y protocolos diversos como http, https, FTP, SNTP, SNMP, SMTP, SQL, MySQL, DCP, etc.

Las medidas: 99 x 92 x 46 (EPC 1502) o 63 mm (EPC 1522). ■

# Gamificación: trabajar con otros tipos de dados

Juegos de rol, juegos de mesa, dragones, fantasía y misterio. ¿Ser nerd o ser geek, cuál es la cuestión? En este artículo, un repaso acerca de las habilidades que ganó un adolescente fanatizado con los juegos de mesa y de rol, que luego desplegó en su vida adulta en entornos corporativos.

Leandro Calarge  
Gerente de Márketing  
Endress + Hauser Brasil  
<https://www.br.endress.com/>



¿Qué va a hacer el lector hoy a la noche? ¿Va a ir al cine o a ver algún evento deportivo? ¿Alguna actividad al aire libre como caminar o andar en bicicleta? Cualquiera sea la elección, difícilmente sea la misma que yo pretendo hacer: colonizar Marte. Sí, ¡eso mismo!

Voy a jugar uno de mis juegos favoritos: Terraforming Mars. En nuestro papel de corporaciones futuristas, nosotros, los jugadores, administraremos nuestros recursos financieros para determinar quién, luego de un largo proceso que puede llevar horas, tendrá éxito y será más eficiente a la hora de colonizar Marte. En el camino, deberemos lidiar con un montón de cosas diferentes: nivel de temperatura del planeta, nivel de oxígeno en la atmósfera, cantidad de océanos descubiertos. De hecho, la lista es inmensa, y todos esos detalles, además de estar en un tablero, están distribuidos en 443 cartas, y eso sin contar ninguna de las expansiones del juego disponibles en el mercado. No se puede negar, es un planeta entero.

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/gamifica%25C3%25A7%25C3%25A3o-trabalhando-com-outros-tipos-de-dados-leandro-calarge/>

## ¿Listos para colonizar Marte? Elon Musk no está solo

Jugar juegos de mesa es uno de mis hobbies predilectos hace ya bastante tiempo, no solo para mí, también para millones de personas. Es un mercado que se asentó en los últimos años, tanto en Brasil como en el resto del mundo. Cada mes, centenas de lanzamientos los demuestran, cada uno con un tema y mecánicas diferentes. Hay para todos los gustos, incluido el suyo.

Y cuando hablo sobre esto, puedo estar abordando cualquier tema: usted puede ambientarse en una disputa territorial maya jugando Tikal, o puede administrar sus dados para juntar puntos durante la construcción de una catedral medieval en Troyes, o negociar los mejores contratos de eficiencia en la generación y distribución de energía eléctrica en Power Grid, o administrar un viñedo en Viticulture, construir palacios en Alhambra. La lista es realmente infinita, si usted quiere, puede echar un vistazo a [www.ludope-dia.com.br](http://www.ludope-dia.com.br), para tener idea de lo que estoy hablando.

A nivel personal, mis amigos y yo siempre nos asumimos nerds de marca mayor. Pasamos gran parte de nuestra juventud perfeccionando nuestras habilidades y conocimientos sobre juegos específicos. En otras palabras, éramos "viciados".

Lo bueno es que, desde las últimas décadas, los nerds "bichos raros" fueron siendo cada vez más normales, y hoy la llamada "cultura geek" se convirtió en una vertiente cultural importante y lucrativa. Tal vez, la culpa es de los superhéroes y sus colosales sagas cinematográficas, en donde se encuentran historias de éxito atribuidas al "universo Nerd". Si antes todo esto era considerado un "conocimiento inútil", hoy existe quien valoriza tales habilidades. Los juegos de mesa son apenas una pequeña parte de ese gran mundo, hoy también conocido como geek, en donde también habitan los juegos de rol, la literatura

fantástica, los videojuegos, los cómics, y muchos más.

*Si antes todo esto era considerado un "conocimiento inútil", hoy existe quien valoriza tales habilidades.*

## El juego de rol y la interpretación de papeles

En líneas generales, el juego de rol es un juego de interpretación de papeles en donde los jugadores asumen el control de uno o más personajes dentro de un contexto (mundo, universo, etc.) regulado por un Maestro, que controla la narrativa de la historia. Al contrario de lo que muchos que no han jugado este tipo de juegos piensa, no es el objetivo del Maestro derrotar a los jugadores (aunque algunos hagan de eso una filosofía de vida). El único objetivo real es la diversión.

El juego de rol, también al contrario del sentido común de quienes nunca llegarán a jugarlo efectivamente, no está restringido a un mundo de fantasía medieval. En verdad, no está restringido a nada. El escenario (realidad sobre la que se despliega la narrativa) y el sistema de juego (conjunto de reglas y directivas para realizar el juego) se pueden escoger de una lista que hoy es prácticamente innumerable, es decir, ambos se pueden crear con cualquier contexto.

Lo cierto es que películas, series, imágenes, acontecimientos históricos, absolutamente todo lo que se quiera imaginar puede servir para crear una narrativa. ¿Sabe por qué? ¡El objetivo es siempre la diversión! ¿Y si el objetivo fuera, por ejemplo, el aprendizaje?

Mi contacto con el juego de rol de dio cuando era preadolescente. Mis amigos y yo podíamos



ser considerados "bastante empeñados" a los videojuegos (Super Nintendo) y a un juego específico de mesa llamado Hero Quest. Frecuentemente, nuestra rutina variaba entre días enteros dedicados a ambos. En esa época fuimos introducidos en los juegos de rol a través de la revista Dragão Brasil y al escenario creado por un grupo de tres personas conocido como "Trio Tormenta" (Rogério Saladino, J.M. Trevisan y Marcelo Cassaro).

Vale destacar la gran importancia de esos personajes y de sus diversas creaciones, pues el juego de rol clásico (D&D, AD&D) no era exactamente accesible a todos (precio, disponibilidad, lenguaje), de modo que el Trío tradujo la idea principal para una realidad más próxima a nosotros en Brasil, posibilitando que el juego de rol se convirtiera en una diversión viable, con pocos recursos: un libro, algunos dados, personas y mucha creatividad.

Después de conocer el juego de rol, nuestras cabezas simplemente explotaron. Si los juegos de mesa y los videojuegos ofrecían límites bien definidos, el juego de rol, en total contrapunto, nos daba la posibilidad de explorar esos límites de forma casi ilimitada, incluso porque era barato y se amoldaba a nuestros gustos e intereses. ¡Era mágico!

¿Sabe qué era mágico también, aunque fue más claro después? El perfil clásico del adolescente no tan popular de la escuela, introspectivo y con dificultades para relacionarse con otros. Entre amigos, un contexto con personajes y una historia era todo lo que necesitábamos para interactuar y dejar cualquier bloqueo juvenil de lado.

*Entre amigos, un contexto con personajes y una historia era todo lo que necesitábamos para interactuar y dejar cualquier bloqueo juvenil de lado.*

## Los juegos de mesa modernos

Los años fueron pasando y la moneda necesaria para invertir en esas actividades fue escaseando. Además, la distancia hizo que naturalmente los miembros del grupo se separasen físicamente y las aventuras llegasen a su fin.

A pesar de todo, el desarrollo que esos momentos me proporcionaron lo entendí cuando ingresé al mundo corporativo. En aquel momento, no había espacio para hablar sobre los juegos de rol. Incluso hoy existe un cierto preconceito en relación a ese hobby. Hace quince años atrás era peor todavía, o por lo menos así veía las cosas yo, interpretando el papel de un interno que busca tener un lugar en ese mundo.

Naturalmente, me alejé de ese mundo que tanto había contribuido a mi desarrollo, aunque nunca dejé morir por completo ese vínculo. De alguna forma, siempre procuré estar al tanto de lo que pasaba. Considerando que hoy está de moda hablar sobre el multiverso, tiene todo el sentido afirmar que, en cierta forma, el juego de rol fue mi multiverso durante buena parte de mi trayectoria.

Cierto día, en búsqueda de novedades, me detuve en unos juegos de cartas y tableros asociados con el juego de rol: Pathfinder y El Señor de los Anillos Card Game. Aquello era muy atractivo, pues sonaba como el viejo juego de rol en una cápsula que se podía jugar en menos tiempo y con menos personas (dos jugadores, por ejemplo). Había llegado a lo que luego se conocería como juegos de mesa modernos.

Además de estar asociados con los juegos de rol, estos juegos atendían otra demanda: las fallas existentes de los juegos electrónicos actuales. Que no se me malentienda. Los videojuegos de hoy son maravillosos y ofrecen mucho más de lo que siempre soñé, pero en mi opinión, son demasiado "online", además del hecho de que las computadoras son una herramienta de trabajo diaria para la mayoría de los trabajadores y que

es demasiado pedir que en el tiempo libre sigan estando frente a una pantalla. Me di cuenta de que la experiencia de los juegos versaba más en las posibilidades de interacción online que en las posibilidades de juegos offline, donde uno puede jugar al lado de otra persona y en el sofá de su casa. Pero los juegos de mesa ofrecían exactamente lo contrario: algo offline, apreciado por todos los que participan de la experiencia, en donde si no se quisieran respetar las reglas, nada pasaría.

Rápidamente me obsesioné con los nuevos juegos de mesa, y varios amigos compraron la idea, al final de cuentas, no eran más que un pretexto para la única cosa que realmente importa: la diversión.

## El portal para el mundo corporativo

Así estaba yo: un jugador semirretirado de juegos de rol y ávido de juegos de mesa, trabajando en marketing. Aunque algunas experiencias y el contacto con algunas personas me hicieron buscar el pasadizo secreto dentro del castillo.

Yo ya había participado de experiencias profesionales que implicaban la interpretación de papeles y gamificación y, aunque algunas habían sido excelentes, tenía la sensación de que podrían haber sido mejores. Entonces, inspirado por los li-

bros de juegos de Ian Livingstone, decidí intentar.

Después de meses de trabajo arduo, cree un Playbook dentro de un PowerPoint, que funcionaría como un libro juego, en donde las elecciones traerían consecuencias o, en otras palabras, donde tu viaje se llevaría a cabo en un mismo archivo, cliqueando links y tomando decisiones. El juego trataba del contexto de oferta de valor y de la importancia en la negociación de que ciertos elementos fueran elegidos en el momento adecuado.

Había compartido con pocas personas la idea que venía trabajando, y presentaría un modelo para un grupo de más de cincuenta personas en un evento. Todo tenía que salir bien. Afortunadamente así fue.

Las devoluciones me sorprendieron y me animaron. Surgió un viaje de experimentación y aplicación de elementos que había aprendido durante la vida mientras me divertía. Hoy en día, intento usarlos para entregar el mensaje de ejercitar una competencia o simplemente educar a las personas de una forma diferente y atractiva.

Mi colega Thiago Gomides y yo creamos una serie de experiencias para un evento totalmente digital, de dos días, en el contexto del lanzamiento de un producto. Al lado mío, otro colega, Arthur Rodrigues, montó un juego de cartas con el objetivo de fortalecer competencias técnicas en relación a una línea de productos. Me valí de ele-



mentos de Criptogramas para lograr atención y colaboración durante las presentaciones. Ejercité el juego de rol en las reuniones. Ayudé a colegas a crear experiencias diferentes para diversos contextos.

*Mi colega Thiago Gomides y yo creamos una serie de experiencias para un evento totalmente digital, de dos días, en el contexto del lanzamiento de un producto.*

## Finalmente, los dos mundos se encontraron

Estoy convencido de que el mundo de los juegos o gamificación es tan grande como la Tierra Media de Tolkien, y eso me motiva para buscar cada vez más elementos que puedan ser utilizados para crear experiencias y diseminar el conocimiento. Si todo juego necesita un maestro, o al menos alguien que esté capacitado para enseñar las reglas, yo puedo ocupar ese lugar, aunque sea de vez en cuando, pues el maestro también es un jugador.

Aquellos que ya jugaron algún juego de rol saben que, además de los tesoros y objetos mágicos, la aventura siempre recompensa a los jugadores con experiencia. Esa es una palabra fuerte que veo utilizada de diversas formas: User Experience y Customer Experience son algunos de los ejemplos más comunes hoy en día. El significado de la experiencia, cualquiera sea, sigue siendo el mismo: el acto de experimentar o el conocimiento adquirido durante la práctica de algo.

## Experiencia: fundamental siempre

Desde mi punto de vista es esto (la experiencia) lo que nos mantiene vivos, de cierta forma. Es la magia que existe en la mirada de alguien que descubre algo por primera vez o en la emoción de quien vive algo impactante por primera vez. La experiencia es mágica.

En este contexto, invito a leer un texto de R. A. Salvatore, escritor de literatura fantástica, y las palabras de Drizzt Do'Urden, uno de sus personajes más famosos. El fragmento forma parte de una trilogía en el universo de Forgotten Realms llamado Los ríos de plata (Devir, 2005).

"Rezo para que nunca se acaben los dragones del mundo. Digo esto con toda la sinceridad, aunque participe de la muerte de una de las grandes serpientes. El dragón es el enemigo quintaesencial, el mayor de los adversarios, el epítome invencible. El dragón, por encima de todas las criaturas, incluso demonios o diablos, evoca imágenes de esplendor sombrío, de la gran fiera enroscada y dormida sobre el mayor de los tesoros.

Son la última prueba del héroe y el mayor miedo de los chicos. Son más viejos que los elfos y más terrenales que los enanos. Los grandes dragones representan la bestia sobrenatural, el elemento fundamental de la bestia, la parte más sombría de nuestra imaginación".

Mi propia creencia es, con mucho, la más simple y, sin embargo, la más complicada. Creo que los dragones aparecieron en el mundo inmediatamente después de la creación de la primera raza pensante. No le doy crédito a ningún dios o mago por esta creación, sino a la imaginación más básica, tejida a partir de miedos invisibles, de estos primeros mortales racionales.

Hay tanta gente en la tierra que quiere una respuesta, una respuesta definitiva; para todo en la vida e incluso para todo lo que pueda haber después de la vida. Estudian y prueban, y debido a que estos pocos encuentran las respuestas a al-



gunas preguntas simples, asumen que debe haber respuestas para cada pregunta.

¿Cómo era el mundo antes de que existieran las personas? ¿No existía nada? ¿No existía nada más que oscuridad antes del sol y las estrellas? ¿Existió algo? ¿Qué éramos, cada uno de nosotros, antes de nacer? ¿Y qué, lo más importante de todo, seremos después de morir? Por compasión, espero que estos interrogadores nunca encuentren lo que están buscando.

*Aquellos que ya jugaron algún juego de rol saben que, además de los tesoros y objetos mágicos, la aventura siempre recompensa a los jugadores con experiencia.*

*Esa es una palabra fuerte que veo utilizada de diversas formas: User Experience y Customer Experience son algunos de los ejemplos más comunes hoy en día.*

Un profeta autoproclamado se presentó en Dezburgo negando la posibilidad de una vida después de la muerte, afirmando que las personas que murieron y fueron resucitadas por los clérigos en realidad nunca habían muerto y que sus

afirmaciones de experiencias en el más allá eran un elaborado truco de su propio corazón, una treta para facilitar el camino hacia la nada. Porque eso es todo lo que había, dijo, un vacío, una nada.

Nunca en mi vida había oído hablar de alguien que suplicara tan desesperadamente que se le demostrara que estaba equivocado. Porque ¿qué nos quedará si no queda misterio? ¿Qué esperanza podemos encontrar si sabemos todas las respuestas? ¿Qué hay dentro de nosotros, entonces, que tan desesperadamente quiere negar la magia y desentrañar el misterio?

Miedo, presumo, basado en las muchas incertezas de la vida, y la mayor incerteza de todas: la muerte. Haga esos miedos de lado, digo, y viva libre de ellos, pues si miramos hacia atrás y observamos la verdad del mundo, descubriremos que, de hecho, hay magia a nuestro alrededor, inexplicable a través de números y fórmulas. ¿O qué es, si no magia, la pasión que evoca el discurso de un comandante antes de la batalla? ¿O qué es, si no magia, la paz que encuentra un bebé en los brazos de sus padres? ¿O qué es el amor, si no magia? ■



# El concepto de automóvil definido por software

Ricardo Berizzo  
Cátedra Movilidad Eléctrica  
UTN Rosario  
rberizzo@gmail.com

## Breve historia

Los sistemas de control de emisiones fueron requeridos en todos los modelos producidos para la venta en el estado de California (Estados Unidos) a partir de 1966, y se implementaron luego en los demás estados del mismo país para los modelos fabricados a partir de 1968. Seguramente quienes legislaron tal norma no pensaron, ni por un momento, la profunda revolución tecnológica que estaban produciendo en la industria automotriz.

La empresa Bosch introdujo la primera sonda lambda automotriz en 1976, y fue utilizada por primera vez por Volvo y Saab ese mismo año. La sonda lambda es un sensor que mide la concentración de oxígeno y se utiliza para comprobar la calidad de la combustión y, por lo tanto, el nivel de contaminación que esta genera.

*El desarrollo del control del vehículo por parte de la ECU fue imparable.*

Los datos obtenidos por la sonda se deben procesar en tiempo real, por lo que se envía el resultado en forma de señal eléctrica analógica a una "centralita" electrónica, la cual a partir de esta información, junto con otros parámetros, enviará

### Acerca del autor

Ricardo Berizzo es ingeniero eléctrico, egresado de la regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional. Actualmente, ocupa en la misma institución el lugar de docente en la cátedra de Movilidad Eléctrica.

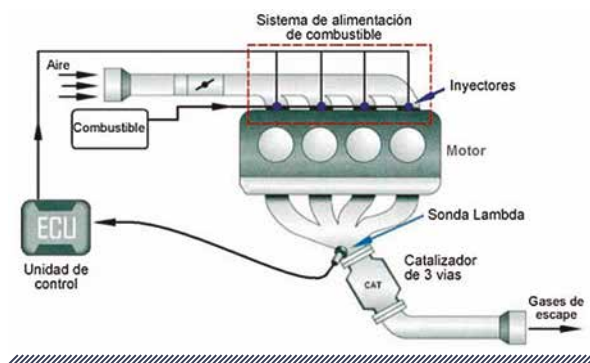


Figura 1. Sonda lambda

una señal de control para alterar la mezcla combustible/oxígeno.

Esa “centralita” de control, que pasó a llamarse “unidad de control de motor” o “ECU”, por sus siglas en inglés, es una unidad de control electrónico capaz de llevar a cabo los cálculos necesarios antes mencionados.

A partir de ese momento, el desarrollo del control del vehículo por parte de la ECU fue imparable.

Debido al aumento de nuevas funciones y sistemas electrónicos en los nuevos vehículos, estamos hablando, ya no de una ECU, sino de diversas ECU encargadas, cada una de ellas, de una función específica. Todas estas unidades están centralizadas y comunicadas mediante un bus de datos o BusCan, que es un protocolo de comunicación basado en un bus serie e ideado por la empresa alemana Bosch para el intercambio de información de las distintas unidades centrales o ECU, reduciendo el cableado.

Hoy en día, las ECU programables se pueden modificar como consecuencia del cambio de algún componente del vehículo, y se deben programar nuevamente para configurar correctamente el comportamiento y rendimiento adecuado del automóvil. Estas unidades utilizan ECU con sistemas OBD-II, que se pueden programar mediante puertos OBD de manera externa, y se pueden modificar mediante el uso de una notebook conectada al vehículo, en donde se podrán visualizar todas las características de funcionamiento.

El vehículo convencional con motor de combustión interna (MCI) es un sistema complejo que está integrado por entidades interdependientes que interactúan dentro de una estructura o red y que siguen reglas fijas. El vehículo actual es un sistema tecnológico que, mediante microprocesadores, procesa información. Si bien es cierto que todavía utiliza un motor de combustión, las funciones esenciales de este sistema dependen de sistemas electrónicos avanzados. La naturale-

za profunda de los vehículos se transforma cuando se integran microprocesadores que tienen la capacidad de procesar información del entorno, mediante sensores, para responder o para adaptarse a las condiciones variables del ambiente. La sustitución de sistemas mecánicos e hidráulicos por componentes eléctrico-electrónicos (E/E) se describe con el término genérico "X-by-wire".

Se identifica el reemplazo de cada vez más funciones vinculadas con la aceleración, frenado, cambio de velocidades, suspensión, integración encendido/alternador, control variable de válvulas, convertidor catalítico, dispositivos eléctricos, así como con otros accesorios eléctricos, sistema de seguridad, etc.

*La naturaleza profunda de los vehículos se transforma cuando se integran microprocesadores que tienen la capacidad de procesar información del entorno*

## El software es determinante

Con toda certeza, tienen vigencia las palabras de Manfred Broy, profesor emérito de Informática en la Universidad Técnica de Munich (Alemania) y

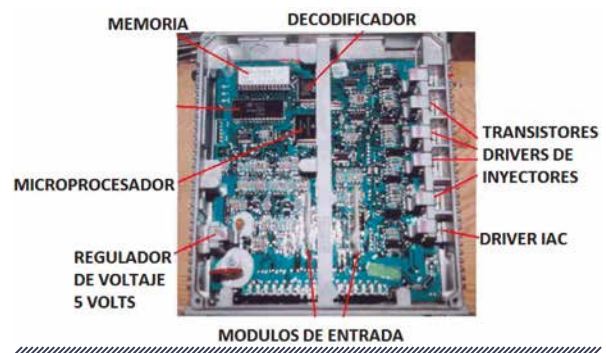


Figura 2. ECU, una unidad de control de motor



un destacado experto en software para automóviles cuando dice: "Una vez, el software era parte del automóvil. Ahora, el software determina el valor de un automóvil. El éxito de un automóvil depende de su software mucho más que del aspecto mecánico".

*Incluso los vehículos de baja gama se están acercando rápidamente a cien ECU y 100 millones de líneas de código*

A modo de ejemplo, podemos decir que hace diez años solo los automóviles premium contenían cien ECU basadas en microprocesadores conectados en red a lo largo de la carrocería de un automóvil, ejecutando cien millones de líneas de código o más. Hoy en día, los automóviles de alta gama como la serie 7 de BMW, con tecnología avanzada como los sistemas de asistencia al conductor, pueden contener 150 ECU o más, mientras que las camionetas pick-up como la F-150 de Ford superan los 150 millones de líneas de código. Incluso los vehículos de baja gama se están acercando rápidamente a cien ECU y 100 millones de líneas de código a medida que más características que alguna vez se consideraron opciones de lujo, como el control de crucero adaptativo y el frenado automático de emergencia, se están convirtiendo en estándar. Cada aumento en la funcionalidad, implica sensores, actuadores, ECU y software adicionales y, en consecuencia, esfuerzos de integración para garantizar que funcionen correctamente. Deloitte estima que el 40% o más del presupuesto de desarrollo de un vehículo, desde la idea hasta el inicio de la producción, se puede atribuir a la integración, prueba, verificación y validación de sistemas.

Es notorio que ha ocurrido una sustitución de partes mecánicas por componentes electrónicos, en formas de hardware y software. Es decir una convergencia del sector automotriz con el sector electrónico.

¿De qué manera esta convergencia ha transformado la estructura de costos de los vehículos? El valor promedio de los componentes electrónicos por vehículo en 1977 representaba el 5% del costo total de materiales y componentes de un fabricante de vehículos. Para el año 2000, el 20% del costo de un vehículo se relacionaba con los componentes electrónicos. Actualmente, en un vehículo promedio, los componentes electrónicos contribuyen con más del 40% del costo total. En los vehículos híbridos, el peso de los componentes electrónicos en la estructura de costos es incluso, esto es, entre el 40 y el 50% del costo total.

Esta incorporación "electrónica" no ha sido armónica y planeada en el tiempo por las automotrices y los proveedores, quienes son los fabricantes de equipos originales (OEM). Ello ha llevado a sistemas en que se han advertido problemas. Incluso en modelos populares altamente probados, los errores relacionados con el software se encuentran y corrigen rutinariamente después de su venta.

*Actualmente, en un vehículo promedio, los componentes electrónicos contribuyen con más del 40% del costo total.*

Por ejemplo, lo que le sucedió a General Motors con el retiro del mercado de su vehículo más vendido, la Chevy Silverado 2019, junto con sus camionetas de servicio liviano GMC Sierra y Cadillac CT6. Lo que hace que la gestión de variantes sea más desafiante, señala Whydell, es que "Casi todo el diseño y el software de la ECU se subcontrata a los proveedores, y el OEM integra las ECU para crear un sistema unificado a partir de la funcionalidad deseada". Whydell dice que los proveedores individuales a menudo no tienen una gran comprensión de cómo los OEM integran las ECU.

## Software para diseño y control

El cambio de paradigma tecnológico que implica la movilidad eléctrica significa que los vehículos eléctricos deben ser diseñados desde origen con un alto grado de sofisticación informática. Como dice el presidente de Volkswagen, Herbert Dies, "El software representará el 90% de las innovaciones futuras en el automóvil". Y así lo entendió, desde el inicio, Elon Musk cuando introdujo el concepto de "automóvil definido por software" en la forma de Tesla. La acción de subcontratar el software y la electrónica necesarios a los proveedores y luego integrarlos en los vehículos con motor de combustión interna no es viable para los vehículos eléctricos. La funcionalidad y la complejidad de las arquitecturas de ECU descentralizadas utilizadas en los vehículos MCI "Han alcanzado sus límites", dijo Tamara Snow, jefa de investigación e ingeniería avanzada del proveedor de automóviles Continental AG.

*El cambio de paradigma tecnológico que implica la movilidad eléctrica significa que los vehículos eléctricos deben ser diseñados desde origen con un alto grado de sofisticación informática.*

Se necesitan nuevas arquitecturas físicas y de software para administrar los bancos de baterías, en lugar de un motor de combustión interna y la transmisión asociada. La arquitectura contendrá solo un puñado de procesadores potentes y extremadamente rápidos que ejecutan código impulsado por microservicios, y se comunicarán internamente a través de una mayor cantidad de sensores a través de cableado más livianos, fibra óptica o incluso de forma inalámbrica, solo para empezar.

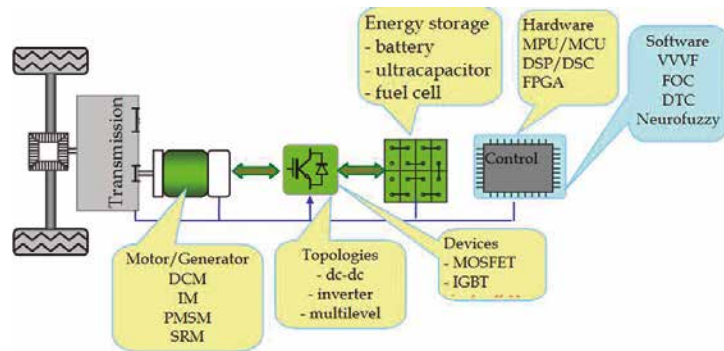


Figura 3. Sistema de un vehículo eléctrico

Estamos dentro de una transformación tecnológica, en lo referente a movilidad, de importantes dimensiones. Las start-ups llevan ya la tecnología informática en su ADN. Son los directivos de las grandes empresas automotrices tradicionales quienes deben modificar sus "cabezas" o ser reemplazados, porque si bien ya veníamos en un vertiginoso incremento de la tecnología aplicada a los vehículos con motor de combustión interna, la introducción de los vehículos eléctricos y eléctricos autónomos lleva a un límite inimaginable.

Lo ejemplifica muy bien Peter Mertens, exdirector de I + D de Audi AG, quien declaró en una entrevista reciente con CleanTechnica: "La industria automotriz alemana delega sus nuevos productos más críticos, que determinarán si sobreviven como empresas con su estructura existente, a la responsabilidad de los gerentes que tienen menos experiencia y conocimiento sobre su parte más crítica, el software".

# Datos de producción más eficientes: informática en la planta

La computación de borde (*edge computing*) y el borde industrial (*industrial edge*) mejoran los procesos mediante el uso de datos de la máquina en tiempo real.

Siemens  
[www.siemens.com.ar](http://www.siemens.com.ar)



Los datos son el futuro de la industria, eso queda claro con los rápidos desarrollos en el Internet de las Cosas (IoT) en los últimos años. Es la clave para una mayor productividad, una mayor eficiencia, un mejor uso de los recursos y mucho más. Los sistemas de automatización industrial del futuro deberán ser ágiles y rápidos de adaptar para cumplir con los requisitos de ciclos de desarrollo de productos y tiempo de comercialización más rápidos.

*La computación de borde ayudará a las empresas de fabricación a conectar los sistemas de automatización a la fábrica digital de manera aún más efectiva.*

La computación de borde ayudará a las empresas de fabricación a conectar los sistemas de automatización a la fábrica digital de manera aún más efectiva, para transmitir cualquier dato de



proceso que se genere pero que aún no se use desde los dispositivos a las ubicaciones correctas (centrales), por ejemplo, a los sistemas de control de producción o en la nube, y hacer un mejor uso de lo que es posible hoy en día. Las empresas de investigación de mercado de tecnologías de la información (TI) también consideran que la tecnología de computación de borde es necesaria para superar muchos de los desafíos de la Industria 4.0.

*Es esencial utilizar soluciones de computación de borde y procesar los datos más cerca de donde se generan.*

Debido a los enormes volúmenes de datos y la velocidad con la que se generan, pero también debido a la necesidad de información en tiempo real y las restricciones actuales de la red, es esencial utilizar soluciones de computación de borde y procesar los datos más cerca de donde se generan. Una característica clave de *industrial edge* es el procesamiento y análisis de datos locales utilizando dispositivos de borde a nivel de producción o directamente integrados en la plataforma de automatización. Esto se puede lograr utilizando paneles con capacidad de borde, por ejemplo, con aplicaciones que amplían las funciones del panel (Simatic HMI Comfort Unified, de Siemens). El sistema de gestión de borde sirve como una infraestructura central para administrar cientos de dispositivos de borde de todo tipo, en toda la fábrica e incluso en todo el mundo.

*El sistema se puede instalar dentro de la propia infraestructura de TI de la empresa.*

El sistema se puede instalar dentro de la propia infraestructura de TI de la empresa, que es la solución preferida por los usuarios que priorizan la seguridad y el control de los datos, o en infraestructuras de nube privada o pública. El software

de la aplicación y las actualizaciones, como las actualizaciones de firmware críticas para la seguridad, se pueden implementar de forma centralizada y remota en los dispositivos conectados en borde.

La amplia gestión de usuarios ayuda a los administradores a garantizar una alta disponibilidad del sistema y del software para la implementación planificada y una asignación de derechos finamente diferenciada.

En resumen, algunos beneficios de la aplicación de un sistema de borde son los siguiente:

- » Integra eficientemente las funciones de TI y procesamiento de datos en los sistemas de automatización.
- » Permite la automatización de los procesos de TI para que el software esté disponible de manera escalable y permita su uso en la producción.
- » Aplicaciones perimetrales para el procesamiento, el análisis y el uso compartido de datos a nivel de máquina.
- » Mercado B2B para aplicaciones y servicios de Siemens y proveedores externos.
- » Junto con los sistemas en la nube, sienta las bases para nuevos modelos de negocio en ingeniería mecánica gracias al uso de aplicaciones para el análisis global de datos de máquinas. ■■

# Resolver los problemas de campo y sintonizar lazos óptimamente

Estrategias para resolver problemas de campo y mejorar los lazos de control ofrecerán un retorno de la inversión mayor.

Ings. Sergio Szklanny y Guido Di Ciancia  
SVS Consultores  
[www.svsconsultores.com.ar](http://www.svsconsultores.com.ar)

Mantener una variable lo más cercanamente posible a su valor deseado en un proceso productivo es una necesidad, pero no siempre tarea sencilla. Las estadísticas indican que más del 80% de los lazos de control de una planta pueden funcionar mejor de lo que lo hacen. Mejorarlos significa, en la mayoría de los casos, un aumento significativo de productividad con alto retorno de la inversión (ROI). La inversión es, mayoritariamente, en conocimientos y dedicación.

Para lograr la mejora mencionada se requiere:

- » Un buen conocimiento del proceso que se desea controlar.
- » Un buen diseño inicial (imprescindible) de los elementos de medición y transmisión; de las estrategias de control (y su implementación en los sistemas industriales), y de los elementos finales de control (válvulas de control, variadores de velocidad).
- » Un buen mantenimiento de los elementos mencionados.
- » Un mantenimiento periódico de la sintonía de los lazos de control.

## Los elementos de campo

Los elementos de campo requieren de calibraciones periódicas. Esta es una condición necesaria, pero no suficiente para garantizar su buen funcionamiento.

*Los elementos de campo requieren de calibraciones periódicas. Esta es una condición necesaria, pero no suficiente para garantizar su buen funcionamiento.*

Los siguientes son aspectos que pueden afectar el buen comportamiento de los lazos de control:

- » Aspectos de instalación (flojedades, errores de cableado, no responder a recomendaciones de montaje, etc.).
- » Cambios en los procesos. (Los equipos productivos pueden ser siempre los mismos, pero estos “envejecen”, al igual que los instrumentos, y cambian su comportamiento).
- » Cambios de características de insumos y productos.
- » Cambios en las condiciones de proceso.

Revisar los aspectos mencionados y mantener periódicamente los elementos de campo son condiciones necesarias para el buen funcionamiento del conjunto.

## Los sistemas de control y el ajuste óptimo de controladores

En los sistemas de control, los parámetros de sintonía del controlador (controladores proporcionales, integrales, derivativos (PID) o alguna de sus variantes) se deben ajustar óptimamente cuando la planta se pone en marcha.

A lo largo del tiempo, los cambios en el comportamiento de equipos y elementos de campo mencionados hacen que, en la mayoría de los casos, los parámetros dejen de ser los óptimos, lo cual hace que se requiera seguimiento continuo y mantenimiento periódico de la sintonía de los lazos de control.

## El conocimiento

Ambos aspectos, es decir, buen funcionamiento de los elementos de campo y sintonía óptima de los lazos de control, requieren de un factor esencial: el conocimiento de los siguientes aspectos:

- » Procesos.

- » Principios de funcionamiento de los elementos de campo.
- » Problemas que pueden aparecer en los elementos de campo, cómo detectarlos y cómo corregirlos.
- » Sistemas y sus posibilidades, a fin de realizar un ajuste óptimo del lazo.
- » Forma de respuesta en función del modo de control implementado y la dinámica del proceso.
- » Alternativas sencillas que brinda la teoría de control automático a fin de sintonizar óptimamente los lazos y/o implementar estrategias más complejas que el lazo simple.
- » Estrategias de control de los distintos equipos y procesos (tema que bien puede ser retomado en otro artículo).

## Conclusión

Es posible mejorar la productividad (2 a 5%) de una planta con un muy buen ROI si se contemplan los aspectos mencionados asociados a elementos de campo, sistemas de control, ajuste óptimo de control y conocimiento.

## Para agendar

SVS Consultores estará al frente de cursos que ofrecerá AADECA sobre los temas tratados en este escrito. El primero, “Ajuste óptimo de los lazos de control”, se dictará entre el 10 y el 12 de agosto, junto con Rockwell; mientras que el segundo, “Resolución de fallas en instalaciones de campo”, se desarrollará los días 5, 6, 8 y 9 de septiembre, junto con CV Control. ■■



# Sistemas multirrobot: etapas de diseño, aplicaciones y problemas abiertos

La rápida expansión de robots autónomos a nuestro alrededor, no solo ha planteado la posibilidad de mejorar su desempeño, sino también de ampliar sus alcances, mediante la comunicación y colaboración entre múltiples robots. En este contexto, surgen los llamados “sistemas multirrobots” (SMR), los cuales presentan muchas características interesantes como la heterogeneidad de acciones disponibles, la tolerancia ante fallos y una mayor eficiencia. En este trabajo se realiza una revisión de los principales trabajos en la materia, abordando las distintas etapas de diseño y subtarear requeridas para la ejecución de un multirrobot, como así también las aplicaciones más relevantes y los tests de desempeño asociados. Junto a ello, se identifican las líneas de investigación vigentes y los principales problemas abiertos como potenciales campos de trabajo.

**Juan Luis Rosendo,  
Fernando Valenciaga y Fabricio Garelli**  
Grupo de Control Aplicado  
LEICI, Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de La Plata  
<https://leici.ing.unlp.edu.ar/>

Los robots autónomos han ganado un espacio de aplicación tanto en el sector industrial como en nuestros hogares. Modelos comerciales para aplicaciones de almacenamiento y transporte, exploración, cartografía, agricultura de precisión, tareas domésticas, entre otras, ya se encuentran disponibles y auguran una creciente expansión del uso de estos dispositivos. Tomando esto en cuenta, resulta natural asumir que al aumentar el número de robots autónomos a nuestro alrededor, estos comenzarán a comunicarse y completar sus actividades en forma colaborativa.

La comunicación entre distintos robots autónomos ha dado lugar a los sistemas multirrobot (SMR). Estos sistemas posibilitan alcanzar objetivos globales que los robots individuales no podrían realizar. En estos sistemas, la posibilidad de reasignar tareas dinámicamente incrementa la flexibilidad de adaptación ante distintos escenarios. Asimismo, la multiplicidad de robots asegura una mejor tolerancia a fallos y una mayor eficiencia en la ejecución de tareas. Sin embargo la utilización y el control de los SMR tiene una complejidad inherente mayor que la de un robot individual: división de tareas, utilización de información distribuida, supervisión global, co-

#### Contactos

El artículo acá presentado fue elaborado en consideración de una amplia bibliografía sobre el tema. Para mayores detalles, el y la interesada pueden contactar directamente a los autores.

Juan Luis Rosendo, [juanluis.rosendo@ing.unlp.edu.ar](mailto:juanluis.rosendo@ing.unlp.edu.ar)

Fernando Valenciaga, [fval@ing.unlp.edu.ar](mailto:fval@ing.unlp.edu.ar)

Fabricio Garelli, [fabricio@ing.unlp.edu.ar](mailto:fabricio@ing.unlp.edu.ar)

#### Nota del editor.

El artículo aquí publicado, parcialmente financiado por la Universidad Nacional de La Plata (I216,I253,I258) y CONICET (PIP0837), fue presentado originalmente como trabajo de investigación en el Congreso Argentino de Control Automático celebrado en 2020, en el marco de la Semana de Control Automático llevada adelante por AADECA.

municación entre robots, etc. son solo algunos de los problemas para abordar.

Los multirroboots son un caso particular de los llamados sistemas de múltiples agentes (MAS, por sus siglas en inglés), donde los agentes están restringidos a sistemas robóticos físicos. (En este trabajo, utilizaremos indistintamente los términos "agente" y "robot"). Los múltiples agentes se caracterizan por agentes que interactúan con objetivos comunes o en conflicto, trabajando con información descentralizada e incompleta, en forma asíncrona y bajo un control descentralizado. Debido a su estrecha relación es que gran parte de la investigación llevada adelante para los múltiples agentes ha sido extendida a los multirroboots.

Este trabajo pretende servir de breve introducción al campo de los SMR. Se espera que el lector obtenga un panorama general de estos sistemas, sus desarrollos actuales y sus potenciales aplicaciones. La principal diferencia entre este trabajo y otros trabajos de revisión previos radica, además de su carácter introductorio, en su enfoque abarcativo de las distintas etapas y áreas de diseño en la ejecución de los multirroboots y en la clasificación de los trabajos por tipo de aplicación y test de desempeño.

El trabajo se organiza y presenta de la siguiente manera. La sección siguiente presenta una descripción de la estructura y etapas de trabajo de los multirroboots. Luego, se ofrece un análisis de las tareas colaborativas y aplicaciones más relevantes; a continuación, las principales líneas de investigación actuales y problemas abiertos. Finalmente, las conclusiones.

*La multiplicidad de robots asegura una mejor tolerancia a fallos y una mayor eficiencia en la ejecución de tareas*

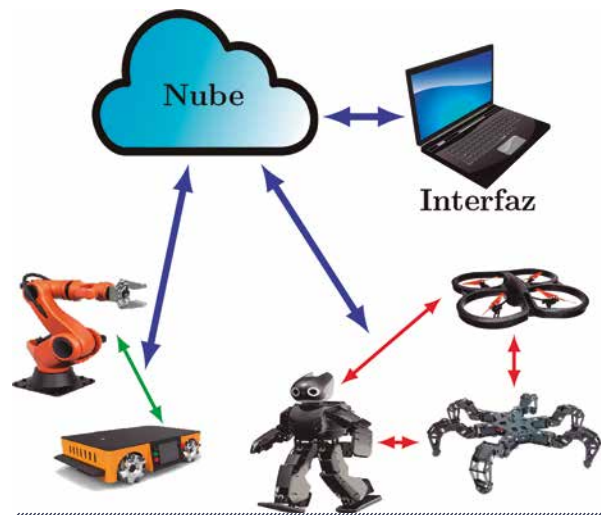


Figura 1. Estructura típica de un multirrobot

## Estructura y esquema de trabajo en multirroboots

Dentro de la bibliografía especializada, existen varios artículos que abordan un estudio genérico y la taxonomía de los multirroboots y sus aplicaciones. Los criterios empleados para este propósito se vinculan con el grado de diversidad y nivel de comunicación de los agentes, con la diversidad de actuadores/sensores de cada agente, el tipo de interacción y los tipos de tareas realizadas. En este trabajo, se realiza una reelaboración, combinación y síntesis de los conceptos encontrados en contribuciones previas.

### Estructura de un multirrobot

Los sistemas multirrobot genéricos estructuran sus componentes en una forma jerárquica como la que se presenta esquemáticamente en la figura 1. Habitualmente, en el nivel de mayor jerarquía se encuentran los procesos que se ejecutan en la nube o servidor. En este ámbito, se encuentra definida la tarea global y la información de todos los agentes. Estos últimos pueden, tanto

acceder a la información allí disponible, como también emplear su capacidad de cómputo para fines particulares. Al igual que los agentes, la interfaz de control se puede conectar al servidor o bien encontrarse allí mismo.

En un segundo nivel jerárquico, se encuentran los subconjuntos de robots (coaliciones o flotas), a los cuales se les asignan subtareas de la tarea global. Los integrantes de estos subconjuntos se pueden comunicar entre sí a un nivel local. Los tipos de interacción que pueden exhibir son cooperativa, competitiva o colaborativa basada en objetivos o recursos y habilidades de cada agente.

*Habitualmente, en el nivel de mayor jerarquía se encuentran los procesos que se ejecutan en la nube o servidor.*

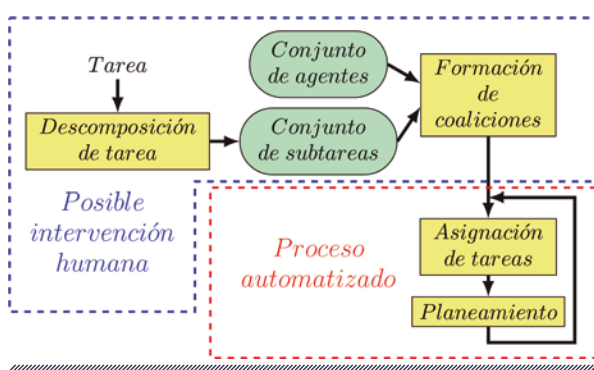


Figura 2. Etapas de trabajo en un multirrobot

El nivel de jerarquía más bajo es el que corresponde a los agentes individuales. Estos pueden acceder a sus sensores, controlar sus actuadores y conectarse tanto a la nube como a sus compañeros de flota.

En particular, en los multirrobots heterogéneos, los agentes pueden tener distintas arquitecturas cognitivas (reactiva, deliberativa o híbrida) o diferentes características físicas (robots terrestres, aéreos o marinos, por ejemplo).

» Etapas de trabajo y áreas de diseño en los multirrobots

Independientemente de las características estructurales de los multirrobots, su funcionamiento como sistema se basa en la resolución de cuatro subtareas (ver figura 2). Actualmente, los principales estudios y aportes dentro del campo de los multirrobots se realizan dentro de cada uno de estos bloques.

*El primer paso en el flujo de trabajo de los multirrobots consiste en tomar una tarea compleja (i.e. una tarea que sobrepasa las posibilidades de un robot individual) y dividirla en subtareas independientes o secuencialmente dependientes.*

» Descomposición de tareas

El primer paso en el flujo de trabajo de los multirrobots consiste en tomar una tarea compleja (i.e. una tarea que sobrepasa las posibilidades de un robot individual) y dividirla en subtareas independientes o secuencialmente dependientes. Esta división y asignación puede o no ser automatizada. Algunas propuestas dejan esta responsabilidad en manos del operador. En los enfoques automáticos se observa que la des-



composición de una tarea se asocia a la asignación de los agentes. Esto produce una realimentación continua que, en función del ambiente de trabajo dinámico, resuelve el problema de asignación iterativamente.

#### » Formación de coalición

Esta etapa divide los agentes en grupos o equipos que pueden ser cooperativos o no [20]. La formación de equipos puede realizarse de forma offline y estática, o de forma dinámica online ajustando los equipos al espacio de trabajo y las tareas que se desea desarrollar. El problema para resolver consiste en cómo seleccionar el mejor grupo de agentes para resolver una determinada tarea. En este sentido, se puede encontrar una gran cantidad de trabajos que presentan enfoques con algoritmos de búsqueda tales como *colony optimization*, *particle swarm optimization* y diversos algoritmos genéticos. Los algoritmos de búsqueda se caracterizan por ser simples, aunque su rendimiento depende de la métrica utilizada para evaluar a los agentes y de su compatibilidad. Otros enfoques utilizan métodos de subasta o de aprendizaje por refuerzo (RL, por sus siglas en inglés), donde cada agente aprende de sus vecinos en función de las interacciones realizadas.

#### » Asignación de tareas

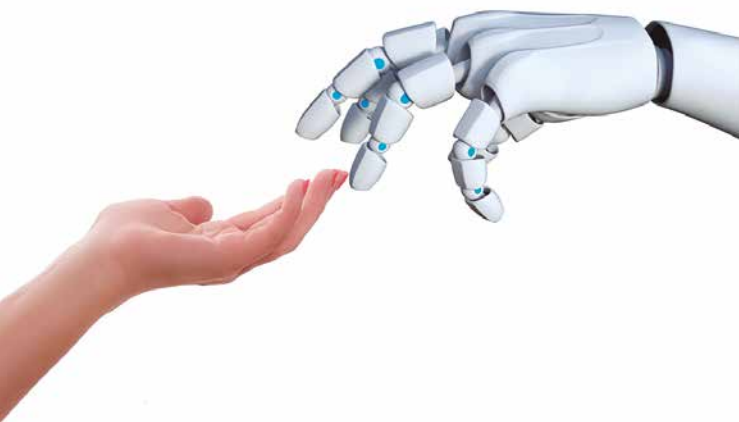
Esta etapa busca asignar a un robot o grupo de robots las diferentes sub tareas específicas definidas, y se puede implementar en forma centralizada o descentralizada. El objetivo es lograr una asignación óptima con los agentes disponibles. Es posible encontrar dentro de la bibliografía disponible varios trabajos que recopilan métodos de asignación. Estos métodos deben operar bajo restricciones espaciales, temporales, de limitación de sensores o actuadores, y a su vez deben considerar la interrelación entre las sub tareas. El tipo de algoritmo más extendido para la asignación

es el denominado “de mercado” o “de subastas”. En él, el algoritmo publica en la red del multirrobot una tarea determinada, y cada uno de los agentes ofrece su costo para realizarla (posición, energía disponible, costo, etc.). Luego, a partir de cierto criterio definido, se selecciona el más conveniente para la operación. Debe destacarse que la asignación de tareas se encuentra interrelacionada con la mejor elección de robots para su ejecución. Esta particularidad ha sido abordada en varios trabajos donde ambas tareas se realizan en simultáneo.

#### » Planeamiento distribuido

En esta etapa se determina la secuencia de acciones que debe llevar a cabo cada uno de los agentes con el propósito de completar las sub tareas asignadas. El grupo de algoritmos y modelos que realizan este tipo de determinaciones son conocidos como “algoritmos de toma de decisión” y, en general, basan sus evaluaciones en base a políticas de optimización de tiempo, espacio y complejidad. En este campo se puede encontrar una gran variedad de propuestas. Entre las más extendidas, se encuentran las siguientes:

- Inteligencia de enjambre. Inspirada en el comportamiento social de ciertos animales, este tipo de desarrollos imitan el comportamiento de varios agentes cooperativos autónomos. En particular, estos modelos se caracterizan por ser autoorganizados con una estructura descentralizada donde los agentes se comunican solo localmente.
- Modelos basados en teoría de juegos. Los agentes poseen incentivos (funciones de utilidad) y leyes de control adaptativas (reglas de aprendizaje). Estas características inducen un comportamiento colectivo deseable a través de interacciones locales que respetan la arquitectura de decisión distribuida.



- Aprendizaje por refuerzo. Permite a los agentes aprender de sus acciones mediante su recompensa o castigo. Esta política de recompensas puede ser distribuida o global al sistema.

## Aplicaciones y pruebas de desempeño

Existe un sinnúmero de aplicaciones en las que se pueden utilizar multirrobo. Estas suelen asociarse a pruebas piloto que se realizan sobre los multirrobo a fin de evaluar su coordinación y rendimiento. A continuación, se listan las pruebas de desempeño más difundidas, remarcando aplicaciones reales que comparten requerimientos similares:

- » Búsqueda de alimento y cobertura. La tarea de búsqueda consiste en que los agentes inicien la exploración del entorno de trabajo en busca de determinados objetos sin ubicación previa determinada. Una vez que estos objetos son encontrados, deben ser llevados a puntos de depósito. Uno de los principales problemas que involucra esta tarea es lograr que los robots actúen sin interferirse mutuamente cuando cubren el área designada. El

caso particular donde los agentes del sistema deben desplegarse en el ambiente de forma de cubrirlo completamente en forma cooperativa y óptima, es conocido como problema de cobertura. Casos típicos de estas aplicaciones son robots de limpieza, búsqueda y rescate, remoción de minas, remoción de nieve, trabajos de pintura, etc.

- » Observación de múltiples objetivos. En este caso, la tarea consiste en que un grupo de robots detecte y siga a un grupo de objetos móviles. Si bien el problema de detección ha sido abordado previamente por redes de sensores distribuidos, aplicaciones más ambiciosas potencian la capacidad de estas redes con la utilización de robots móviles. Los usos típicos están relacionados con tareas de vigilancia y reconocimiento.
- » Transporte de objetos. Existen típicamente dos pruebas de este tipo: a) la primera de ellas, conocida como "box pushing", consiste en empujar objetos a una determinada configuración final, usualmente en un plano. Se la asocia a tareas de almacenaje, carga y descarga de camiones, etc.; b) la segunda, si bien es similar a la anterior, considera espacios de tres dimensiones, incluyendo operaciones verticales de levantamiento y descenso de objetos. Estas aplicaciones involucran objetos de grandes dimensiones que superan la capacidad de un robot individual. Ejemplos de este tipo implican transporte y ensamblaje, construcción, etc. La dificultad de estas pruebas radica en la coordinación del movimiento y el control de formación.
- » Exploración y movimiento coordinado (flocking). En las tareas de exploración, los robots se dispersan en el entorno de trabajo con el objetivo de recolectar la mayor cantidad de información posible. En las tareas de movimiento coordinado, los robots se mueven como una manada. El foco está puesto en que los robots puedan mantener una formación. Las principales complicaciones en

este tipo de tareas es la ubicación de cada robot en el ambiente, así como la fusión de información recolectada individualmente. Estas operaciones se asocian a las aplicaciones de transporte en puertos y patios de maniobras, exploración de zonas peligrosas, agricultura de precisión, autoensamblado, etc. Un subgrupo de aplicaciones incluidas en esta categoría son aquellas que buscan la elaboración de mapas del ambiente de trabajo, buscando resolver el problema de localización y mapeo (SLAM) en forma cooperativa.

- » Competencia de equipo. En los últimos tiempos han surgido diferentes competencias que hacen foco en la implementación de multirroboots. Es habitual que en ellas se propongan diferentes combinaciones de las pruebas enumeradas anteriormente, buscando someterlos a distintas actividades con dinámicas inciertas y ambientes desconocidos u hostiles. Algunas de estas competencias buscan la coordinación de multirroboots heterogéneos en tareas de búsqueda y rescate o competencias de coordinación como el fútbol robótico.

*Existe un sinnúmero de aplicaciones en las que se pueden utilizar multirroboots.*

## Problemas abiertos

De las principales áreas de investigación y las aplicaciones presentadas, se observa que el grado de maduración en la tecnología de los multirroboots es intermedio. Aún quedan problemáticas importantes para resolver y muchas potenciales mejoras por desarrollar. A continuación, se enumera un posible conjunto de tópicos de I+D para abordar:

- » Coaliciones dinámicas. En los multirroboots en donde sus miembros no se conocen entre sí en la etapa de diseño, los robots deben formar coaliciones temporales a fin de lograr los objetivos. Un ejemplo de esta situación se puede considerar en la intersección de dos caminos con vehículos autónomos; en este caso, la formación de la coalición es continua y dura poco tiempo (lo que le lleve a cada vehículo atravesar la intersección). Este tipo de aplicación implica que los agentes involucrados reconozcan su participación en la coalición, “sepan” quiénes conforman la coalición, intercambien información, y a su vez consideren la seguridad de la red formada. Aunque este es un problema abierto, la comunicación basada en atributos es una posible solución. Esta es una variante de la comunicación publicador/suscriptor, pero donde los potenciales receptores son discriminados por los contenidos del mensaje, posibilitando la comunicación con agentes anónimos.

*Se observa que el grado de maduración en la tecnología de los multirroboots es intermedio. Aún quedan problemáticas importantes para resolver*

- » Heterogeneidad vs. escalabilidad. Una de las principales características de los multirroboots es la capacidad de tener agentes heterogéneos que le permiten adaptarse a ambientes cambiantes. Sin embargo, esa misma ventaja choca con la potencial escalabilidad del sistema. Aunque en la literatura sobre el tema se proponen varios algoritmos de control descentralizados, el balance entre heterogeneidad y escalabilidad del sistema continúa siendo un desafío abierto. Enfoques jerárquicos distribuidos donde la formación



de subgrupos permita interacciones locales fluidas y globales más reducidas puede ser una solución a esta problemática.

- » Conocimiento compartido. En distintos desarrollos de multirrobo, el modelado del entorno se forma a partir de la información recolectada y compartida por el grupo de robots. Si este modelo compartido se consulta frecuentemente, los recursos de red del sistema pueden resultar muy demandados, deteriorando críticamente el rendimiento del sistema. Otros problemas asociados a este contexto son la integración de datos heterogéneos, la garantía de consistencia en los datos y la escalabilidad. Soluciones basadas en el empleo de recursos de la nube y de almacenamiento distribuido se ven como aproximaciones parciales a la solución de este tipo de problema.
- » Interfaz hombre-robots. Las aplicaciones en donde los multirrobo no son totalmente autónomos, o bien aquellos conocidos como “human in the loop”, que implican la interacción continua del usuario con los robots, requieren que el usuario sea capaz de interactuar y acceder a la información relevante del sistema para comandarlo en forma eficiente. La conciencia de situación y la carga de trabajo en el usuario han sido las temáticas más estudiadas en relación a este punto. Recientes estudios muestran que la tendencia para las futuras interfaces es la utilización de interacciones multimodales, tecnologías inmersivas como la realidad virtual y aumentada, y algoritmos adaptativos para facilitar el trabajo de los operadores.
- » Aprendizaje automático. La aplicación de técnicas de aprendizaje automático, en especial aquellas que requieren poca o ninguna intervención humana para la sintonización del algoritmo de aprendizaje, pueden permitir a los agentes de los multirrobo lidiar en una forma más eficiente con ambientes dinámicos. Aproximaciones utilizan-

do optimización bayesiana y redes neuronales aleatorias son posibles líneas de investigación abiertas.

*Recientes estudios muestran que la tendencia para las futuras interfaces es la utilización de interacciones multimodales, tecnologías inmersivas como la realidad virtual y aumentada, y algoritmos adaptativos para facilitar el trabajo de los operadores.*

## Conclusiones

En este trabajo se revisaron las principales características de los multirrobo y las distintas etapas en su flujo de trabajo. A su vez, se presentaron las principales aplicaciones en que se ven involucrados hasta la fecha, los test o pruebas de desempeño para cada aplicación y los trabajos más relevantes asociados a ellas. La tecnología de los multirrobo se encuentra aún en fases iniciales de desarrollo. La integración de estos sistemas al concepto de IoT, la utilización de algoritmos que aprovechen los datos masivos, y los algoritmos de inteligencia artificial se presentan como las principales ideas y desafíos hacia el futuro de este tipo de sistemas. ■

# Cobots: tendencia en automatización con vacío

Ing. Horacio Villa  
Micro automatización  
[www.microautomacion.com](http://www.microautomacion.com)

El factor impulsor de los sistemas de automatización cada vez más modernos no son solo las nuevas posibilidades tecnológicas, sino los requerimientos de los clientes: exigen productos individualizados que deben estar disponibles en la cantidad deseada, en el lugar correcto y lo más rápido posible.

Las empresas se están adaptando cada vez más en red en sus fábricas, diseñando inteligentemente, orientándose hacia la eficiencia y organizándose de la manera más flexible posible dentro del marco de la Industria 4.0.

Cuando se trata de utilizar sistemas de vacío en automatización de procesos productivos, se observa una fuerte tendencia a la utilización de cobots, o robots colaborativos, en las líneas de producción y de logística. Esta tendencia en crecimiento se atribuye al alto retorno de la inversión y su bajo precio, en comparación con los robots clásicos.

*Cuando se trata de utilizar sistemas de vacío en automatización de procesos productivos, se observa una fuerte tendencia a la utilización de cobots.*

La diferencia de precios es considerable, dado que se vale de una programación que no requiere de conocimientos especializados, y la ayuda que implica a las personas son puntos importantes que hacen a este aspecto diferencial.

Otro punto importante es su flexibilidad, ya que no significa el uso del cobot una rigidez a una determinada línea de producción, por el contrario, su desplazamiento y reprogramación son ventajas asociadas a su utilización.

Los sistemas de agarre a medida del producto son el requisito para que los cobots puedan adaptarse con flexibilidad a casi cualquier tarea.

Para poder interactuar con su entorno y realizar las tareas que se les asignan, los robots ligeros, o cobots, cuentan con garras de manipulación que actúan de elemento interfaz con la pieza de trabajo que toman, y se convierten así en un elemento crucial para el sistema automatizado.

Dependiendo de su requerimiento, las variantes de pinzas o garras integradas a cobots pueden ser sistemas de planos aspirantes o sistemas de ventosas de diseño ligero. A continuación, un detalle de cada tipo.

### Sistemas de planos aspirantes

El sistema de planos aspirantes está integrado por un generador de vacío neumático de diseño liviano y capacidad de carga de hasta 35 kg, con módulos eyectores de alta eficiencia energética, lo que permite reducir los costos operativos de uso de aire comprimido para la generación de vacío. Suma también válvulas de control integradas para succión/purga (3), que permiten reducir los tiempos de ciclos; brida para el robot o cobot (4); sistema de monitoreo inteligente (5) y ventos-

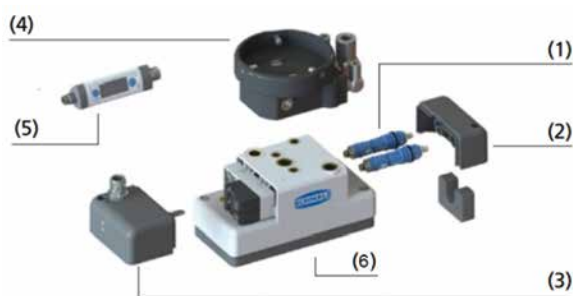


Figura 1. Sistema de agarre de planos aspirantes

1. Generador de vacío neumático | 2. Módulo eyector | 3. Válvula de control para succión/purga | 4. Brida | 5. Sistema de monitoreo | 6. Ventosas

sas, que se integran al sistema en su parte inferior (6) y pueden ser de distinto diseño o formato.

Este sistema es ideal para llevar a cabo tareas de manipulación con robots colaborativos totalmente automatizados, preferentemente para manipular piezas delicadas de la industria del vidrio o electrónica.

*Los sistemas de agarre a medida del producto son el requisito para que los cobots puedan adaptarse con flexibilidad a casi cualquier tarea.*

### Sistemas de ventosas de diseño ligero

Debido al proceso de fabricación aditiva, en el sistema de ventosas de diseño ligero, se alcanza un alto grado de flexibilidad, lo que permite adaptar y utilizar el cobot en una amplia gama de aplicaciones individuales de manipulación automatizada. Preferentemente, se utiliza en el ámbito del envase, logística, electrónica y, en general, en aplicaciones de *pick & place*.

Bien diseñados y montados, estos sistemas podrán mover, posicionar, procesar, clasificar, apilar y depositar una gran variedad de piezas y componentes en las líneas productivas o en los almacenes de logística.

### Sistemas completos

Un sistema completo generalmente está compuesto por un cobot, una brida, un generador de vacío eléctrico, una garra de vacío, el panel de operador y el software (ver figura 2).

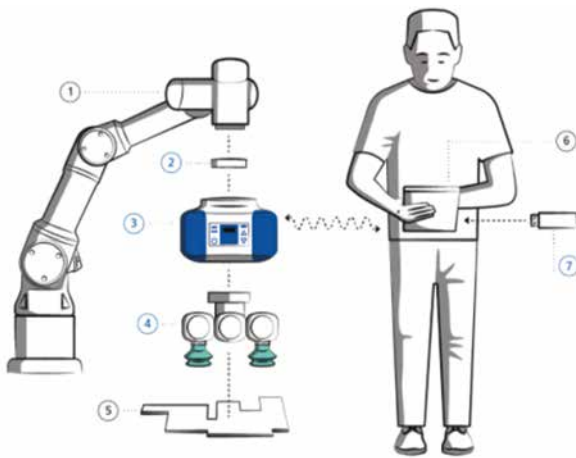


Figura 2. Sistema de ventosas de diseño ligero

1. Cobot | 2. Brida | 3. Generador de vacío eléctrico | 4. Garra de vacío | 5. Pieza de trabajo | 6. Panel de operación del cobot | 7. Software (aplicación)

Los generadores de vacío eléctricos son bombas de vacío inteligentes que hacen al sistema independiente del uso de aire comprimido como elemento generador. El vacío se genera electrónicamente a partir de una batería.

Poseen una interfaz NFC integrada para controlar y monitorear el proceso de manipulación. Esta tecnología “inteligente” permite transferir los datos desde un teléfono móvil y, debido a que el vacío se genera sin la utilización de aire comprimido y sin un tubo asociado, es liviano, fácil de transportar y flexible.

El sistema se encuentra integrado evitando, de esta forma, interferencias que pueden afectar el proceso. Son especialmente adecuados para la toma de piezas ligeramente porosas con una precisión muy alta y repetitiva.

Otros sistemas adaptados a cobots que utilizan tecnología de vacío son los denominados “plug & work”, que consisten en un juego de manipulación listo para conectar con un generador de vacío eléctrico más pequeño que el anterior, brida adaptativa al cobot y ventosa in-

dividual. Este conjunto brinda la posibilidad de manipular piezas pequeñas de hasta tres kilos y posibilita la integración con máquinas automatizadas en espacios muy reducidos.

## Las tareas de los cobots

Dentro de las tareas relacionadas a los cobots, se destacan las de carga y descarga de máquina; dado que se pueden intercambiar sus sistemas de garras, se pueden utilizar en procesos que tengan diferentes piezas de trabajo.

Se pueden incorporar, opcionalmente, cámaras patrón en los cobots para la detección de superficies planas y rectangulares (*BoxPick*) o de superficies complejas y variables (*ItemPick*) utilizando dos módulos de software.

Como ejemplo de aplicación, en las pruebas de calidad o análisis de laboratorio, la incorporación de estas cámaras patrón en los cobots posibilita indicar si la pieza probada debe enviarse para su posterior procesamiento o un eventual rechazo.

Otra aplicación de los cobots son los almacenes de logística. Allí, la configuración y los procesos conectados suelen ser predecibles en gran medida, pero dado que la estructura de las mercaderías cambia constantemente, los pedidos con frecuencia no son idénticos.

Los cobots deberán lidiar con condiciones cambiantes en forma constante, adaptándose a la toma de muchos productos diferentes en cantidades exactas y aplicables a todo tipo de industria. ■■



# Una (no tan breve) historia de los estándares NEC, ATEX e IECEx

Parte 3. Los orígenes de los estándares IECEx

Mirko Torrez Contreras  
Phoenix Contact  
[www.phoenixcontact.com.ar](http://www.phoenixcontact.com.ar)

Acerca del autor  
Mirko Torrez Contreras es un consultor y capacitador especializado en la automatización de procesos. Desde el momento que descubrió el vasto y turbulento océano de los estándares sobre protección contra explosiones, no ha dejado de zambullirse en ellos cada vez que puede. Quizás lo haga debido a que, en la vida real, sea un pésimo nadador.  
Este artículo cuenta con el auspicio de Phoenix Contact. Las opiniones expresadas en este artículo son estrictamente personales. Toda la información empleada en este artículo es de conocimiento público.

## La misma idea en un lugar distinto

Hacia el inicio del siglo XX, la economía había adquirido un carácter global, por lo que la búsqueda de un sistema de estandarización racional y universal basado en el método científico se convirtió en una necesidad. Esto quedó demostrado durante un evento similar al que inspiró la creación del Código NEC: la Feria Mundial de 1904 presentada en St. Louis (Estados Unidos).

Durante esta feria, una de las exhibiciones más visitadas fue el Palacio de la Electricidad, en cuya instalación eléctrica se usaban diversos voltajes simultáneamente, así como sistemas de distribución eléctrica de corriente continua y alterna. Estos últimos empleaban sistemas de uno, dos y tres fases en varias frecuencias, y todas estas aplicaciones utilizaban cables y conectores distintos.

El Congreso Eléctrico Internacional había agendado un encuentro anual en la Feria de St. Louis. En ese marco, se gestó la idea de crear una comisión permanente para estandarizar la incipiente industria eléctrica.

Esta fue la semilla que dio fruto en la creación de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC, por sus siglas en inglés), la cual se fundó en Londres en 1906. Su primer presidente fue una figura legendaria: William Thompson, primer barón Kelvin, más conocido como Lord Kelvin, a quien se recuerda por la determinación del valor más bajo posible de temperatura, o cero absoluto, comúnmente expresado como 0° K.

*Durante el primer encuentro se plantearon dos objetivos: la unificación, bajo un sistema racional, de todas las unidades de medición de variables eléctricas, y el desarrollo de un sistema de nomenclatura para máquinas y aparatos eléctricos.*



Figura 1. Palacio de la Electricidad, una de las exhibiciones de la Feria Mundial de 1904 en St. Louis (Estados Unidos)

Durante el primer encuentro se plantearon dos objetivos: la unificación, bajo un sistema racional, de todas las unidades de medición de variables eléctricas, y el desarrollo de un sistema de nomenclatura para máquinas y aparatos eléctricos.

Los miembros originales de IEC fueron dieciséis países: trece de Europa, Estados Unidos, Canadá y Japón. Durante el primer encuentro, se crearon dos comités independientes con el fin de llevar adelante las siguientes tareas:

- » Creación de una nomenclatura y listado de características de las máquinas y aparatos eléctricos. Esta tarea fue asignada al Comité Asesor 1 (Advisory Committee 1 o AC 1: Nomenclatura).
- » Definición de las unidades eléctricas y los estándares para equipamientos eléctricos. Esta tarea quedó a cargo del Comité Asesor 2 (Advisory Committee 2 o AC 2: Clasificación de maquinaria eléctrica).

### **La creciente importancia de la IEC**

En 1935, una reunión del Comité Asesor del IEC (AC) 1 en Scheveningen (Países Bajos), adoptó un

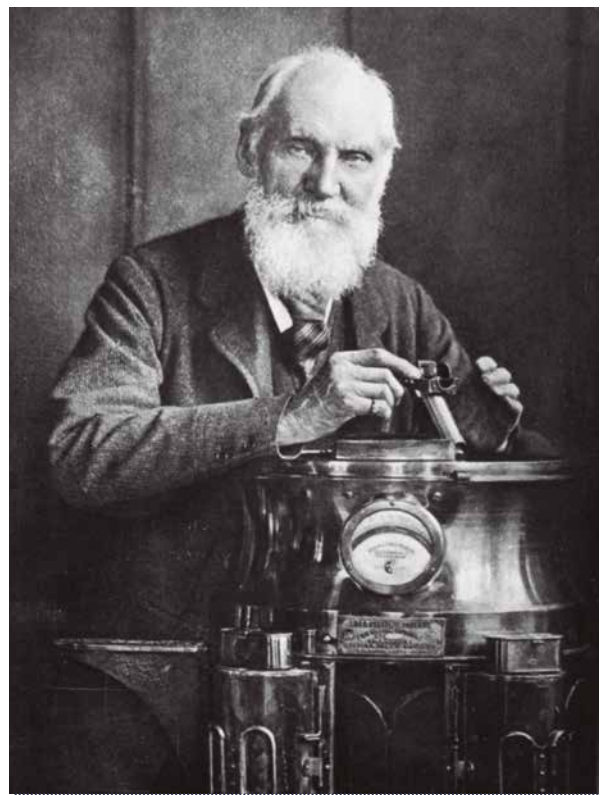


Figura 2. Lord Kelvin, primer presidente de la IEC

sistema de medición que utilizaba las tres unidades base: metro, kilogramo y segundo, más una cuarta unidad base que se elegiría en una fecha posterior. Este sistema se denominó "Sistema Giorgi" o "MKS". Posteriormente, se amplió para incluir valores eléctricos y se convirtió en el MKSA (metro, kilogramo, segundo, amperio).

El sistema Giorgi fue el predecesor directo del Sistema Internacional de Unidades (SI), que finalmente se definió en 1960.

Durante los años veinte, el alcance del trabajo del IEC experimentó una expansión significativa, incluyendo el desarrollo de estándares para artículos de consumo tales como lámparas y enchufes, aunque su principal interés fue la industria eléctrica. Entre otros temas, el IEC publicó normas para turbinas de vapor, turbinas hidráulicas, conductores de aluminio y rangos de voltaje, entre otros.

*Los notables avances en tecnologías de transporte, electrónica y telecomunicaciones logrados durante la Primera Guerra Mundial crearon la necesidad de contar con estándares internacionales.*

Los notables avances en tecnologías de transporte, electrónica y telecomunicaciones logrados durante la Primera Guerra Mundial crearon la necesidad de contar con estándares internacionales, como los estándares para motores de tracción, radiocomunicaciones, aislamientos eléctricos y marcas de terminales.

Para facilitar la gestión técnica y la toma de decisiones, el Consejo nombró un Comité de Acción de siete miembros —ahora denominado "Consejo de Gestión de Normalización" (SMB, por sus siglas en inglés)— para supervisar el trabajo técnico. Las primeras asambleas generales del IEC se llevaron a cabo durante estos años.



Figura 3. Sede del IEC, en Ginebra (Suiza)

Los años treinta vieron la publicación de normas para motores de combustión interna, instalaciones eléctricas en barcos, interruptores de aceite y disyuntores, cables eléctricos, acumuladores y soldadura eléctrica.

*En 1938, el IEC publicó la primera edición del Vocabulario Electrotécnico Internacional, un hito importante en la historia de la normalización.*

En 1938, el IEC publicó la primera edición del Vocabulario Electrotécnico Internacional, un hito importante en la historia de la normalización.

Los años cuarenta estuvieron marcados por la Segunda Guerra Mundial. Este trágico evento mostró la importancia de los estándares globales para la cooperación multinacional. Las Naciones Unidas, así como varias organizaciones internacionales, incluido el IEC, trasladaron sus oficinas a Ginebra (Suiza).

Desde entonces, el IEC se ha convertido en una de las más importantes organizaciones de estandarización a nivel internacional. Trabaja en con-

junto con la Organización Internacional de estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), creada en 1947, y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés), creada también en 1947 en base a la Unión Internacional de Telegrafía. Tales organizaciones han desarrollado el conjunto de sistemas de normalización más importante en existencia, así como el más aceptado a nivel global.

Esta combinación de respaldos dio un fuerte impulso al IEC después de la Segunda Guerra Mundial. Durante los años siguientes, la creciente importancia del mercado internacional creó la necesidad de contar con estándares globales para facilitar el comercio, lo que provocó la rápida expansión del IEC e hizo que creciera en importancia a través de los años.

## La búsqueda de estándares Ex globales

*Un campo que el IEC no cubrió durante sus primeros años fue la estandarización de dispositivos eléctricos para uso en áreas peligrosas.*

Un campo que el IEC no cubrió durante sus primeros años fue la estandarización de dispositivos eléctricos para uso en áreas peligrosas. En la segunda mitad del siglo XX, el intenso trabajo realizado en la Unión Europea para la armonización de las normas relacionadas con los métodos de protección contra explosiones finalmente hizo posible la creación de las directivas ATEX. Estos estándares fueron adoptados por todos los miembros de la Unión Europea como leyes nacionales y se convirtieron en los requisitos legales para un mercado significativo en volumen. La industria Ex había estado pidiendo a la IEC durante varios años que de-



### IEC-CENELEC Frankfurt Agreement

#### Preamble

This is a revision of the IEC/CENELEC Agreement originally approved in October 1991 and amended in September 1996. This second edition introduces changes reflecting the evolution of both organizations over 25 years.

#### 1 Objectives

This agreement is intended:

- to underline the commitment of IEC and CENELEC National Committees primarily to undertake the work at IEC level;
- to expedite the publication and common adoption of International Standards;
- to ensure rational use of available resources. Full technical consideration of the content of the standard should therefore primarily take place at international level;
- to accelerate the standards preparation process in response to market demands.

To achieve the desired results, the active support of everybody involved in the IEC and CENELEC activities and flexibility in the working methods, are necessary.

The four pillars of the agreement consists of:

1. Offering New Work Items of CENELEC to IEC (Clause 2);
2. Parallel vote on draft International Standards (Clause 3);
3. Publication Requirements (Clause 4);
4. Conversion of European Standards into International Standards (Clause 5);

#### 2 Offering New Work Items of CENELEC to IEC

NOTE CENELEC members are directly involved in the planning of new work in the IEC in their capacity as IEC members. Therefore, the following covers only cases where the need for new work arises within CENELEC.

#### 2.1 Categories of new work proposals in CENELEC

##### General

When identifying its requirements for new work (including the revision of existing standards), it is the policy of CENELEC to ascertain first whether the IEC can undertake this work.

New work items may arise from decisions at meetings:

- of the CENELEC AG;

Figura 4. En el acuerdo de Dresden, de 1996, el IEC y CENELEC decidieron armonizar los estándares internacionales con los estándares europeos bajo la tutela de una nueva organización denominada "IECEx".

sarrollara un procedimiento de prueba y certificación único, válido en todo el mundo, y la directiva ATEX parecía una base sólida para ese objetivo.

*En el notable acuerdo de Dresden (Alemania), firmado en el año 1996, el IEC y el CENELEC decidieron armonizar los estándares internacionales con los estándares europeos bajo la tutela de una nueva organización denominada "IECEx".*



El objetivo final de este esfuerzo fue eliminar las barreras comerciales basadas en el uso de diferentes certificaciones entre países.

Después de arduas negociaciones que tuvieron lugar durante la primera mitad de la década de 1990, en el notable acuerdo de Dresden (Alemania), firmado en el año 1996, el IEC y el CENELEC decidieron armonizar los estándares internacionales con los estándares europeos bajo la tutela de una nueva organización denominada "IECEX". Este acuerdo fue renovado en el año 2013 mediante el acuerdo de Frankfurt (Alemania).

*El primer certificado emitido por IECEX se publicó en 2003, y el sistema de marcado se lanzó en 2007. A partir de 2011, se establecieron los procedimientos de competencia del personal.*

### **Desde el acuerdo de Dresden hasta la actualidad**

Desde el acuerdo de Dresden de 1996, se disponía de un conjunto de normas con una amplia base de aceptación. Estaba basado en el uso del sistema de unidades SI y cobró vida justo al mismo tiempo que la economía mundial aceptaba plenamente el proceso de globalización.

En el mismo año, se creó la organización IECEX con el propósito de proporcionar un único sistema unificado de pruebas y certificación para equipos utilizados en áreas peligrosas a nivel mundial. El IECEX contó con el apoyo de los organismos de certificación del Reino Unido, Alemania, Francia y Canadá.

El primer certificado emitido por IECEX se publicó en 2003, y el sistema de marcado se lanzó en

2007. A partir de 2011, se establecieron los procedimientos de competencia del personal.

En los años posteriores, la aceptación de los estándares IECEX ha crecido exponencialmente: más países continúan adoptándolos, ya sea directamente o creando estándares locales que son homologaciones directas de los de IECEX. Este éxito es aún más notable si se tiene en cuenta que la aceptación del esquema IECEX es voluntaria.

La base de datos de certificación en línea de IECEX contiene certificados para más de 92.000 dispositivos, es utilizada por 4.500 empresas en cincuenta países y cuenta con cien organismos de certificación en todo el mundo.

*La base de datos de certificación en línea de IECEX contiene certificados para más de 92.000 dispositivos, es utilizada por 4.500 empresas en cincuenta países y cuenta con cien organismos de certificación en todo el mundo.*

### **Las ventajas de empezar con una hoja de papel en blanco**

El conjunto de estándares IECEX/ATEX aprovechó el hecho de haber comenzado con una mentalidad de hoja en blanco y se benefició del enfoque ATEX, que favorece los métodos de segregación y prevención para la protección contra explosiones.

La filosofía de protección contra explosiones IECEX/ATEX estuvo fuertemente influenciada por los problemas causados por la presencia de gas

## Ejemplos de etiquetas ATEX e IECEx (\*implica validez solo en ATEX)



Figura 5. Ejemplos de etiquetas ATEX/IECEx

grisú en la minería del carbón. En este entorno, la contención simplemente no es factible. Este hecho llevó a la investigación de métodos de protección basados en la limitación de energía, que finalmente culminó en el desarrollo del concepto de seguridad intrínseca para la prevención de explosiones.

Los conjuntos de estándares IECEx/ATEX están orientados a aplicaciones industriales, mientras que el Código NEC intenta ser un conjunto completo de estándares para el uso seguro de todas las aplicaciones eléctricas.

Y la principal ventaja que tiene ATEX/IECEx sobre el Código NEC se basa en su flexibilidad.

En 1947, la NFPA reconoció la existencia de diferentes niveles de riesgo en lugares peligrosos. Estos niveles de riesgo estaban relacionados con la posibilidad de la presencia de una atmósfera ex-

plosiva en el entorno, ya sea en condiciones de trabajo normales o anormales. Por lo tanto, se introdujeron los conceptos de División 1 y División 2, permitiendo el uso de métodos de instalación especificados por el nivel de riesgo aceptable.

Estos conceptos permanecieron indiscutidos hasta que los equipos de ATEX/IECEx los analizaron y se dieron cuenta de que el concepto de divisiones estaba relacionado exclusivamente con si el peligro estaba presente en condiciones normales o anormales. Por lo tanto, ATEX/IECEx eligió seguir un enfoque probabilístico para la clasificación de áreas peligrosas.

El modelo de clasificación basado en zonas presenta tres divisiones en lugar de las dos del código NEC. Se basan en la idea de la frecuencia con la que se presenta el peligro, en lugar de si se presenta en condiciones normales contra anormales.

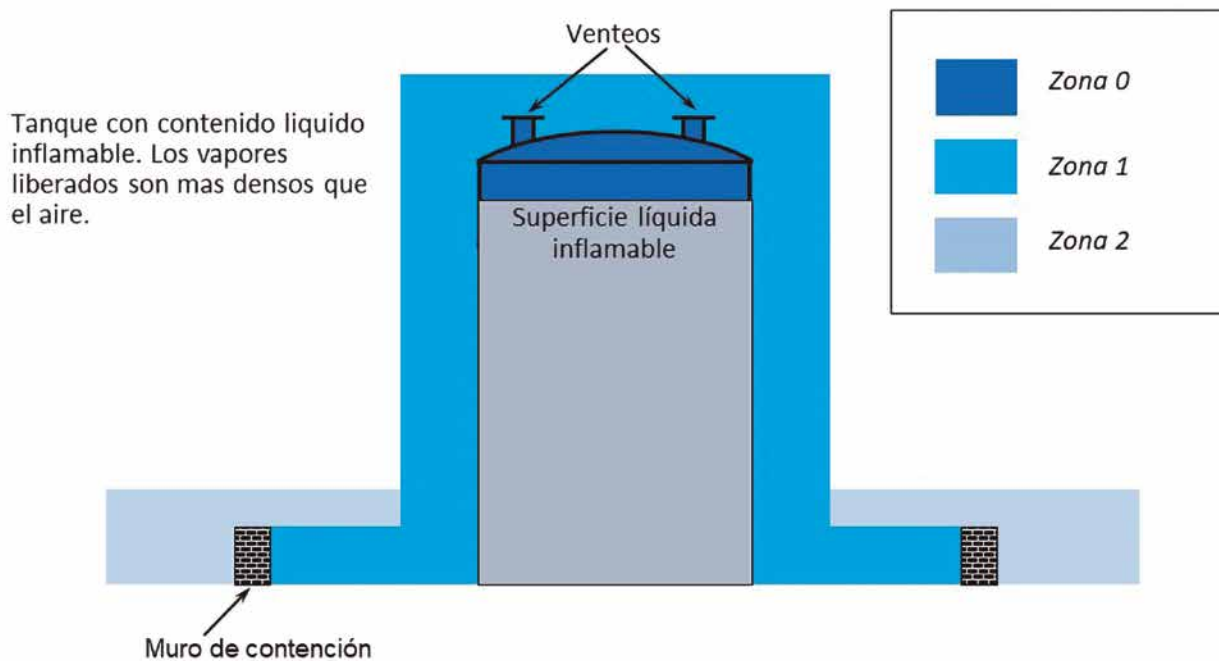


Figura 6. Clasificación de áreas peligrosas según el modelo de zonas

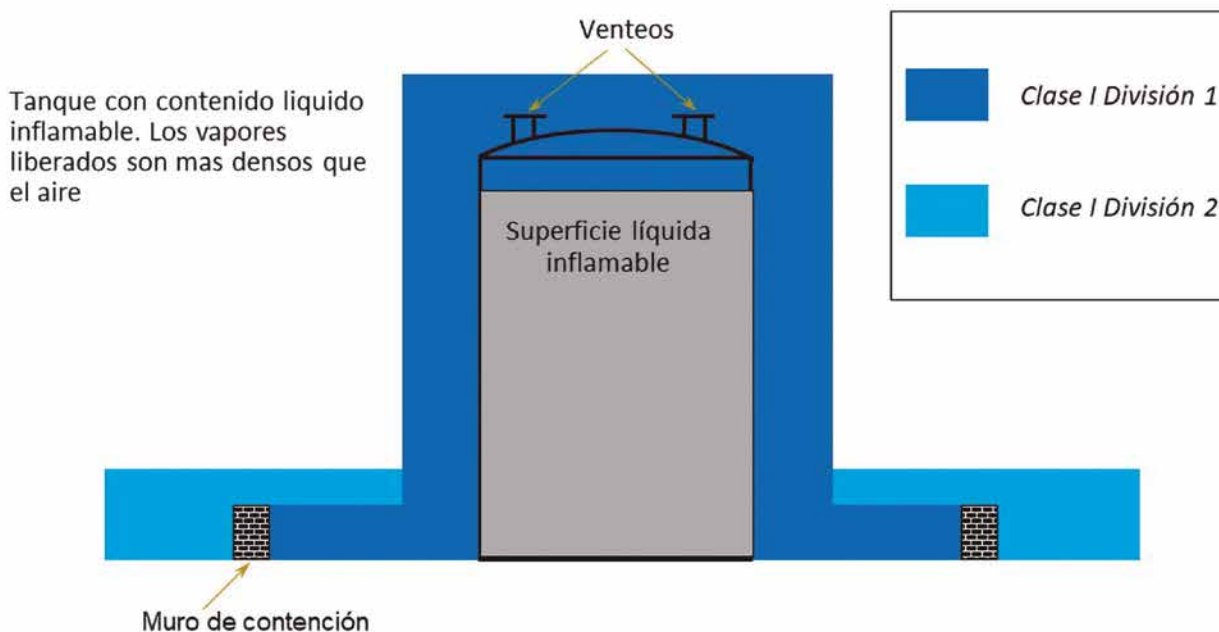


Figura 7. Clasificación de áreas peligrosas según el modelo de divisiones

El concepto de tres zonas separa la División 1 de NEC en Zona 1 y Zona 0. Las condiciones más exigentes están presentes en la Zona 0, mientras que la Zona 1 presenta un enfoque más permisivo en el uso de métodos de protección.

Una de las grandes ventajas del enfoque de zonas es que permite el uso del método de protección conocido como "seguridad mejorada" o "aumentada" (Ex e) en la Zona 1. En el enfoque basado en divisiones, este método solo sería aceptable en División 2.

*Una de las grandes ventajas del enfoque de zonas es que permite el uso del método de protección conocido como "seguridad mejorada" o "aumentada" (Ex e) en la Zona 1.*

El método de protección Ex e ofrece importantes ahorros, tanto en instalación como en mantenimiento, en comparación con el método Ex d. Estos ahorros son lo suficientemente grandes como para que la NFPA obligara al Comité NEC a reescribir el Artículo 505 del Código para incorporar el concepto de "zonas" y armonizarlo con la clasificación por clases.

Los resultados son menos que satisfactorios: permiten a los proveedores y fabricantes estadounidenses exportar sus productos al mundo, pero no se pueden importar productos extranjeros si no cumplen con el Código NEC.

Además, el NEC 505 crea una nomenclatura que mezcla zonas y clases, con el potencial de crear confusión y malentendidos en entornos mixtos.

NEC 505 es el ejemplo más radical de cómo puede afectar una desviación o un conjunto de desviaciones a un conjunto establecido de estándares.

*NEC 505 es el ejemplo más radical de cómo puede afectar una desviación o un conjunto de desviaciones a un conjunto establecido de estándares.*

### Un asunto con consecuencias globales

El mundo ha adoptado el Sistema Internacional de Unidades, a excepción de un puñado de países como Myanmar, Liberia, Samoa y Palau, que todavía utilizan el sistema de medición imperial, y Estados Unidos, que adhiere a su sistema habitual.

En una economía globalizada, el uso de un conjunto distinto de estándares funciona como una barrera comercial. De hecho, algunos países utilizan estándares locales como medio para controlar parcialmente el mercado local (como hace Brasil con las certificaciones INMETRO), pero aun en esos casos, la mayoría de los estándares locales están basados en las normativas IECEx.

*Muchos países aceptan los estándares IECEx con desviaciones localizadas. Esas desviaciones funcionan normalmente como barreras comerciales.*

Esto se puede convertir en un problema a largo plazo. Muchos países aceptan los estándares IECEx con desviaciones localizadas. Esas desviaciones funcionan normalmente como barreras comerciales menores. Y el trabajo requerido para documentar esas desviaciones puede volverse abrumador.



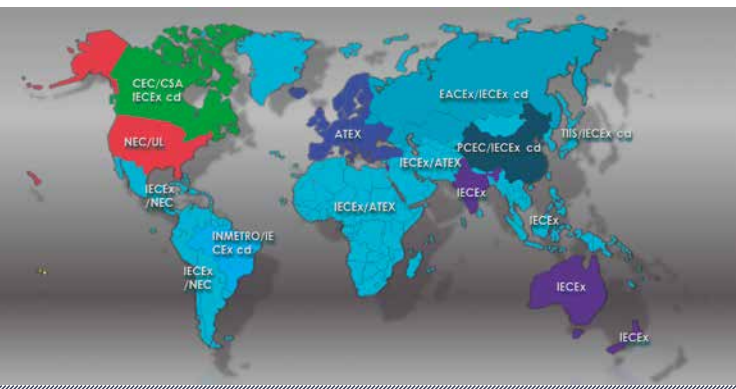


Figura 8. Aceptación de estándares en el mundo (“IECEx cd” significa “con desviaciones”)

Pero en la mayoría de los casos, el proceso de certificación local sigue siendo una homologación de las certificaciones IECEx existentes.

Con la excepción de algunas compañías de la industria del gas y del petróleo, la mayor parte del mercado ha adoptado el modelo IECEx o sus versiones localizadas.

El crecimiento en la adopción de las normativas IECEx es sorprendente si se considera el comparativamente breve periodo de tiempo de existencia que tienen. El soporte del Comité Europeo de las Naciones Unidas fue definitivo, al proclamar los métodos de la IECEx como “mejores prácticas a nivel global” (*world’s best practices*).

Un conjunto único de estándares, aun si requiere una homologación local, ofrece muchas más ventajas, tanto para los fabricantes, como para los usuarios finales. La alternativa es usar dos conjuntos de regulaciones conceptual y filosóficamente distintas.

*Un conjunto único de estándares, aun si requiere una homologación local, ofrece muchas más ventajas, tanto para los fabricantes, como para los usuarios finales.*

## Un ejemplo práctico

¿Qué tan diferentes pueden ser estas dos normas? Como suele decirse, es una cuestión de detalles.

Consideremos el método preferido para la instalación eléctrica por el Código NEC, el gabinete a prueba de explosiones, y comparémoslo con su equivalente IECEx, el gabinete antideflagrante.

Ambos métodos se basan en el concepto de contención para la protección contra explosiones. En contra de algunas creencias, el objetivo del método de contención no consiste en evitar la entrada de una atmósfera potencialmente explosiva en la envolvente. Esa es una tarea que es imposible de cumplir. La idea es dejar que la atmósfera peligrosa entre en la envolvente y, en caso de que se produzca una explosión en su interior, esta envolvente contendrá sus efectos dentro de ella y permitirá el alivio de la presión, el calor y las llamas de la explosión a través de una trayectoria de llamas (*flamepath*).

La trayectoria de las llamas es un espacio o ranura cuidadosamente medido que existe entre las dos partes de la caja, normalmente la base y la tapa, que disipará la presión y el calor creados por la explosión, de modo que ya no puedan convertirse en una fuente de ignición cuando lleguen al exterior.

Las cajas a prueba de explosión de NEC suelen ser más grandes y robustas que sus homólogas antideflagrantes de IECEx, porque están diseñadas para permitir modificaciones después de su puesta en marcha, además de admitir el montaje de prácticamente cualquier tipo de equipamiento en su interior. Este requisito, junto con la filosofía de garantizar el nivel mínimo de protección, obliga a los fabricantes a tener en cuenta altos factores de seguridad en el diseño de la caja. El código NEC no exige inspecciones periódicas en planta para las cajas a prueba de explosión.

*Las cajas a prueba de explosión de NEC suelen ser más grandes y robustas que sus homólogas antideflagrantes de IECEx, porque están diseñadas para permitir modificaciones después de su puesta en marcha.*

Las envolventes antideflagrantes IECEx no pueden modificarse después de la puesta en servicio porque el enfoque IECEx se basa en el rendimiento. Esto significa que la envolvente contendrá la explosión de un volumen de una atmósfera potencialmente explosiva igual al espacio libre disponible en la envolvente, una vez que se haya equipado completamente. Una envolvente antideflagrante IECEx es una parte de un sistema, y se certifica como tal, determinando no solo el volumen máximo de gases explosivos que puede contener, sino también las temperaturas superficiales máximas que pueden alcanzar los componentes en su interior y utilizando componentes que no puedan generar chispas, entre otras consideraciones.

El código NEC 500 sólo acepta métodos de cableado basados en conductos y sellador (métodos basados en la contención), mientras que IECEx permite el uso de cables protegidos mecánicamente. Este enfoque hace que las instalaciones a prueba de explosiones basadas en NEC sean más costosas de construir y mantener que las similares antideflagrantes basadas en IECEx.

El enfoque de la IECEx favorece los métodos orientados a la prevención y la segregación, y deja los métodos de contención solo para aplicaciones que no puedan resolverse de otra manera.

### MESG: Maximum experimental safe gap

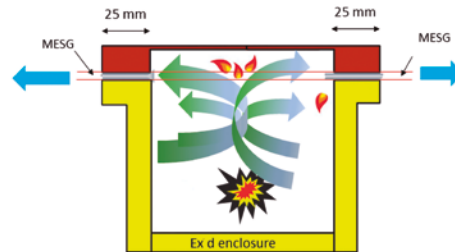


Figura 9. MESG

### Algunas reflexiones personales

Lo que sigue es solamente una opinión de carácter personal. Me parece que el Código NEC 500 considera que la explosión acabará ocurriendo de modo inevitable, por lo que el propósito de los métodos y prácticas de protección que se describen en él están pensados más para aminorar esa eventual explosión que para hacerla imposible.

*El enfoque de la IECEx favorece los métodos orientados a la prevención y la segregación, y deja los métodos de contención solo para aplicaciones que no puedan resolverse de otra manera.*

La otra característica que me llamó la atención al leer el Código es la complejidad de la redacción y las aparentemente interminables referencias a otros códigos y normas. Evidentemente, no soy el único que piensa así, porque la NFPA publica una guía de lectura o manual para ayudar con el código y varios proveedores de hardware para zonas peligrosas también publican sus guías de interpretación para el código NEC.



Figura 10. Caja a prueba de explosión NEC

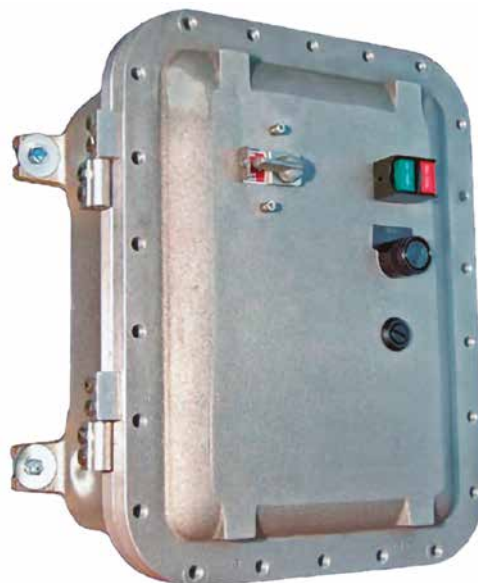


Figura 11. Envoltorio antideflagrante IECEx

*La otra característica que me llamó la atención al leer el Código es la complejidad de la redacción y las aparentemente interminables referencias a otros códigos y normas.*

En comparación, la normativa ATEX, que sirvió de base para las normas IECEx, presenta una estructura modular en lugar de ser un cuerpo monolítico de información.

Existen diferentes normas ATEX para distintos métodos de protección, y cada una de ellas se puede modificar y actualizar sin consecuencias inmediatas para las demás. También funciona como marco legal para la industria en la CE, de modo que, si las normas no se cumplen, el responsable debe responder ante la ley.

Aunque la redacción de las normas ATEX, y por tanto las de la IECEx, no es precisamente poesía y es de naturaleza muy técnica, en general sigue

una estructura autocontenida y es completamente coherente. No creo que las normas ATEX/IECEx requieran una guía de interpretación porque se explican por sí mismas en su redacción.

Además, las certificaciones IECEx se basan en la tecnología digital: el certificado válido es siempre la última versión disponible en el sitio web de IECEx. En el mundo moderno, ningún país puede pedir a los demás que cumplan su normativa interna, porque el comercio se ha globalizado. Para mantener la competitividad, la adopción de la estandarización y la normativa mundial acabará siendo inevitable. ■■

*Para mantener la competitividad, la adopción de la estandarización y la normativa mundial acabará siendo inevitable.*





Electrotecnia, iluminación, automatización y control, electrónica e informática

# CONEXPO

Ciudad de Córdoba **Córdoba** 2022

**15 Y 16 Sept/2022**

**Complejo Ferial Córdoba**

Pabellón amarillo

Córdoba, Argentina

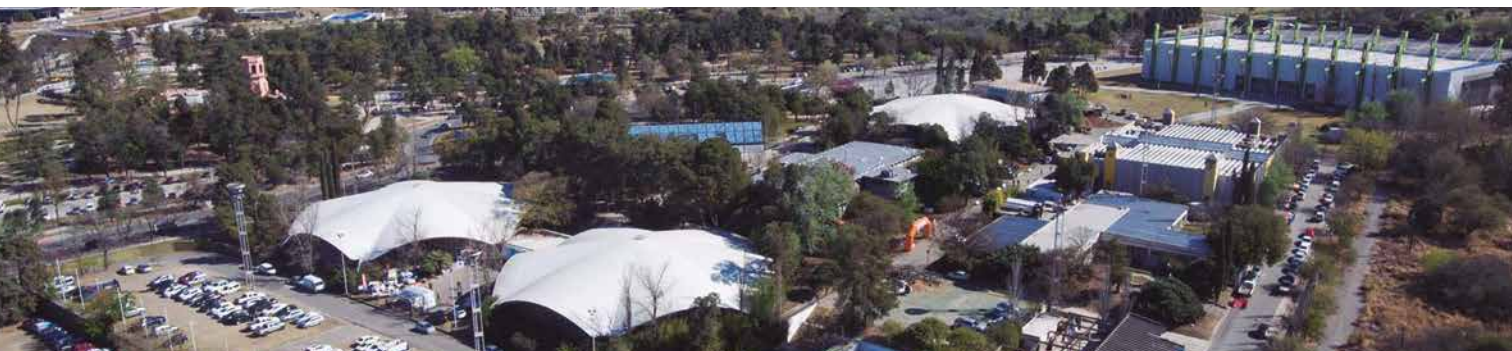
Realización  
simultánea con

**10** EXPO  
TRONICA

SEMANA



CÓRDOBA



Datos de la edición 2017:

**3** Jornadas  
» Automatización y control  
» Iluminación y diseño  
» Energías renovables

**23** Conferencias técnicas  
Dictadas por profesionales  
de las empresas expositoras

**1** Encuentro  
Instaladores eléctricos

**61** Expositores

Organización



**CIIECCA**

Medios auspiciantes

ingeniería  
**ELECTRICA**

-luminotecnia-

**AADECA**  
REVISTA

[www.conexpo.com.ar](http://www.conexpo.com.ar)

CONEXPO | La Exposición Regional del Sector, 73 ediciones en 30 años consecutivos

Av. La Plata 1080 (1250) CABA | +54-11 4921-3001 | [conexpo@editores.com.ar](mailto:conexpo@editores.com.ar)



## CILINDROS CN10



# PRODUCTOS & INNOVACIONES

NEUMÁTICA  
TRATAMIENTO DEL AIRE  
PROCESOS  
HANDLING Y VACÍO  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
CAPACITACIÓN