

# review

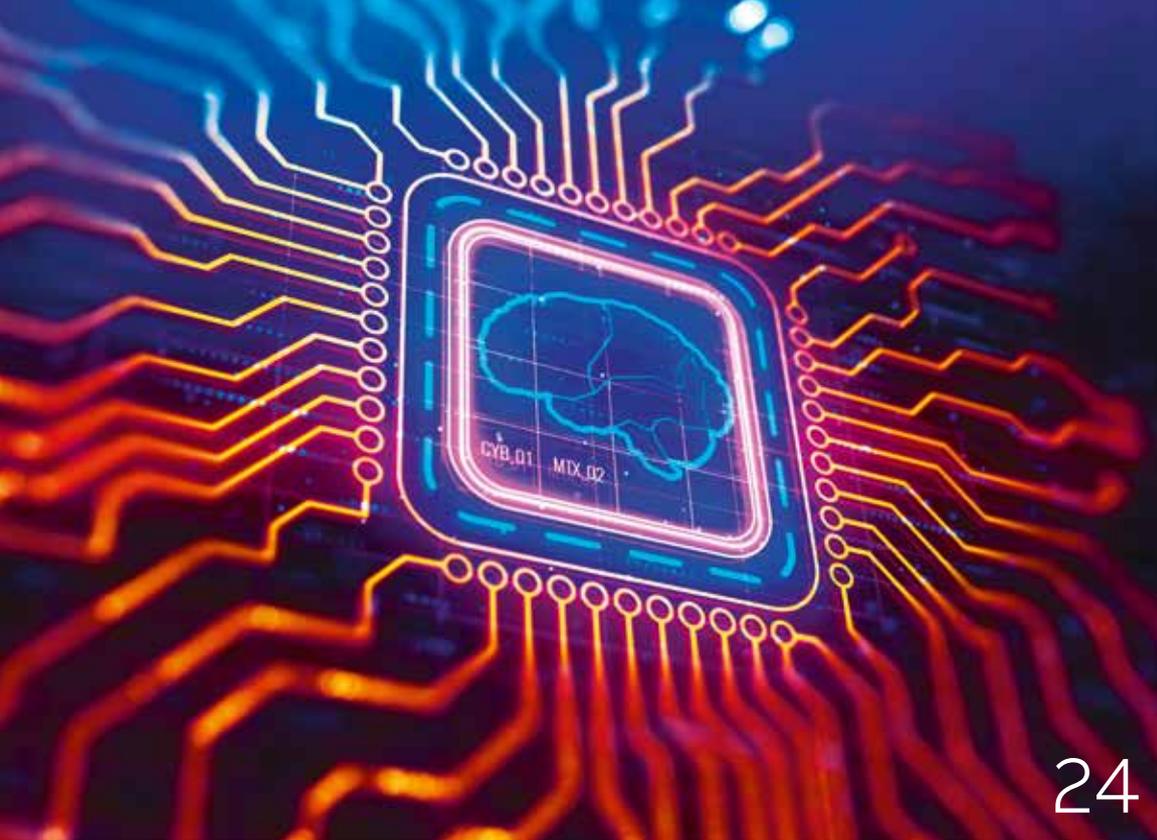
01|2021 es

Impulsados por el conocimiento



- 06 – 21 Lo más destacado en innovación
- 22 – 47 Información sobre tecnología
- 48 – 77 Productividad





**Innovación y velocidad  
en la IA industrial**



**Robots en el montaje  
de automóviles**

**El camino hacia la  
ingeniería de  
automatización**





**MP<sup>3</sup>C para dispositivos eléctricos**

---

05 Editorial

---

## Lo más destacado en innovación para 2021

08 Resumen de las innovaciones seleccionadas

---

## Información sobre tecnología

24 Innovación y velocidad en la IA industrial

28 Programa Industrial AI Accelerator de ABB

30 5G para la industria digital

37 Gestión de activos y energía con Ekip UP

42 Computación cuántica: lo que dicen y lo que se espera

---

## Productividad

50 Supervisión del estado

54 Ampliando los límites de la medición

60 El camino hacia la ingeniería de automatización

66 MP<sup>3</sup>C para dispositivos eléctricos

74 Robots en el montaje de automóviles

---

## Desmitificación de términos técnicos

78 Análisis con "golden batch"

---

79 Suscripción

79 Consejo editorial



—

**Las dificultades pueden servir de catalizador para grandes innovaciones, muchas de ellas impulsadas por la inmediatez de la necesidad. También ponen a prueba las normas y los planes de futuro de las empresas. Este número de ABB Review explora muchas de las tecnologías e ideas que están ayudando a aplicar la experiencia de ayer con la urgencia de hoy para implementar las soluciones del mañana.**

---

EDITORIAL

# Impulsados por la tecnología



Estimado/a lector/a:

Los tiempos extraordinarios exigen soluciones extraordinarias. Con la sociedad en medio de una pandemia, todos nos hemos visto obligados a replantearnos de una manera fundamental muchos aspectos de la forma en la que trabajamos e interactuamos. Para ser efectivos, siempre hemos tenido que colaborar y cooperar, algo que hoy es más cierto que nunca. Las ideas individuales, independientemente de lo brillantes que sean, tienen poco valor si no se comparten y aplican conjuntamente.

En ABB, la colaboración está en el centro de nuestro objeto social y de nuestros valores como empresa: con ella conseguimos el éxito para nuestras partes interesadas y contribuimos a un futuro más sostenible. Este número de ABB Review incluye muchos ejemplos de ABB trabajando conjuntamente en soluciones o ayudando a terceros a conseguir sus objetivos, ya sean soluciones pioneras de startups o clientes que buscan optimizar grandes procesos.

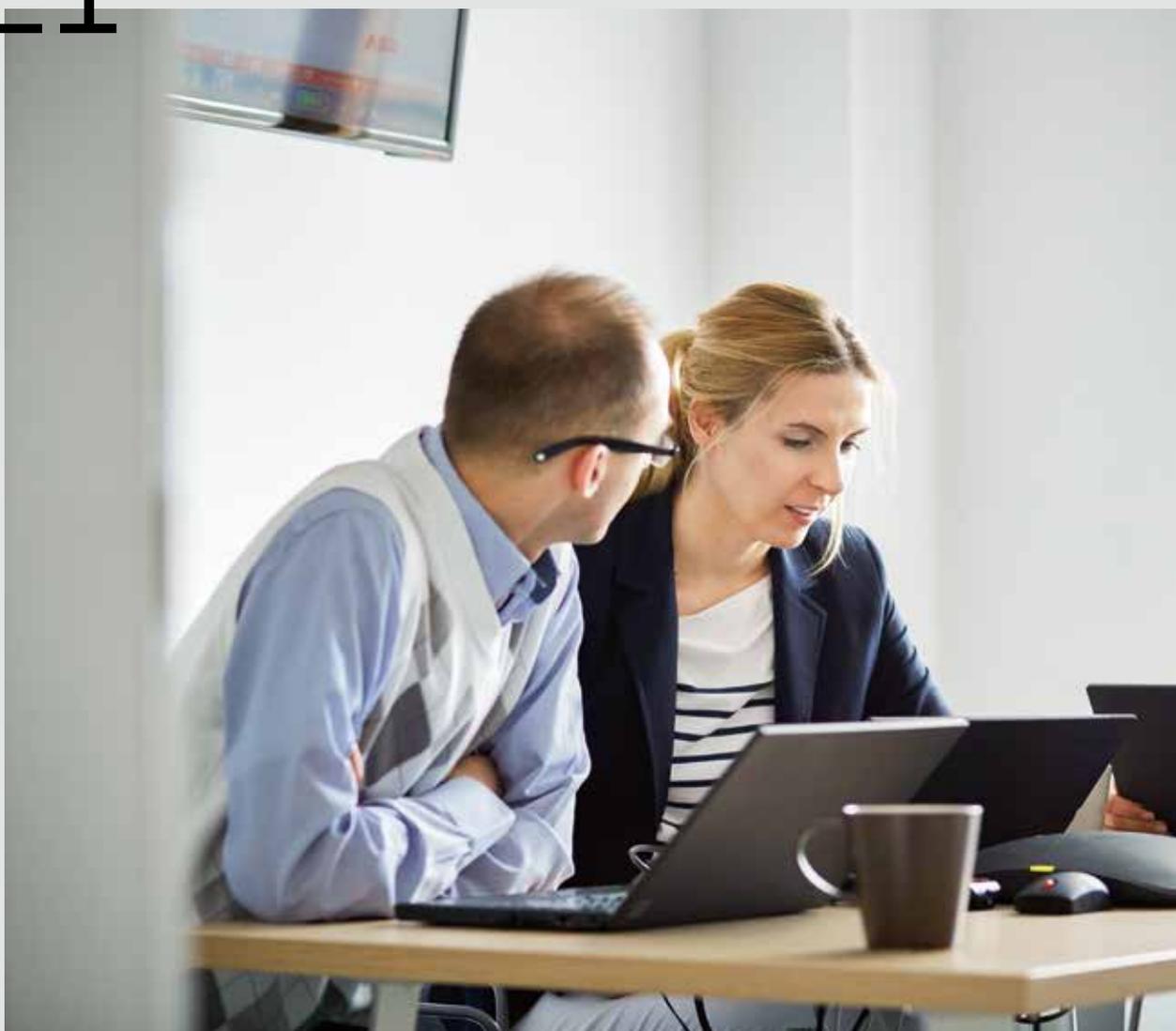
Que disfrute de la lectura.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'B' and 'R' followed by a horizontal line.

Björn Rosengren  
Chief Executive Officer, ABB Group

---

# Lo más destacado en innovación para 2021





12

Un breve sondeo de la innovación en las industrias y las tecnologías puede suscitar conversaciones útiles sobre qué nuevas soluciones podrían marcar la diferencia en una empresa. La experiencia de ABB hace que esté en una posición única para facilitar este tipo de conversaciones y hacerlas factibles.

- 8 YuMi® tiende la mano a hospitales y laboratorios
- 9 Una nueva solución simplifica la integración máquina-robot
- 10 Ahorro energético con los motores IE5 SynRM
- 11 Pruebas dieléctricas en un laboratorio de alta tensión
- 12 Conexión a la carga rápida de VE
- 13 Control en bucle cerrado del flujo de acero líquido en moldes de colada slab
- 14 Digital Lighthouse Program: provocando la transformación
- 15 ABB lleva Ethernet-APL a áreas peligrosas
- 16 Ecosistema de información basado en sensores inteligentes
- 17 La detección de fugas de gas alcanza la mayoría de edad
- 18 Nueva generación de robots pequeños de ABB con más flexibilidad y mejor rendimiento
- 19 Drive Connectivity Panel
- 20 La sinfonía de las cadenas de valor de los datos



## YUMI® TIENDE LA MANO A HOSPITALES Y LABORATORIOS

Los robots ya no se limitan a entornos de fabricación y talleres sucios. Cada vez más, están convirtiéndose en una parte fundamental de los laboratorios, prestando soporte en todas las áreas, desde I+D en la industria farmacéutica y en universidades hasta pruebas de salud en servicios médicos. Ejemplo de ello es el robot colaborativo YuMi® de ABB, que ya ha establecido su nicho realizando una serie de actividades de laboratorio repetitivas, delicadas y tediosas, como la dosificación, la mezcla y el pipeteo, el embalaje de instrumentos estériles y la carga y descarga de centrifugado.

YuMi® es único en el mercado gracias a su diseño inherentemente seguro. Con brazos redondeados y acolchados, capacidad para detectar colisiones y sin puntos de aplastamiento, puede operar con seguridad entre sus compañeros humanos en entornos relativamente desestructurados sin necesidad de medidas de seguridad adicionales, como el cercado. Esto le permite asumir una serie de tareas repetitivas y voluminosas, incluso cuando estas requieren destrezas equivalentes a las humanas o son susceptibles de cambiar con poca antelación.

Así, YuMi® puede colaborar en tareas de procesos tales como el tendido, la recogida y el almacenamiento de dispositivos, el transporte y el relleno de muestras junto a los trabajadores humanos del laboratorio.

En octubre de 2019, ABB abrió un centro de investigación en el Texas Medical Center (TMC) en Houston para investigar nuevos conceptos de robótica y automatización para centros médicos y laboratorios. Las tecnologías de prototipos presentadas por ABB en el centro incluyen robots YuMi® que son capaces de ayudar en el tendido de centrifugados y en sistemas de manejo de tubos de ensayo y un robot IRB 1200 diseñado para automatizar las transferencias de líquido en una aplicación de pipeteado.

Otro concepto de prototipo en desarrollo es un robot YuMi® móvil con dos brazos. Diseñado para ayudar al personal en tareas logísticas y de laboratorio en hospitales, es capaz de detectar y encontrar su camino alrededor de sus compañeros de trabajo humanos, al tiempo que aprende rutas distintas para desplazarse de un sitio a otro. •



## UNA NUEVA SOLUCIÓN SIMPLIFICA LA INTEGRACIÓN MÁQUINA-ROBOT



Gracias a la fusión de recursos entre ABB y B&R<sup>1</sup>, los diseñadores de máquinas pronto podrán ofrecer sus productos con un robot integrado. Además, sus máquinas serán más sencillas de manejar y solo habrá una interfaz de usuario para la máquina y el robot.

La solución permite a las máquinas de una fábrica comunicarse con robots integrados en tiempo real. En definitiva, la solución optimiza la comunicación entre las unidades servo de B&R y los motores de los robots de ABB.

Un ejemplo práctico de lo que hemos logrado hasta la fecha es la detección de imperfecciones mediante la cámara de B&R. En este caso, en menos de un milisegundo, los datos se convierten en una orden de control al robot de ABB asociado, y la pieza defectuosa se retira de la línea de producción sin ninguna intervención manual y sin afectar a la velocidad del proceso de fabricación. Dado que la aplicación de la máquina calcula automáticamente los perfiles óptimos de movimiento, el tiempo del proceso general se reduce significativamente y se mejora la productividad.

Detrás de la solución, que integra robots de ABB en el sistema de control de B&R, hay una única arquitectura que reúne la información que necesitan estos dos sistemas previamente independientes. Esto elimina la necesidad de un controlador de robots dedicado, un armario de control aparte y personal especializado en lenguajes de robótica específicos.

La integración se basa en el uso de módulos de software preconfigurados que facilitan a los diseñadores la creación de aplicaciones robóticas. El software preprogramado modular (mapps) de B&R permite a los usuarios implementar aplicaciones complejas y muy dinámicas sin tener que escribir código nuevo, lo que reduce drásticamente los tiempos de desarrollo. En definitiva, la nueva solución de integración máquina-robot de ABB aporta un nivel de precisión sin precedentes en términos de coordinación de los procesos automáticos con los robots. •

#### Nota al pie

1) B&R es una empresa de automatización y control de procesos que se unió al Grupo ABB en 2017.



---

## AHORRO ENERGÉTICO CON LOS MOTORES IE5 SYNRM

El tradicional motor de inducción (MI) presenta desventajas inherentes debido a su velocidad asíncrona —como pérdidas de calor del rotor, que reducen la eficiencia y la vida de componentes y cojinetes. Dado que los MI consumen cerca de un tercio de la electricidad mundial, existe una clara necesidad de un producto más eficiente. Enter, el motor síncrono de reluctancia IE5 (SynRM), se caracteriza por su alta eficiencia energética y fiabilidad, y bajas necesidades de mantenimiento.

Los SynRM funcionan según un principio muy elegante que solo es viable desde la llegada de la electrónica de control con accionamientos de velocidad variable (VSD). En los SynRM, el rotor está diseñado para generar la reluctancia magnética (resistencia al flujo de un campo magnético) mínima en una dirección y la máxima en la dirección perpendicular. El rotor gira con la misma frecuencia que el campo del estator girado con VSD.

Al no tener ni imanes ni caja, la construcción del rotor es más fiable que la de un MI, lo que reduce las necesidades de mantenimiento. La menor temperatura de funcionamiento de los SynRM ofrece un aislamiento más duradero y alarga la vida de los cojinetes y sus intervalos de engrase. La incorporación de un sensor inteligente ABB Ability™ ofrece una función remota de control del estado.

Los SynRM ofrecen una densidad de potencia mayor que los MI y tienen un mejor desempeño, incluso a carga parcial. Con un rotor de baja inercia, la respuesta del SynRM es rápida, y el par y la velocidad son precisos. El hardware de los SynRM es compatible con los MI equivalentes de ABB, lo que facilita su actualización.

El potencial de la tecnología de los SynRM no se ha explorado totalmente, y parece factible alcanzar mayores niveles de eficiencia. •

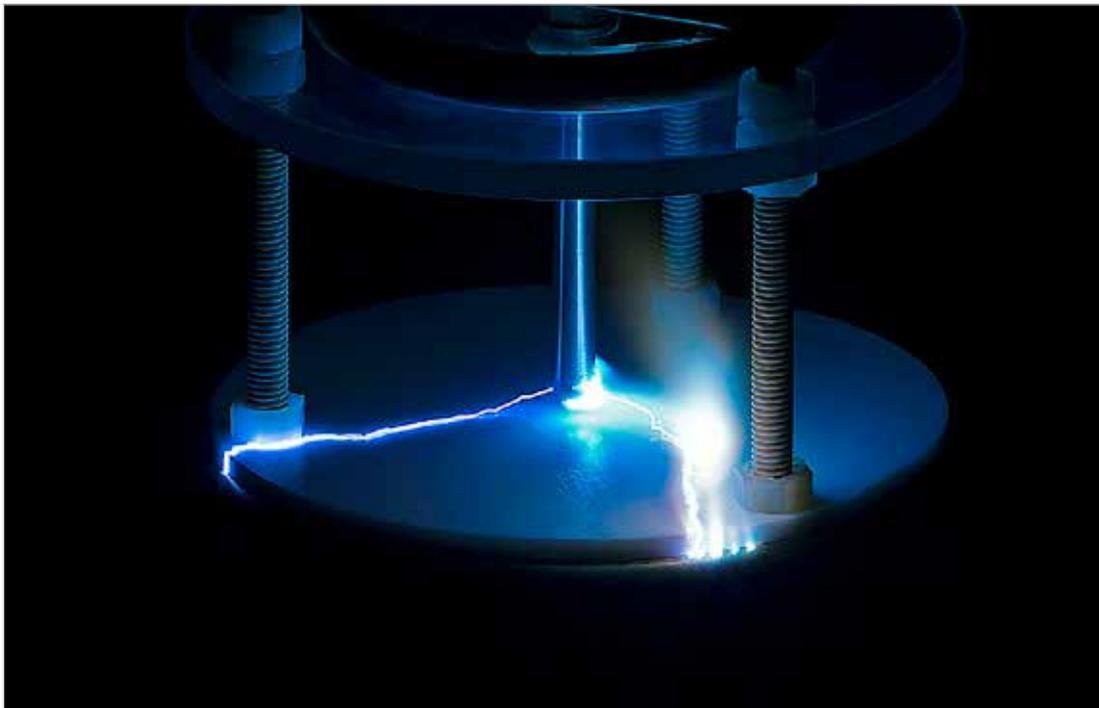
## PRUEBAS DIELECTRICAS EN UN LABORATORIO DE ALTA TENSION

El dimensionamiento dieléctrico es un aspecto crucial de los dispositivos de media y alta tensión como las aparatas y los transformadores. Cuando lanzan un nuevo dispositivo, los fabricantes deben acreditar el producto contra pruebas de tipo dieléctrico definidas por estándares eléctricos. La predicción de los resultados de las pruebas normalmente está respaldada por computaciones del campo electrostático que se comparan con los valores críticos previstos para los materiales dados, como gases, líquidos y sólidos —y las interfaces entre ellos. Sin embargo, este enfoque a menudo resulta insuficiente porque los fallos dieléctricos no tienen una relación sencilla con las fortalezas de los campos.

La herramienta de simulación de ABB, Virtual High-voltage Lab (VHVLab), ofrece un marco de software centrado en la predicción de resultados de las pruebas dieléctricas y enfocado a cerrar la brecha entre las computaciones numéricas y los experimentos. Las predicciones de VHVLab se consiguen combinando simulaciones de ingeniería con el conocimiento empírico obtenido a partir de experimentos y simulaciones de primeros principios de modelos microscópicos.

Este tipo de software no está disponible comercialmente porque los procedimientos de simulación integrados en VHVLab proceden de la experiencia en pruebas de ABB obtenida en un laboratorio real de alta tensión. Este tipo de plataforma a medida supone un diferenciador competitivo frente al software de simulación y permite diseñar bucles más rápidamente. El desarrollo de VHVLab se ha visto impulsado por la investigación industrial promovida por socios académicos especializados como SINTEFF —una organización de investigación independiente en Trondheim, Noruega— que ha construido una configuración experimental que permite una selección flexible de configuraciones experimentales.

La herramienta ofrece una serie de procedimientos numéricos y empíricos que permiten a los ingenieros evaluar, visualizar y comprender los fenómenos de descargas. En este contexto, VHVLab no es solo una herramienta de ingeniería sino también una base de datos de conocimiento que aglutina la experiencia de investigadores y desarrolladores, ofreciendo una base para las pruebas digitales en el futuro. •





## CONEXIÓN A LA CARGA RÁPIDA DE VE

Las ciudades tienen la presión de ofrecer soluciones cada vez más limpias y silenciosas. Con esto en mente, ABB presenta el Terra 184, el cargador de alta potencia más compacto con la máxima densidad de potencia del mercado. El último miembro de la familia de cargadores Terra más vendidos de ABB, el Terra 184, es rápido, compacto, robusto y ofrece la capacidad de cargar hasta tres vehículos simultáneamente, maximizando así la comodidad de los conductores y los ingresos de los operadores de carga. Con una potencia de carga de 180 kW, el nuevo cargador es ideal para la carga en aparcamientos a pie de carretera, además de para la carga rápida en instalaciones terminales de carga para taxis eléctricos y otras flotas (eléctricas).

El Terra 184 puede utilizarse en vehículos de todos los tamaños, ya sea en los últimos vehículos existentes o en los coches, autobuses y camiones planificados. Pero a diferencia de otros cargadores de alta potencia, ocupa un espacio de menos de 0,5 m<sup>2</sup>, igual que el modelo Terra 54. De hecho, su diseño innovador no requiere instalar armarios de potencia aparte, lo que ofrece una solución rápida y compacta ideal para ciudades con espacio limitado.

El Terra 184 soporta todos los estándares de carga del mercado, incluido CCS, CHAdeMO y AC, y satisface las necesidades de todas las baterías hasta 920 V. Es altamente personalizable, con prestaciones que incluyen terminal de pago personalizado con tarjeta de crédito, pantalla y cables.

Para una mayor flexibilidad, los operadores de otros modelos Terra, como el Terra 94 y 124, pueden actualizar su solución de carga al Terra 184 solo con incorporar módulos de potencia.

Desde su llegada al mercado de carga de VE hace una década, ABB ha vendido más de 14 000 de sus cargadores rápidos de CC. ABB ha sido galardonado recientemente con el premio Global E-mobility Leader 2019 por su apoyo a la adopción internacional de soluciones de transporte sostenibles. •



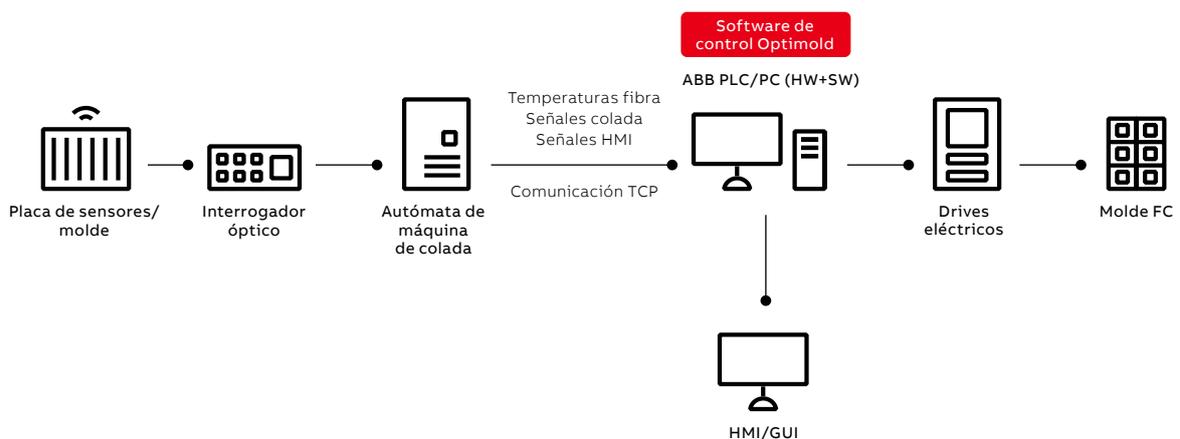
## CONTROL EN BUCLE CERRADO DE FLUJO DE ACERO LÍQUIDO EN MOLDES DE COLADA SLAB

La producción de acero requiere tanto alta productividad como productos finales de calidad y esto depende del control de líquidos durante la colada slab. El Flow Control (FC) Mold G3 utiliza campos magnéticos tanto de CC como de CA en el molde de colada continua slab para controlar la velocidad del flujo del acero líquido. La solución Optimold Control de ABB es la única solución industrial que permite medir la velocidad del flujo online y proporciona las señales de retorno necesarias para llevar a cabo un control automatizado del FC Mold G3. Desarrollado recientemente, el ABB Ability™ Optimold Monitor es un sistema con fibras ópticas de alta resolución instaladas en la plancha de cobre para medir la distribución de la temperatura; esto se convierte en una señal de velocidad del flujo mediante un algoritmo desarrollado por ABB. La alta resolución y la inmunidad de esta tecnología a las perturbaciones electromagnéticas es ventajosa.

En septiembre de 2019, ABB marcó un récord mundial en Hyundai Steel, en Corea; la instalación supuso casi 5000 puntos de medición —una importante ventaja frente a los métodos tradicionales que

utilizan termopares en los que solo pueden medirse cerca de 100 puntos. ABB Ability™ Optimold Control es un paquete de software que conecta el ABB Ability™ Optimold Monitor con el FC Mold G3 para ofrecer un control en bucle cerrado del FC Mold G3. En este punto, se incorporará el ABB Ability™ Optimold Control al software de control determinístico ya incluido en todas las instalaciones del FC Mold. Los defectos de proceso provocados por la obstrucción de SEN y el argón inestable se contrarrestan mediante el algoritmo de control en tiempo real a través de ajustes de un campo magnético predeterminado.

La primera instalación de ABB Ability™ Optimold Control está prevista en Hyundai Steel para 2021 y, en el futuro, se seguirá desarrollando hasta convertirlo en un sistema autónomo soportado por inteligencia artificial. El sistema ABB Ability™ Optimold Control permitirá a los fabricantes de acero identificar y corregir rápidamente variaciones en el proceso de colada que podrían afectar negativamente a la seguridad, la eficiencia energética y la calidad del producto, asegurando así una colada optimizada. •





---

## PROGRAMA DIGITAL LIGHTHOUSE: PROVOCANDO LA TRANSFORMACIÓN

En 2017, para catalizar la innovación digital, ABB lanzó el Programa Lighthouse, cuyo objeto era seleccionar y financiar parcialmente el desarrollo de soluciones digitales innovadoras en colaboración con clientes. ABB consideró que el Programa Lighthouse podría casar buenas ideas internas con los recursos necesarios de financiación, recursos y coinnovación con clientes para acortar los plazos de comercialización.

Los objetivos principales del programa eran:

- Acelerar el desarrollo y la implantación de soluciones digitales innovadoras construidas en la plataforma de Internet de las cosas (IoT) de ABB Ability™.
- Fomentar el codesarrollo de soluciones con clientes, implicándoles en una etapa temprana.
- Acelerar la adopción en ABB de tecnologías digitales de última generación, como inteligencia artificial (IA), realidad aumentada, realidad virtual, gemelos digitales y blockchain.

Los candidatos con buenas ideas identificaban a clientes dispuestos a codesarrollar nuevos productos digitales, explicaban qué puntos débiles del cliente abordaría el producto, identificaban los obstáculos para el éxito y cómo el programa les permitiría superarlos, y subrayaban el potencial de ingresos a corto y largo plazo.

Dos años y medio después, cuando finalizó el programa, se habían implantado 66 productos viables mínimos (MVP) con clientes y se habían publicado más de 40 testimonios de clientes. A día de hoy, se han comercializado 30 de los productos desarrollados bajo el Programa Lighthouse. Pero la característica más importante de este programa es que fomenta la cultura de la innovación digital en ABB, lo que significa que, en el futuro, habrá cada vez menos innovaciones digitales esperando a ser probadas. •

## ABB LLEVA ETHERNET-APL A ÁREAS PELIGROSAS

Desde 2011, ABB ha trabajado en un consorcio de socios de automatización de procesos industriales, respaldada por organizaciones de desarrollo de estándares de la industria, para impulsar la normalización de la capa física avanzada de Ethernet (APL). Ethernet-APL amplía la Ethernet combinando la sencillez del cableado 4-20 mA con un ancho de banda de tipo Ethernet más rápido y soporte de protocolo; y además es lo suficientemente sencillo y robusto como para utilizarlo en áreas HAZLOC. Gracias a su conocimiento experto de dispositivos de Internet de las cosas (IIoT), ABB es capaz de aprovechar los beneficios de la Ethernet, como la capacidad multiprotocolo, para ofrecer conectividad con instrumentos de campo ampliamente distribuidos con alimentación por bucle y doble cable.

El estudio de ABB se ha centrado en la tecnología OPC UA, un protocolo de comunicaciones aplicable universalmente que ofrece niveles aumentados de ciberseguridad, semántica y modelos de información que obvian la necesidad de descripciones. Al hacer que la tecnología OPC UA sea usable en pequeños dispositivos de campo con limitaciones de recursos, ABB elimina la frontera entre la Tecnología de operaciones (TO) y la Tecnología de la información (TI).

Las pruebas de éxito de las soluciones OPC UA en un caudalímetro, realizadas en 2017, y en transmisores de nivel y presión equipados con tarjetas de evaluación APL, realizadas en 2019, demostraron lo bien que Ethernet-APL y OPC UA se integran con las arquitecturas de las plantas de procesos modernas según lo definido por organizaciones de normalización, como NAMUR Open Architecture (NOA), Module Type Packages (MTP) o Open Group, O-PAS (Open Process Automation System).

Con la publicación de normas de Ethernet-APL con el estándar subyacente IEEE802.3cg (10BASE T1L) prevista para 2021, el cable IEC estándar intrínsecamente seguro Ethernet (2WISE) para la exprotección y la publicación de definiciones para la implantación de Ethernet-APL, la adopción de la comunicación a nivel de campo soportada con protocolos de comunicación Ethernet, como, OPC UA, entre otros, está a la vuelta de la esquina. El lanzamiento previsto de Ethernet-APL para junio, en la feriaACHEMA 2021, contará con la presencia de ABB y otros proveedores de automatización que presentarán los primeros productos con Ethernet-APL, iniciando así una nueva etapa de comunicación segura y práctica a nivel de campo en las plantas de procesos. •





---

## ECOSISTEMA DE INFORMACIÓN BASADO EN SENSORES INTELIGENTES

Los componentes mecánicos, como los cojinetes y las cajas reductoras, generalmente están dispuestos en ubicaciones de difícil acceso, lo que hace que su inspección resulte difícil y tediosa. ABB Ability™ Smart Sensor para productos mecánicos ofrece una solución. Diseñado para reducir el tiempo de inactividad, mejorar la fiabilidad y funcionar de forma segura, este sensor inalámbrico ofrece una solución fácil de utilizar para controlar la salud de los cojinetes y las cajas reductoras Dodge. El sensor indica la vibración anormal —y las condiciones asociadas a la temperatura, permitiendo a los usuarios reducir el tiempo de inactividad al planificar el mantenimiento antes de que se produzcan los problemas.

Ahora, gracias al nuevo firmware, este sensor inteligente puede actualizarse para mostrar características como la RMS de la velocidad, el intervalo de medición del cambio, el rango del acelerómetro del cambio y la detección arranque/parada. Estas características, todas ellas procedentes de feedback de nuestros clientes, mejoran significativamente las capacidades existentes del Smart Sensor.

El Smart Sensor ofrece a los usuarios un acceso complementario a la plataforma digital ABB Ability™, y en consecuencia a la potencia del Internet de las cosas industrial (IIoT). Los datos procedentes de varios sensores pueden transmitirse a través del smartphone de un usuario o del nuevo gateway Plug&Play de ABB a un servidor seguro basado en la nube, donde se analizan mediante avanzados algoritmos para identificar fallos en los cojinetes. Los datos se almacenan en la plataforma digital ABB Ability™, desde la que se podrá acceder a ellos y mostrarse gráficamente para su posterior análisis.

Esta nueva solución Plug & Play, basada en dos de los proveedores celulares más conocidos en Estados Unidos, ofrece prestaciones sin interrupciones de conectividad y análisis de datos que van de los sensores y redes celulares hasta el portal digital ABB Ability™. •

## LA DETECCIÓN DE FUGAS DE GAS ALCANZA LA MAYORÍA DE EDAD

Casi 3 millones de millas de infraestructura de tuberías recorren Estados Unidos para ofrecer 25 000 billones de pies cúbicos (o 700 000 millones de metros cúbicos) de gas natural a 75 millones de clientes<sup>1</sup>. Dado que la mitad de esta infraestructura de tuberías data de antes de 1970, puede tender a presentar fugas. El gas perdido por fugas se traduce en más costes para los clientes, interrupciones de suministro y mantenimiento, además de graves problemas medioambientales y de seguridad.

Un estudio de 2018 publicado en Science<sup>2</sup> concluyó que el volumen de gas natural que se fuga en toda la cadena de suministro bastaría para abastecer a 10 millones de hogares, y está valorado en aproximadamente 2000 millones de dólares al año. Además, las fugas de las tuberías contribuyen al cambio climático e impiden algunos de los beneficios medioambientales que supone el paso del carbón al gas natural. El metano, el principal componente del gas natural, es un gas de efecto invernadero 21 veces más potente que el dióxido de carbono.

El primer paso para arreglar las fugas de gas es detectarlas. Durante años, la detección tradicional de fugas se ha basado en el terreno, con detectores de mano lentos que requieren mucha mano de obra.

Estos métodos no satisfacen las demandas de la economía digital del siglo XXI en término de datos rápidos, precisos y transparentes.

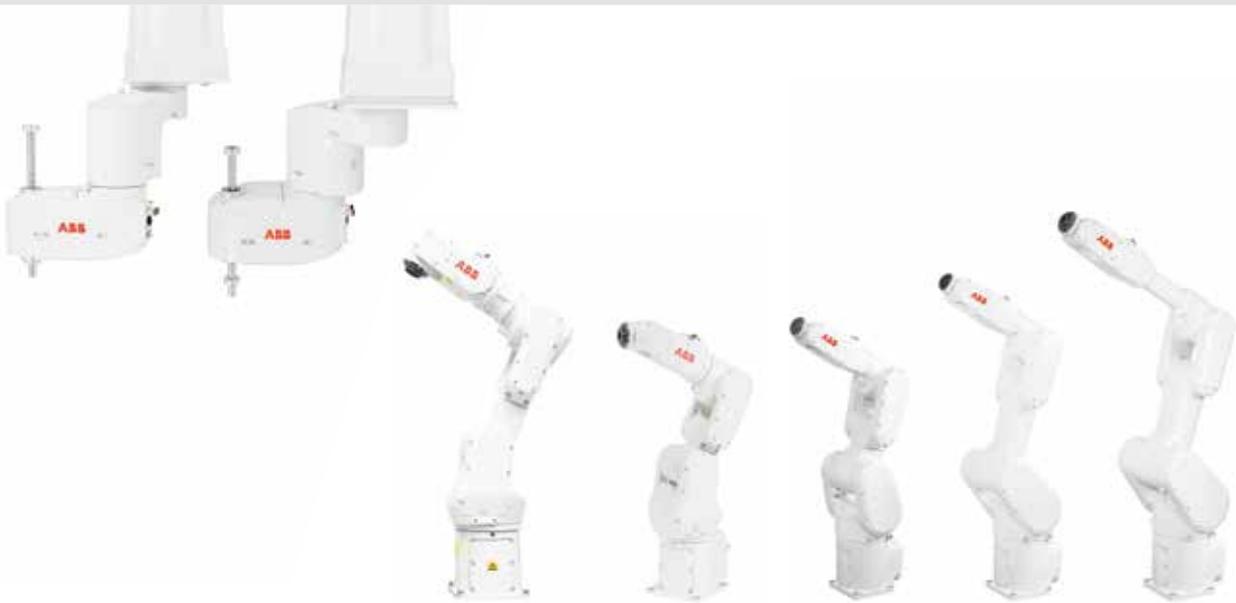
La solución móvil de ABB es un sistema basado en vehículos extremadamente sensible que mide y reporta las concentraciones por minuto de metano en el aire, junto con la velocidad y la dirección del viento, lo que permite detectar fugas en remoto. El sistema de detección incluye el analizador de metano/etano patentado de ABB, un GPS, un anemómetro para medir la velocidad del viento y un software propio para la detección de fugas. Lo registros electrónicos de cumplimiento se generan en un mapa y son accesibles mediante dispositivo móvil por un equipo de servicio o en el centro de operaciones. Comparada con los métodos tradicionales, esta solución basada en vehículos puede supervisar por hora una zona entre 10 y 25 veces más grande. •

### Nota al pie

1) "Natural gas explained, Natural gas pipelines", EIA, [https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=natural\\_gas\\_pipelines](https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=natural_gas_pipelines)

2) R. A. Alvarez et al., "Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain, Science, <https://science.sciencemag.org/content/361/6398/186?rss=1>





## NUEVA GENERACIÓN DE ROBOTS PEQUEÑOS DE ABB CON MÁS FLEXIBILIDAD Y MEJOR RENDIMIENTO

La evolución en los gustos de los clientes y la falta de competencias han llevado a los fabricantes a desarrollar lotes de producción muy personalizados y, por lo tanto, pequeños. Esta filosofía de producción de poco volumen y mix alto requiere mayor desempeño, flexibilidad y compactidad. La nueva generación de robots pequeños de ABB es clave para cumplir estos objetivos. Basados en una plataforma modular para desarrollar robots personalizados más rápidamente que nunca, los robots IRB 910INV, IRB 1100 y IRB 1300 de ABB representan esta nueva generación de pequeños robots. Desarrollados en un tercio del tiempo empleado por los métodos convencionales, estos robots están disponibles en 7 variantes principales y en 22 configuraciones.

Diseñados con alcances, cargas útiles y precisión que reflejan las necesidades de clientes y aplicaciones, por ejemplo, carga, montaje y procesos de tratamientos, estos robots prestan servicio en las industrias automóvil, electrónica, semiconductores, sanidad y alimentación y bebidas en entornos de producción difíciles y complejos, con requisitos de protección de entrada, salas limpias ISO o lubricación de calidad alimentaria.

Muy flexibles y con ahorro de espacio, el robot IRB 910INV SCARA tiene una opción de sala limpia. Disponible en dos variantes: con un alcance de 350 mm y una carga útil de hasta 3 kg o con un alcance de 550 mm y una carga útil de hasta 6 kg, este robot es ideal para la industria electrónica. El IRB 100 estándar viene con protección IP40 y una opción más robusta IRB 1100 con IP67; ambos están disponibles en dos variantes: alcance de 475 mm o 580 mm, con una carga útil y una repetibilidad (0,01 mm) de primera clase.

Este robot ofrece una productividad un 35 % mayor y ahorra un 10 % de espacio para la producción de alta calidad. Lanzado recientemente, el IRB 1300, con protección IP40 de serie, viene en tres variantes: con alcances de 900 mm, 1150 mm y 1400 mm y una repetibilidad de entre 0,02 mm y 0,002 mm.

Todas las variantes ofrecen la opción de precisión absoluta para mejorar los resultados en aplicaciones que requieren alta precisión. Así, la nueva generación de robots pequeños modularizados de ABB ofrece la personalización, flexibilidad y compactidad que requieren varias industrias manufactureras. ●

## DRIVE CONNECTIVITY PANEL



En la industria en general, los usuarios de los accionamientos de velocidad variable de ABB estaban buscando una forma plug&play de combinar conectividad a internet, recogida de datos, análisis en la nube y visualización. Ahora, con el pionero Drive Connectivity Panel de ABB, pueden dejar de buscar. Pocos minutos después de instalar el Connectivity Panel, los datos pueden analizarse en el portal.

El Drive Connectivity Panel recoge los datos operativos del accionamiento y los envía directamente a la nube a través de una red celular, utilizando Internet de las cosas de banda estrecha (NB-IoT). El Drive Connectivity Panel es el único producto del mercado que permite la conexión en la nube sin ocupar un

puerto E/S para la recogida de datos. La transferencia de datos también es segura ya que está cifrada dentro del panel y se carga a través de la red celular NB-IoT —exclusiva para dispositivos industriales— a la plataforma en la nube ABB Ability™.

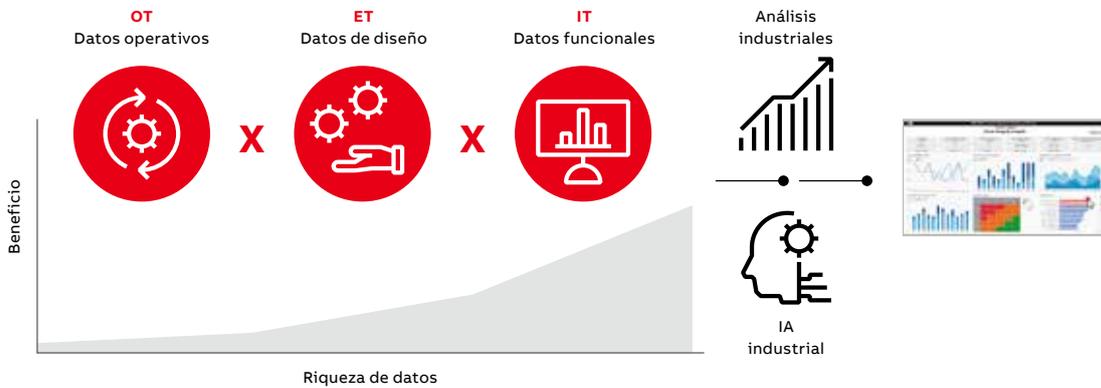
La disponibilidad de la última tecnología móvil significa que cuando el panel se coloca en un área con cobertura de señal normal, puede interactuar con los servicios en la nube —incluso si el accionamiento está instalado en el sótano.

La solución NB-IoT es ideal para la supervisión del estado de aplicaciones que requieren un nivel básico de análisis de los equipos y notificaciones de alarma pero que utilizan volúmenes reducidos de datos. Las cargas continuas de datos permiten la supervisión en remoto de la salud de los accionamientos de ABB, las notificación de sucesos, la generación de KPI operativos y la creación de tendencias de los parámetros. Los datos de salud y rendimiento del accionamiento se visualizan de una forma fácil de interpretar. La interfaz Bluetooth del panel permite un servicio de asistencia en remoto a demanda —ABB Ability™ Mobile Connect para accionamientos— a través de la aplicación móvil Drivetune.

La solución de supervisión del estado basada en el Drive Connectivity Panel está disponible para su compra en China y se está probando en Europa y Estados Unidos. •



## LA SINFONÍA DE LAS CADENAS DE VALOR DE LOS DATOS

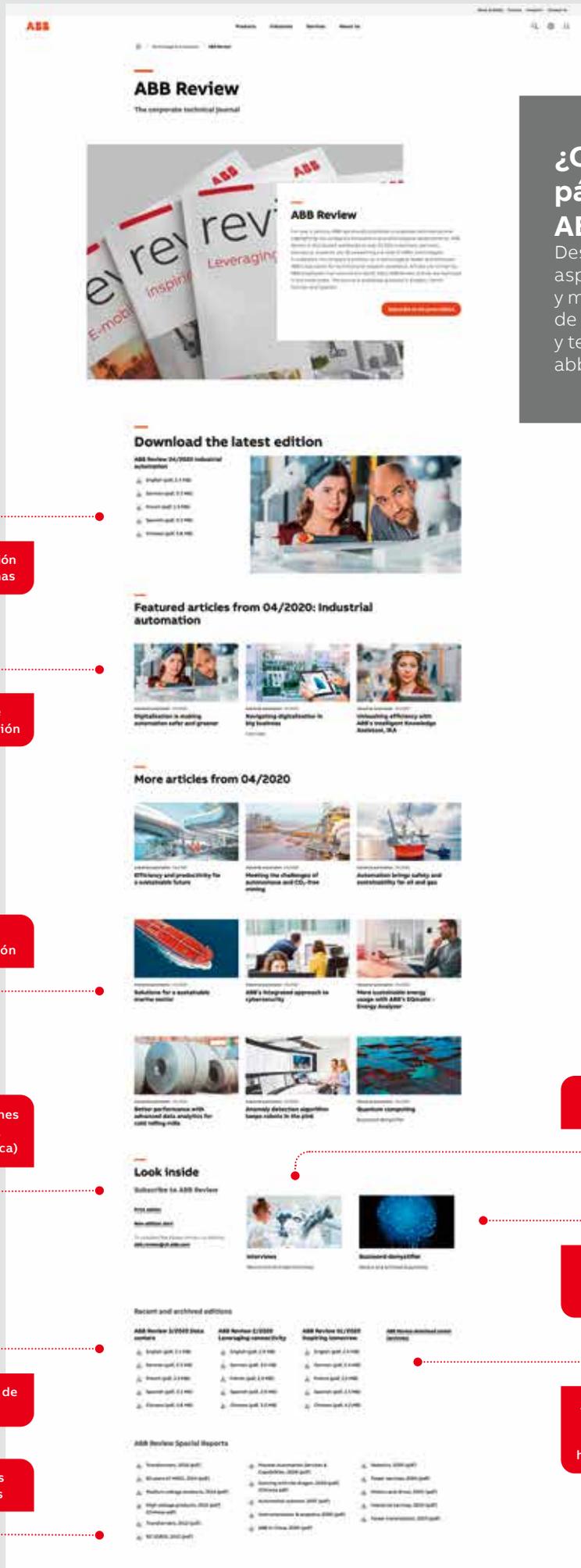


La filosofía básica que impulsa la conceptualización y la visión de la oferta digital de ABB es el intento de reunir bytes dispersos de ruido digital en ecosistemas de información sincronizados a nivel de empresa —cuyo impacto será patente en todos los aspectos de la excelencia operativa.

En este contexto, lo que ABB Ability™ Genix, la suite de análisis industrial e inteligencia artificial (IA), y ABB Ability™ Edgenius, la herramienta de gestión de datos de operaciones, consiguen juntos es lo que se conoce como un impacto exponencial, o lo que ABB denomina el factor X. En el centro de este factor X, dándole sentido, está la agregación y la contextualización de los datos: Datos procedentes de varias fuentes, es decir, datos operativos en tiempo real (TO), datos funcionales de sistemas de TI y datos de diseño procedentes de sistemas de ingeniería (ET) se reúnen en un modelo de datos cognitivo para la aplicación de modelos impulsados por análisis industriales e IA o aprendizaje automático (ML).

Normalmente, los datos se apilan en silos, y se calcula que más del 70 % se queda sin utilizar para fines analíticos. ABB Ability™ Genix y ABB Ability™ Edgenius ayudan a convertir los datos transversales en información potente a través de este proceso de uso de modelos de datos coherentes y contextualización. Por ejemplo, recientemente se ha desarrollado una solución de mantenimiento inteligente para la

propulsión Azipod®. Esta solución de mantenimiento predictivo identifica potenciales anomalías y genera un aviso temprano para que los equipos de mantenimiento puedan evitar el fallo utilizando modelos basados en IA-/ML. El motor para la detección de estados anómalos y la notificación temprana está basado en la integración de datos en tiempo real, por ejemplo, las temperatura del devanado, la velocidad, el par, la potencia y las temperaturas de entrada y salida del aire de refrigeración. Las implementaciones piloto han demostrado los beneficios: una latencia mayor, de más de una hora, permite a los operadores abordar los problemas antes de que se conviertan en fallos catastróficos. Así, ABB Ability™ Genix y ABB Ability™ Edgenius trabajan juntos para orquestrar una sinfonía de las cadenas de valor de los datos. •



**¿Conoce las páginas web de ABB Review?**  
 Descubra nuevos aspectos de ABB Review y manténgase informado de los últimos productos y tecnologías de ABB en [abb.com/abbreview](http://abb.com/abbreview)

La última edición en cinco idiomas

Selección del editor de artículos de la última edición

Selección del editor de artículos de la última edición

Suscríbese a ediciones recientes (ya sea impresa o electrónica)

Selección de entrevistas de las últimas ediciones

Selección de artículos de desmitificación de términos técnicos

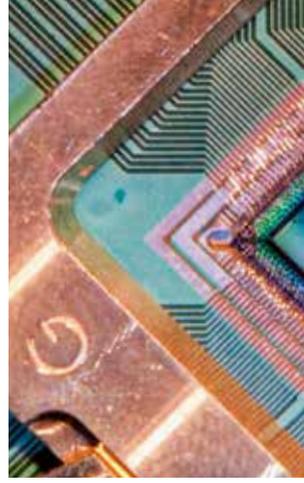
Últimos números de ABB Review

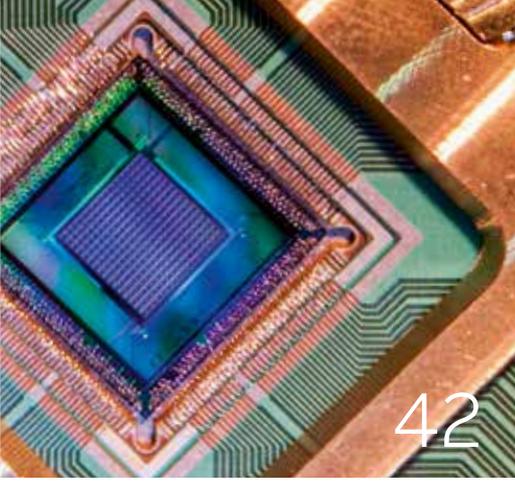
Reportajes especiales

Archivo de números antiguos que se remontan hasta 1914. Una riqueza incomparable de historia al alcance de su mano.

---

# Información sobre tecnología

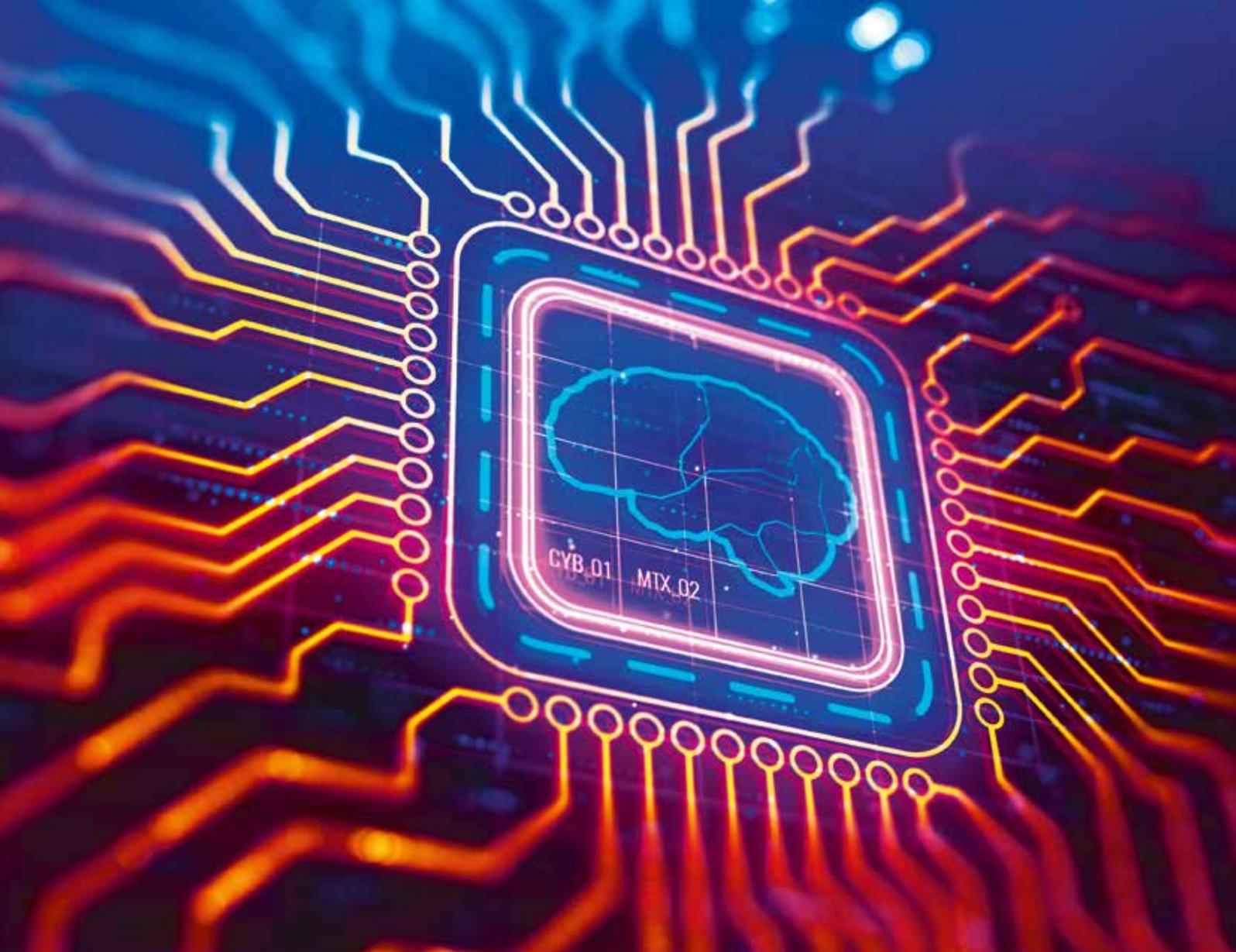




La tecnología y la inteligencia están inexorablemente cada vez más interconectadas, a medida que los dispositivos inteligentes pueden contribuir de manera constructiva a los procesos industriales. ABB lleva mucho de lo que está pasando en la vanguardia de la tecnología al centro de la filosofía y planificación de sus clientes.

- 24 Innovación y velocidad en la IA industrial
- 28 Programa Industrial AI Accelerator de ABB
- 30 5G para industrias digitales
- 37 Gestión de activos y energía con Ekip UP
- 42 Computación cuántica: lo que dicen y lo que se espera





—  
INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA

# Innovación y velocidad en la IA industrial

La inteligencia artificial (IA) está transformando la industria. Una forma en la que ABB desarrolla capacidad de IA es mediante la colaboración con startups impulsadas por la innovación. Entre otras actividades, ABB ha llevado a cabo el programa Industrial AI Accelerator de ABB para llegar al siguiente nivel de la revolución industrial gracias a estas colaboraciones.



01

Desde hace tiempo parte de la filosofía fundamental de ABB es utilizar un enfoque de «afuera-adentro», donde las ideas externas se llevan a la empresa para complementar las actividades de innovación propias de ABB. Al colaborar con socios externos, como universidades, institutos de investigación o startups, ABB es capaz de identificar y capitalizar tecnologías punta o nuevos modelos de negocio que pueden ayudar a la empresa a encontrar ofertas nuevas para sus clientes.

La IA —a menudo denominada «la siguiente frontera tecnológica» o «la Revolución de la Inteligencia»— es un área en la que la colaboración puede marcar la diferencia. La IA tiene el potencial de aumentar las capacidades humanas en una amplia gama de industrias. Si bien la IA sigue siendo un campo en crecimiento, en términos de inversión de capital riesgo (VC) es uno de los sectores mejor financiados. Las grandes empresas de casi todas las industrias están intentando integrar capacidades de IA en sus ofertas. Según el Informe AI Index Report 2019, a escala global, las inversiones en startups de IA han aumentado a un ritmo de crecimiento anual promedio de más del 48 % desde 2010 (2018: 40 400 millones de dólares) [1].

En este contexto, en 2019, ABB presentó su Programa acelerador industrial AI Accelerator, con el objetivo de promover el desarrollo y el uso de la IA para impulsar el siguiente nivel de la revolución industrial [2] →01.

El programa buscaba startups con nuevas y prometedoras ideas sobre cómo utilizar los componentes de la IA para ofrecer soluciones – o startups capaces de desarrollar tecnologías para desplegar estas soluciones en un entorno industrial. Cuando se unían al programa Industrial AI Accelerator de ABB, las startups recibían coaching y soporte técnico además de la posibilidad de conseguir clientes y crecer y comercializar su solución en un escenario global. Las startups seleccionadas para el programa también competían por ser la ganadora.

### Cómo se seleccionó a la ganadora del Industrial AI Accelerator

En total, se seleccionaron siete startups prometedoras, principalmente en etapa temprana, para unirse al programa Industrial AI Accelerator para explorar las aplicaciones industriales de sus ideas y acelerar su desarrollo. Se seleccionaron siete de más de

—  
El programa buscaba startups con ideas prometedoras sobre cómo utilizar componentes de IA para potenciar soluciones.

100 startups en 20 países en el marco de una revisión de ABB que duró dos meses y que estaba promovida por Delphai (AtomLeap GmbH). Delphai es una plataforma de inteligencia de mercado autoservicio que utiliza IA para dar información sobre tendencias de innovación global, desarrollos del mercado y empresas.

Las startups seleccionadas se unieron a un programa de cuatro meses en el que trabajaron con una división o función correspondiente de ABB a fin de que pudieran beneficiarse del profundo conocimiento de dominio de ABB y así acelerar su crecimiento.

Al término de los cuatro meses, las siete startups presentaron sus soluciones a cerca de 70 asistentes en un «Demo Day». Cada startup tenía que presentar su solución ante un jurado de seis miembros —formado por expertos de negocio y tecnología, además de inversores— y enfrentarse a preguntas críticas. El jurado seleccionó a Greenlytics como empresa ganadora.

### Acelerando hacia el futuro

Si bien los proyectos de colaboración se distribuyeron entre diferentes aplicaciones industriales, todos ellos tenían en común un caso de uso claramente

—  
01 El programa Industrial AI Accelerator buscaba startups con capacidades de IA.



**Victoria Lietha**  
ABB Technology Ventures  
Zúrich, Suiza

victoria.lietha@  
ch.abb.com

definido en el que la startup y ABB desarrollaban juntos una solución específica que beneficiaba a ambas partes.

Para impulsar aun más la colaboración con ABB y ayudar a las startups a acelerar y expandirse en un mercado global, SynerLeap, el hub de crecimiento de innovación de ABB, concedió participación gratuita

## Estamos alineando startups con nuestra organización de negocio.

a tres startups —Greenlytics, Vathos Robotics y OneWatt— durante los siguientes seis meses [2]. Las otras finalistas —Cobrainer, Dutch Analytics, Intelec and 8power— seguirán luchando por desarrollar nuevas soluciones.

Acelerar startups a través de este tipo de programa tiene una motivación estratégica, según explica Kurt Kaltenegger, Director de ABB Technology Ventures (ATV): «El programa Industrial AI Accelerator de ABB solo era una forma más en la que ABB colabora con las startups. Con nuestro hub de innovación global para startups SynerLeap, por ejemplo, estamos alineando startups con nuestra organización de negocio para colaborar y realizar proyectos de demostración de conceptos juntos. Este enfoque acelera el desarrollo al diferenciar innovaciones que pueden atraer a nuevos clientes o abordar puntos débiles de clientes existentes. También estamos ofreciendo ayuda económica a través del capital riesgo estratégico para acelerar y permitir un mayor crecimiento de las mejores startups». •

### Referencias

[1] The Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence, "The AI Index Report." Available: <https://hai.stanford.edu/sites/default/files/>

ai\_index\_2019\_report.pdf  
Accessed April 7, 2020.

[2] [www.synerleap.com](http://www.synerleap.com).  
Accessed April 7, 2020.

## UNA AMPLIA DISTRIBUCIÓN DE APLICACIONES DE IA

Las actividades de las siete startups que han participado en el programa acelerador ponen de manifiesto la diversidad de las posibles aplicaciones de IA.



### Greenlytics

Greenlytics, una startup sueca, desarrolla herramientas para el pronóstico basado en IA de la generación y el consumo de energía eólica y solar, así como apoyo a la toma de decisiones para el comercio de energía y la optimización de las plantas. Como parte del proyecto de colaboración entre ABB y Greenlytics, su solución ya se ha implantado en el proyecto «Mission to Zero» de ABB en la planta Busch-Jaeger ABB en Lüdnescheid, Alemania.

Como parte del programa, el producto Greenlytics, SolarMind se integró en la solución de gestión energética OPTIMAX de ABB para pronosticar la energía generada por las plantas fotovoltaicas. El sistema de IA de Greenlytics se actualiza continuamente mediante entradas como datos históricos, datos de planta basados en la ubicación y datos meteorológicos.

«Hemos visto importantes sinergias entre la oferta de producto de Greenlytics y ABB OPTIMAX desde el principio», explica Julia Marie Leichthammer de ABB, que ha trabajado estrechamente con Greenlytics. «Los pronósticos de energía significativamente más precisos de Greenlytics aumentan la flexibilidad del sistema predictivo de gestión de la energía OPTIMAX®, lo que se traduce en un mejor funcionamiento y coordinación comercial, y en menos costes, para los generadores distribuidos, consumidores y almacenamiento de nuestros clientes.»

Sebastian Haglund El Gaidi, fundador de Greenlytics, comenta las ventajas de la colaboración de ABB con startups: «Aprendemos de ABB y utilizamos su presencia global para prestar nuestros servicios.»

El ejercicio también ha dado la oportunidad a Greenlytics de ampliar su visión: «Colaborar con ABB nos ayuda a desarrollar nuestra visión de una red del futuro cada vez más renovable, distribuida e inteligente. Ya hemos aprendido mucho sobre el mercado

y las necesidades del cliente y eso es importante para una startup.»



#### Cobrainer

Con una faceta de IA muy diferente, nos encontramos a Cobrainer. Esta startup con base en Múnich aplica el aprendizaje automático para permitir la movilidad inteligente de los empleados en grandes y medianas empresas, ofreciendo a los alumnos la creación automática de perfiles por experiencia y el emparejamiento inteligente de puestos de trabajo, proyectos y cursos.

Junto con el equipo de RRHH de ABB, Cobrainer ha construido e implementado la aplicación ABB Career, basada en la tecnología Skill Career de Cobrainer, que ayuda a los empleados a crear un perfil de aptitudes para recibir recomendaciones de puestos relevantes de ABB.



#### Dutch Analytics

Dutch Analytics, de La Haya, Países Bajos, ofrece una plataforma de alojamiento y gestión denominada UbiOps que permite el alojamiento y la gestión de aplicaciones de la ciencia de datos. Dutch Analytics ha colaborado con el negocio de Marine and Ports de ABB en sistemas de refrigeración: en accionamientos de media tensión de buques con propulsión eléctrica y diésel. Garantizar el nivel adecuado de provisión de líquido refrigerante durante el funcionamiento del buque es fundamental. Utilizando datos del sistema ABB Ability™ Marine Remote Diagnostic System instalado en los buques, el equipo ha desarrollado e implementado un modelo que predice las tasas de evaporación del líquido y recomienda cuándo debe realizarse el siguiente mantenimiento. Los clientes de industrias ferroviarias, marinas y manufactureras ya se están beneficiando de esta tecnología de IA prediciendo averías y aumentando el tiempo de actividad de los activos.

Jorick Naber, COO de Dutch Analytics, afirma: «Colaborar con ABB aporta un valor enorme a Dutch Analytics. Creemos que el proyecto conjunto aportará mejoras a la tecnología y nos ayudará a introducir nuestra plataforma UbiOps en varias industrias.»



#### Intelec

Intelec, de Oslo, Noruega, ofrece software para analizar los datos de producción de las industrias manufactureras y de procesos y utiliza el aprendizaje automático para evitar averías, predecir fallos y mejorar los procesos de producción. Intelec se ha servido de datos de producción procedentes del sistema ABB Ability™ Extended Automation System 800xA para ofrecer funcionalidades automáticas de procesamiento, estructuración, etiquetado y limpieza de datos brutos a

partir de un proceso industrial específico. Los datos procesados se utilizaron entonces para seleccionar, entrenar y desplegar algoritmos de aprendizaje automático industrial y obtener nueva información.



#### OneWatt

OneWatt, de Arnhem, Países Bajos, ha diseñado un sistema de mantenimiento predictivo de la salud de motores sin contacto y no invasivo basado en un método acústico. Los datos se recopilan a través de los sensores de reconocimiento acústicos incorporados (EARS), que literalmente escuchan a los motores para evitar reparaciones innecesarias o tiempos de inactividad no planificados. La empresa trabajó con ABB para integrar su IA en los Smart Sensors de ABB con vistas a obtener información sobre el funcionamiento de los activos y los defectos incipientes. La alianza también ha permitido a OneWatt detectar aún más defectos que abundan en la industria, como la cavitación, el desequilibrio eléctrico y la excentricidad de los motores.



#### Vathos Robotics

Vathos Robotics, de Düsseldorf, Alemania, ofrece visión computarizada y aprendizaje automático para aplicaciones en el campo de la robótica y la automatización de fábricas. La arquitectura de software modular de su tecnología de visión computerizada facilitó su integración con las aplicaciones robóticas de ABB. Las APIS locales web (interfaces de programación de aplicación en el lado del cliente) permiten la potencia computacional necesaria para entrenar a los modelos de IA que residen en la nube. Para aplicaciones más críticas para la misión, los clientes pueden protegerse de los efectos de las desconexiones mediante hardware de computación de borde en sus instalaciones.



#### 8power

8power, de Cambridge, Reino Unido, ofrece soluciones de sensores inalámbricos autoalimentados para aplicaciones de plantas industriales y supervisión del estado de máquinas. La startup utiliza su patentado Vibration Energy Harvester para alimentar a sus sensores. Esta idea ayuda a resolver un problema fundamental del Internet de las cosas (IoT): cómo alimentar a los muchos sensores inalámbricos que el IoT necesita sin necesidad de sustituir las baterías. 8power ha resuelto el problema de manera limpia, recabando energía a partir de las vibraciones mecánicas de una forma muy inteligente. En colaboración con el equipo de Oil and Gas de ABB, 8power se ha centrado en la integración de los algoritmos de IA integrados en las soluciones de sensores inalámbricos autoalimentados para el diagnóstico y la supervisión de dispositivos. •

INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA

# Programa Industrial AI Accelerator de ABB

La inteligencia artificial (IA) es un campo en rápida evolución que llama a ABB a buscar colaboraciones con prometedoras startups de IA. ABB ha puesto en marcha el programa Industrial AI Accelerator específicamente para promover estas relaciones. Para saber más, ABB Review ha entrevistado a Philipp Vorst, jefe de proyecto del programa.



## Philipp Vorst

Jefe de proyecto del programa Industrial Accelerator

**AR** Philipp, gracias por charlar con nosotros. ¿Podría contarnos la idea detrás del programa Industrial AI Accelerator?

**PV** Lo haré encantado. ABB cree firmemente que el futuro de la innovación reside en la innovación abierta —lo que significa innovación que incluye colaboración con socios externos— universidades, organizaciones de investigación, startups y similares. Una tecnología que está moviéndose muy rápido y donde las alianzas externas son, por lo tanto, fundamentales es la IA. Así, hace un año aproximadamente, pusimos en marcha este programa para promover colaboraciones en esta área, con una importante participación de empresas locales y un gran apoyo por parte de la dirección, especialmente en Alemania y Polonia. Los centros de investigación de ABB en Alemania y Polonia se han involucrado mucho,

debido a su amplia experiencia en la innovación abierta, al igual que ABB Technology Ventures —que llamamos ATV— y ABB a escala mundial, lo que aseguró su alcance global.

**AR** ¿Qué es la IA? ¿Es lo mismo que el aprendizaje automático?

**PV** En pocas palabras, la IA se representa por sistemas de computadores o máquinas que pueden imitar el comportamiento humano inteligente —como aprender, razonar y autocorregirse— en distintos entornos. Si bien aprendizaje automático a menudo se utiliza como sinónimo, en realidad es una rama de la IA. El aprendizaje automático es un grupo de algoritmos ideados para aprender a partir de datos. La IA puede aumentar en gran medida el poder de los humanos en muchos entornos industriales —como en sistemas de control y robótica, por ejemplo. La IA es un sector fértil para las startups —muchas son extremadamente activas en este campo. Dado que los intereses de ABB coinciden con los de algunas de estas startups, resultan excelentes socios con los que podemos trabajar para lograr nuestros objetivos más rápidamente.

**AR** ABB ya tiene un par de iniciativas destinadas a promover la colaboración con startups, ¿verdad?

**PV** En efecto, tenemos ATV, nuestro brazo corporativo de capital riesgo, que ya hemos mencionado, pero también SynerLeap, que es nuestro hub de crecimiento para startups con base en Suecia. También tenemos varias actividades en marcha en ABB.

**AR** ¿Qué hace ATV?

**PV** El equipo de ATV presta apoyo a ABB para evaluar e invertir en startups y promueve colaboraciones con empresas de ABB. A través de capital riesgo estratégico, ABB invierte en empresas tecnológicas innovadoras que están en línea con la finalidad y los objetivos estratégicos a medio y largo plazo de ABB. Al invertir en estas empresas, ABB obtiene acceso a nuevas tecnologías, obtiene información sobre nuevos sectores, aprende sobre nuevos modelos de negocio y se asegura de que la empresa se mantiene a la cabeza de la innovación que sucede más allá de sus propias paredes.



**AR** ¿Y SynerLeap?

**PV** SynerLeap —que ayuda a las empresas de todo el mundo a llegar a un mercado global y desarrollar su negocio— es nuestra otra principal iniciativa de colaboración. SynerLeap colabora con emprendedores y startups, y les permite beneficiarse de los recursos, las redes internas y las competencias de las que dispone una importante multinacional como ABB. Según he sabido recientemente, SynerLeap ha acelerado más de 90 empresas en tres años, algo que, en mi opinión, es un muy buen resultado y un esfuerzo impresionante.

**AR** ¿Cómo seleccionasteis a startups idóneas para el programa acelerador?

**PV** En el marco de un proceso de revisión de dos meses, seleccionamos siete startups de entre más de 100 empresas estudiadas. Evaluamos criterios como la medida en que las actividades de las startups coincidían con los casos de uso objetivo de ABB y estudiamos las soluciones técnicas que proponían, además de los equipos de personas en sí mismos. Por cierto, dos de las empresas seleccionadas procedían de la red de SynerLeap.

**AR** ¿Y qué sucedió después?

**PV** A finales de enero, las startups seleccionadas se unieron al programa de cuatro meses en ABB. Durante el programa, cada startup trabajó con un socio exclusivo dentro de ABB en un caso de uso específico. Ejemplos de casos de uso son la detección de anomalías en sistemas de control o visión artificial para robótica.

---

**ABB cree firmemente que el futuro de la innovación reside en la innovación abierta.**

Un primer hito fue la Feria de Hannover a principios de abril de 2019, donde organizamos uno de los talleres presenciales con el grupo seleccionado y donde las

startups tuvieron la oportunidad de presentar sus soluciones en el stand de ABB durante un evento especial. Con Suecia como país socio de la feria, SynerLeap jugó un papel activo en el laboratorio de innovación del pabellón de Suecia. SynerLeap se unió al evento de presentación de ABB para compartir los éxitos de su propia experiencia de iniciativas corporación/startup frente a expertos de ABB, clientes, y socios. El evento fue un ensayo excelente del «Demo Day» que se celebró después en mayo en Berlín. En el Demo Day, las startups del acelerador presentaron los resultados finales de sus proyectos de colaboración y una de las startups. —Greenlytics— fue seleccionada como ganadora por un jurado.

**AR** ¿Cómo enfocaban la IA las startups y como les ha ayudado el programa acelerador?

**PV** Las startups que participaron en el acelerador utilizan componentes de IA —como aprendizaje automático o percepción visual— para impulsar soluciones prometedoras y desplegarlas en un entorno industrial. Cuando se unieron al programa Industrial AI Accelerator de ABB, las startups recibieron coaching, soporte técnico, la oportunidad de adaptar sus soluciones más a las necesidades industriales y la posibilidad de conseguir clientes, crecer y comercializar su solución en un escenario global.

**AR** ¿Ha sido el programa acelerador un éxito?

**PV** ¡Sin duda! El programa ha puesto en marcha colaboraciones que son valiosas para todas las partes implicadas. Sin el programa, estas colaboraciones podrían haber tardado mucho más tiempo o no haberse producido. Era muy importante que las Divisiones de ABB estuvieran comprometidas con el éxito de las colaboraciones, que apoyaran a las startups y que colaboraran en casos de uso predeterminados, relevantes comercialmente y relacionados con la IA. Y todos los equipos se han implicado mucho, tanto por el lado de las startups como por el de ABB. Permítame añadir que, además de las siete startups que escogimos, había muchas más con ideas muy fértiles. ¡Un gran presagio para el futuro!

**AR** Philipp, muchas gracias por la entrevista. •



---

 INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA

# 5G para industrias digitales

5G —la quinta generación de tecnología de comunicación celular— es un capacitador clave para la digitalización de la industria. Es difícil sobrevalorar el impacto que el 5G tendrá en los sectores en los que ABB está presente. ¿Cuáles son las propuestas de valor del 5G y qué es ABB haciendo para ponerlas en práctica?



**Dirk Schulz**  
Industrial Automation,  
Corporate Research  
Ladenburg, Germany

dirk.schulz@de.abb.com

Con la megatendencia de la digitalización escalando a marchas forzadas, las industrias verticales están intentando mejorar la competitividad mediante una integración más profunda de las redes de valor, los procesos de operaciones y los equipos de producción. Más que nunca, se espera que los sistemas de automatización permitan flexibilidad, aumenten la productividad y reduzcan el riesgo operacional de sus propietarios. Para los proveedores de automatización, esto significa ampliar el foco desde la automatización de energía y flujos de material y procesos digitales —incluso entre distintas industrias verticales →01. El 5G puede satisfacer las necesidades de este ecosistema digital convergente.

## ¿Qué es el 5G?

Dado que el mundo depende cada vez más de la conectividad y del intercambio de datos, la industria de las comunicaciones se está moviendo para ofrecer un tipo completamente nuevo de red inalámbrica: el 5G [1]. Con, por ejemplo, la capacidad de dar servicio a muchos dispositivos casi simultáneamente e incluso de gestionar diferentes redes lógicas para aplicaciones de conducción autónoma, aplicaciones de voz y aplicaciones industriales en una única infraestructura física, el 5G no es solo un 4G más rápido, es un punto de inflexión →02.

Hay tres aspectos clave del rendimiento del 5G, que pasara a estar disponible, de una manera incremental, en los próximos años →03:

- La Banda Ancha Móvil Mejorada (eMBB) aumenta la banda ancha en un orden de magnitud respecto del 4G, dirigida a aplicaciones como el streaming de vídeo en alta definición (HD) o la realidad aumentada (AR) —no solo en el mundo del consumo sino también el ámbito industrial. La cobertura pública del 5G inició en 2019.
- La Comunicación Ultraconfiable de Baja Latencia

(URLLC) reduce la latencia asequible y mejora la fiabilidad de la comunicación. La URLLC se dirige a aplicaciones críticas de procesos y seguridad como los procesos de bucle cerrado y el control del movimiento, la comunicación segura y la logística autónoma con Vehículos de Guiado Automatizado (AGV). La URLLC también puede denominarse comunicación crítica máquina-tiempo.

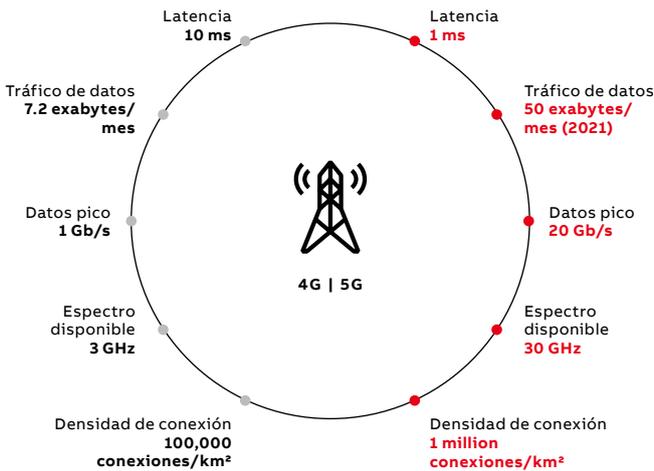
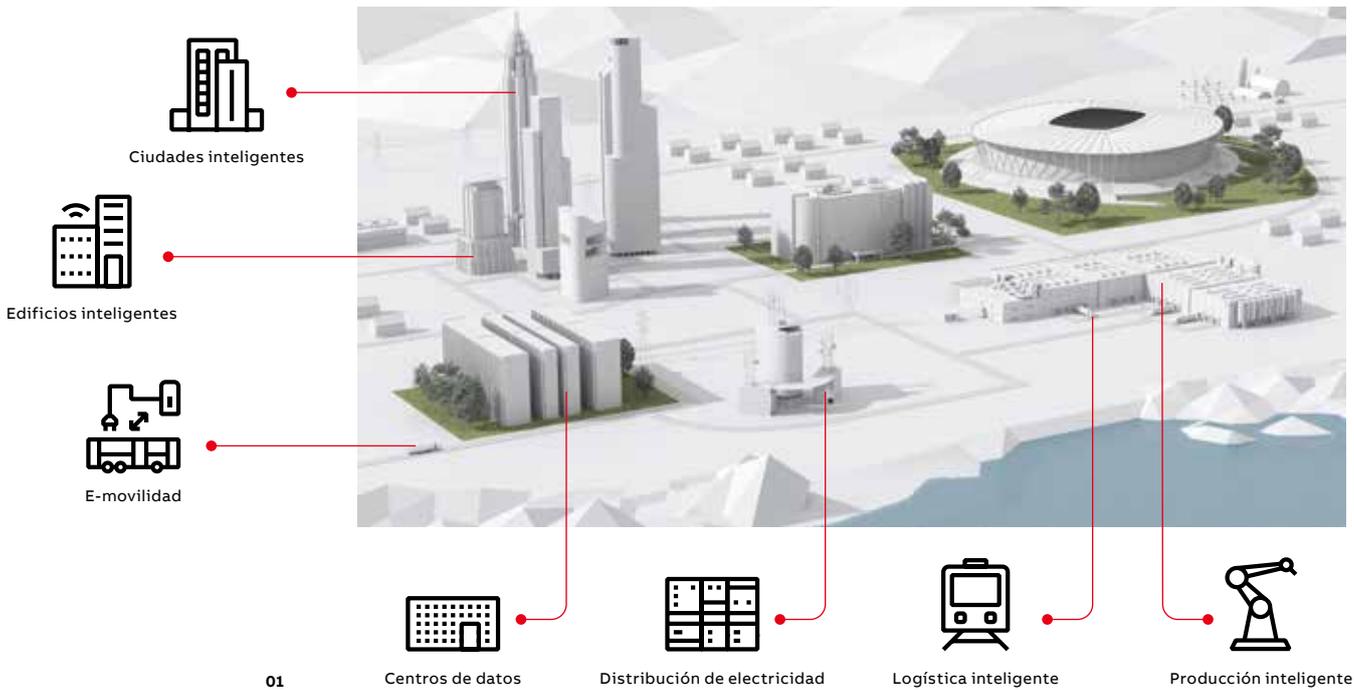
- Este aspecto ya se ha estandarizado completamente; su disponibilidad comercial está prevista para 2021/2022.
- La Comunicación Masiva Tipo Máquina (mMTC) tiene por objeto aumentar el número de dispositivos en un área dada en varias órdenes de magnitud, y está principalmente destinada a aplicaciones de sensores con bajas tasas de transferencia de datos (en comparación, por ejemplo, con el vídeo) pero alta densidad espacial. Esta característica se estandarizará en último lugar y está previsto que esté disponible a finales de 2023.

En la práctica, las aplicaciones requieren una combinación de estas prestaciones de rendimiento. Un buen ejemplo es el streaming de contenidos de realidad aumentada, que requiere tanto un gran ancho de banda para el propio contenido como una baja latencia para evitar retrasos en el movimiento

---

**El 5G no es solo un 4G más rápido, es un punto de inflexión.**

—si el retardo entre el movimiento de la cabeza y la imagen de realidad aumentada es muy alto, la tecnología deja de ser usable en el campo. De manera similar, las aplicaciones de control de bucle



02

cerrado requieren una alta densidad de sensores y alta fiabilidad (pero tasas de transferencia de datos más bien bajas). Estos dos ejemplos presentan claramente el alcance de los dos tipos básicos de la comunicación industrial 5G.

- Comunicación determinística para el control de los procesos físicos. Este tipo de comunicación requiere alta fiabilidad y baja latencia para cerrar los bucles de los procesos ciberfísicos.
- Comunicación transaccional para optimizar y mantener el proceso y el equipo de proceso. En este caso, pueden conectarse una gran variedad de sensores.

Más allá de la mera mejora del rendimiento del protocolo indicado más arriba, los ecosistemas celulares construidos con tecnología 5G ofrecen una variedad

de prestaciones e innovaciones que benefician a los sistemas industriales automatizados:

**Infraestructura de comunicación escalable y determinística**

El 5G ofrece mecanismos para una entrega de datos garantizada con latencia limitada. Mientras haya recursos de red disponibles, las aplicaciones podrán escalarse porque la protección de los recursos está integrada en la tecnología. El rendimiento de la red, a su vez, puede escalarse acoplado recursos de radio, fibra y computación adicionales cuando se requiera.

**Fragmentación de redes**

La fragmentación de redes permite la multipropiedad de las redes. Al contratar un fragmento de red, las aplicaciones con prioridad temporal crítica pueden ejecutarse sin necesidad de invertir en una

Los ecosistemas celulares construidos con 5G ofrecen una variedad de prestaciones e innovación con beneficios para la automatización industrial.

infraestructura dedicada (por ejemplo, la conducción autónoma y las plantas autónomas podrían compartir una red 5G). De manera alternativa, una red privada única puede segregar comunicaciones de manera fiable en TI de oficina, control de procesos, operaciones, control de peligros, servicios públicos e infraestructura, etc.

—  
01 Alcance de los verticales conectados. El 5G puede satisfacer las necesidades de un ecosistema digital convergente de verticales, desde distribuir energía hasta automatizar ciudades inteligentes.

—  
02 El 5G tiene un rendimiento aproximadamente diez veces mejor que el de 4G.

—  
03 Áreas de rendimiento clave del 5G. Latencias de comunicación: de 125 µs al orden de segundos. Tasas de transferencia de datos: de kbps a gbps Radio de cobertura: de 1 m a 1000 km. Densidad de dispositivo: de 1 a 1 000 000 dispositivos/km2. Disponibilidad: de 99 a 99,999 %.

**Universalidad**

El 5G ofrece tecnología de radio universalmente usable y configurable. Los equipos de radio pueden configurarse para promover una combinación específica de determinismo, ancho de banda y número de participantes de red, en función de los recursos de radio disponibles. Ya no se requieren tecnologías especializadas para cubrir los distintos tipos de aplicaciones de automatización, desde el control de movimiento hasta el procesamiento de vídeo.

**Sincronización del tiempo de precisión**

Más allá de la baja latencia para las aplicaciones de control, la sincronización del tiempo de precisión de área amplia permite una secuencia inalámbrica de eventos (SoE) para procesos críticos en los que las alarmas y los eventos de equipos distribuidos deben integrarse globalmente en una secuencia cronológica.

**Computación de borde móvil**

El procesamiento de señales y el análisis de datos pueden desplegarse de manera flexible como funciones de software virtualizadas en la proximidad del proceso, sin tener que cargar a los sensores (restringidos energéticamente) o a los equipos críticos para el proceso. Este enfoque tiene varias ventajas: los datos pueden retroalimentarse en el proceso con baja latencia (por ejemplo, para integrar el control de calidad del producto) y no hay que añadir ningún equipo de computación especializado en las instalaciones. Si se utiliza una red denominada privada, los datos sensibles ni siquiera salen de la red corporativa, y por supuesto no se transfieren a centros de datos de terceros.

**Baja potencia y alta densidad**

El 5G ofrece variantes de protocolo de baja potencia y baja tasa de transferencia de datos que utilizan el IoT de banda estrecha (NB-IoT) para soportar una densidad de dispositivos extremadamente aumentada (véase la mMTC). El NB-IoT es

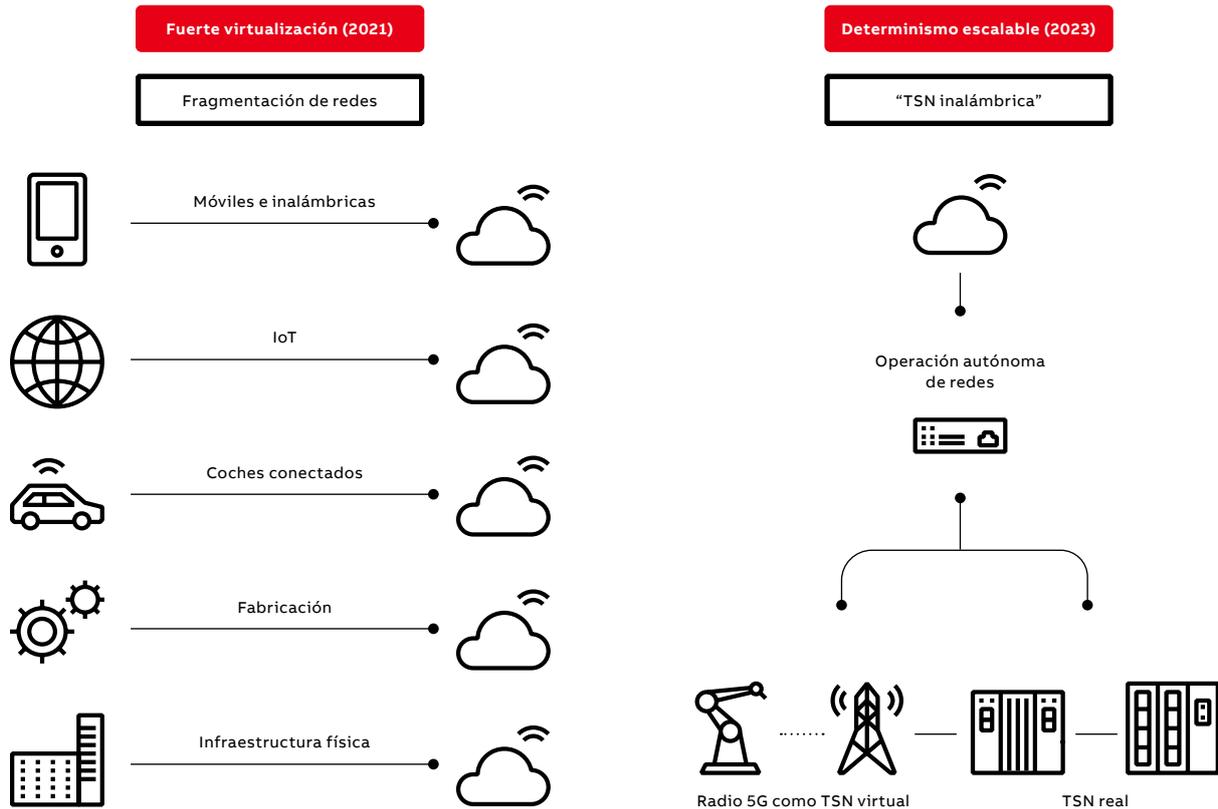
—  
**El valor añadido para el cliente es el principal impulsor detrás del compromiso de ABB con el 5G.**

una red de radio de bajo coste, baja potencia y amplia área que corre a 200 KHZ y admite una amplia gama de dispositivos celulares y servicios, concentrándose en la cobertura interior, la larga duración de las baterías y la alta densidad de conexiones. Con una potencia de transmisión en el rango mW, el NB-IoT permite la ubicación flexible de sensores incluso energéticamente autónomos —sin tener en cuenta la comunicación o la fuente de alimentación, lo que reduce tanto el coste como el tiempo de instalación.

**El valor del 5G**

Como hemos visto más arriba, las aplicaciones industriales 5G pueden correr simultáneamente en la misma infraestructura de red, dependiendo de la disponibilidad de recursos de radio y red adecuados. Estos recursos se han reconfigurado





**Conectividad universal para sistemas de producción**

04

**El 5G tiene el potencial de ofrecer conectividad universal a sistemas industriales.**

en software para adaptarse al mix cambiante de las necesidades de aplicaciones de los sistemas de producción adaptativos.

Dado que el rendimiento de la red puede ajustarse de una manera muy granular, el coste incremental (añadiendo recursos) aumenta el valor incremental (rendimiento específico de la aplicación).

Más allá de las innovaciones técnicas mencionadas más arriba, el valor añadido del cliente es el principal impulsor detrás del compromiso de ABB con el 5G. Por ejemplo, por primera vez, podría ser factible delegar la propiedad y el funcionamiento de una infraestructura de automatización de misión crítica a un proveedor de automatización. Los propietarios de plantas y empresas podrían optar por eliminar el coste y el esfuerzo que supone operar y mantener hardware DCS sin perder el control de sus buses

de campo, controladores y dispositivos de E/S. De esta forma, puede mantenerse o transferirse el riesgo operacional.

El 5G también ayuda a mejorar la productividad. La capacidad para añadir y conectar sensores sin coste de infraestructura añadido es un catalizador para aumentar el nivel de digitalización de los procesos de producción física y las infraestructuras. Más datos significa una visión adicional de los procesos y productos que pueden utilizar los algoritmos de aprendizaje automático para predecir y prevenir el tiempo de inactividad del sistema y los problemas de calidad.

Otras propuestas de valor clave son:

- El 5G aumentará la flexibilidad dentro de los procesos de producción. La comunicación inalámbrica, en general, permite nuevas disposiciones más sencillas de las máquinas, módulos de producción o transporte de materiales con AGV. El 5G añade específicamente la fiabilidad y el determinismo necesario para dicha flexibilidad en una escala industrial.
- El 5G promueve la sostenibilidad y es en sí mismo una tecnología sostenible. La infraestructura 5G puede compartirse entre distintas

—  
04 Innovaciones clave del 5G y TSN.

—  
05 El 5G tendrá un impacto importante en muchas de las industrias en las que ABB participa.

aplicaciones y dominios industriales. Y se prevé que los sensores o el equipo de automatización celular en el que se invierte hoy duren muchos años.

Juntos, el 5G y el IEE de redes sensibles al tiempo (TSN) —un conjunto de normas que establecen redes determinísticas a niveles más bajos— están dispuestos a ofrecer conectividad universal y

computación a los sistemas industriales e infraestructura (a gran escala). Las funciones de automatización en las aplicaciones de seguridad, el control de bucle cerrado, las operaciones, los análisis de datos, o el aprendizaje automático serán capaces de negociar los recursos que necesitan sin tener que tener en cuenta protocolos de comunicación o cuestiones de despliegue→04.



—  
06 ¿Cuándo habrá soluciones de automatización 5G disponibles? La hoja de ruta del 5G desde la perspectiva de las industrias verticales.

**Haciendo realidad el 5G**

El 5G es un ecosistema de comunicación complejo pero versátil que incorpora toda una serie de radiotecnologías distintas, redes de área amplia, computadoras potentes y una cantidad importante de funciones de software inteligente. El 5G tiene el potencial de ofrecer conectividad universal a sistemas industriales →05. La disponibilidad del 5G en los próximos años se muestra en →06. Con un rendimiento de comunicación configurable, una opción de radio de baja potencia, computación colocalizada y disponibilidad a través de suscripciones, el 5G sobrepasa a la tecnología de comunicación existentes en las aplicaciones industriales.

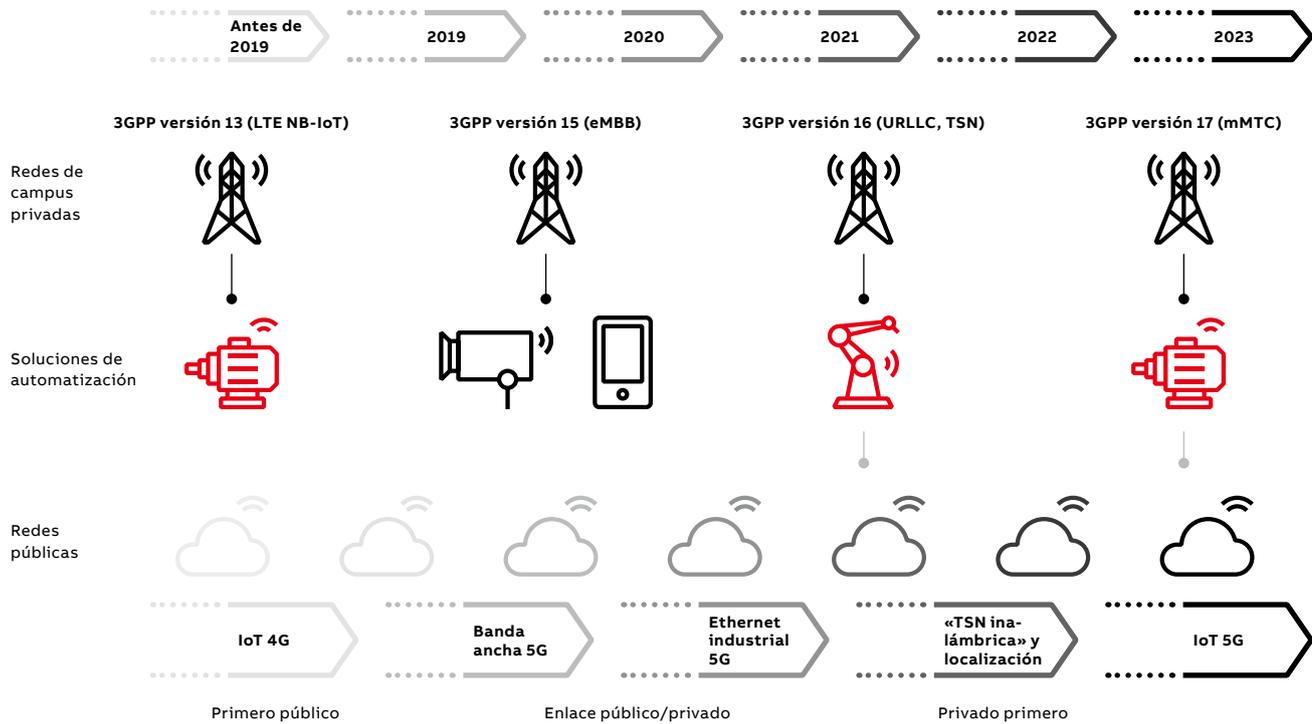
A día de hoy, ABB ofrece soluciones de telecomunicaciones al mundo del petróleo y el gas y la tecnología celular ya está presente en muchos productos de ABB. ABB también es una de las primeras empresas en aprovechar el protocolo celular NB-IoT para permitir la gestión de flotas y las aplicaciones de telemetría para mejorar la disponibilidad de recursos.

—  
**Referencia**

[1] D. Schulz, "Buzzword demystifier: 5G," ABB Review 3/2020, pp. 78-79.

—  
Juntos, ABB y Ericsson están impulsando la estandarización, la regulación y el desarrollo tecnológico del 5G.

Para aprovechar las oportunidades digitales que se presentan, ABB colabora con empresas líderes en el mundo en la industria de la tecnología de comunicación e información como IBM (IA), Microsoft (ABB Ability™ nube), HPE (computación en el borde) y, recientemente, Ericsson (para 5G). Juntos, ABB y Ericsson están impulsando la estandarización, la regulación y el desarrollo tecnológico del 5G. Los objetivos clave aquí son la disponibilidad del espectro local y el endurecimiento de la tecnología para casos de uso industriales. •



3GPP: Proyecto asociación de tercera generación (3GPP), un término paraguas para las organizaciones de estándares que desarrollan protocolos para las telecomunicaciones móviles.

INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA

# Gestión de activos y energía con Ekip UP



—  
01 Ekip UP supervisa, protege y controla la distribución de energía y la automatización en muchos tipos distintos de aplicaciones.

01



**Fabio Monachesi**  
ABB Electrification  
Bérgamo, Italia

fabio.monachesi@  
it.abb.com



**Sekhar Chakraborty**  
ABB Electrification  
Coventry, Reino Unido

sekhar.chakraborty@  
gb.abb.com

Parte de la oferta de energía inteligente de ABB Ability™, Ekip UP de ABB transforma la distribución de energía y las aplicaciones de automatización en microrredes digitales, aumentando su eficiencia energética, continuidad de servicio y seguridad.

Un nuevo elemento importante en el escenario de la electricidad es la microrred —es decir, recursos energéticos distribuidos y cargas, principalmente en redes de baja tensión (LV), que pueden trabajar juntos de forma controlada y coordinada, ya sea conectados a una red nacional o en modo «aislado». Las microrredes de baja tensión son especialmente importantes para el despliegue de la energía renovable. La descentralización de las microrredes de baja tensión supone la antítesis última de los suministros nacionales centralizados.

El limitado presupuesto a pequeña escala de las instalaciones de baja tensión hace que el gasto incremental del control, la supervisión o la gestión inteligentes de la energía puedan dominar rápida-

mente los costes generales de la microrred. Esta restricción ha dado lugar a la instalación en microrredes y otras aplicaciones de baja tensión de millones de interruptores abiertos e interruptores en caja moldeada —de todas las marcas— sin prestaciones avanzadas para la supervisión o la optimización de recursos. Esta lamentable situación se ha puesto de manifiesto con la llegada de la digitalización bajo la forma del Internet de las cosas (IoT) y las redes de comunicaciones capaces de liberar el potencial de los datos para optimizar la gestión energética —habida cuenta de que se dispone de la tecnología inteligente adecuada.

Ekip UP de ABB ofrece esta tecnología inteligente →01-02.



02

### Ekip UP

Ekip UP de ABB es una unidad digital multifuncional que ofrece supervisión, protección, control, lógica programable, conectividad total, fácil integración y gestión total de la energía a aplicaciones de distribución de energía de baja tensión y automatización con tensiones de hasta 1150 V y corrientes operativas de 100 a 6300 A →03-05.

Si se utiliza el módulo gateway opcional, Ekip UP puede conectarse directamente al Sistema de Control Distribuido Eléctrico (EDCS) para ofrecer una plataforma potente y basada en la nube diseñada para supervisar, explorar, analizar y actuar en sistemas eléctricos completos. Esta arquitectura en la nube ha sido desarrollada en unión con Microsoft para reforzar sus prestaciones y garantizar la mayor fiabilidad y seguridad. La combinación Ekip UP/EDCS ofrece amplias capacidades de supervisión y gestión en redes amplias de baja tensión.

Hay disponibles cinco versiones de Ekip UP:

#### Ekip UP Monitor

Ekip UP Monitor mide un conjunto completo de parámetros relevantes para la correcta gestión de la energía en plantas de hasta 4 MW: tensión, corriente, fase de frecuencia, potencia activa/reactiva, etc. Ekip UP Monitor también presenta un analizador de calidad de la red —construido de conformidad con la segunda edición de la norma IEC61000-4-30— que mide hasta el armónico 50 y un datalogger de análisis de fallos. Ocho buses de campo y enlaces Ethernet más un bus propio permiten la sencilla integración del sistema. Cada Ekip UP tiene cuatro ranuras para módulos plug&play que permiten compartir hasta 3000 puntos de datos con sistemas de supervisión, garantizando la modularidad en cada aplicación.

La unidad digital también detecta valores de temperatura y humedad en barras de bus, transformadores y cuadros eléctricos mediante sondas PT y sensores analógicos en módulos integrados.

#### Ekip UP Protect y Ekip UP Protect+

Estos modelos añaden funciones de protección a las que ya ofrece el Ekip UP Monitor en función de valores de corriente, tensión, frecuencia y potencia. Ekip UP Protect+ incorpora protección para generadores, además de protección direccional adaptativa

**Ekip UP puede conectarse a los EDC de ABB Ability™ para ofrecer una potente plataforma basada en la nube.**

y de sobrecorriente para la distribución y generación de potencia. El dispositivo permite la selectividad de zonas digitales a través de una comunicación bus y nativa IEC 61850 GOOSE para



03

—  
02 Ekip UP. El diseño modular plug&play del dispositivo facilita la configuración de nuevos sistemas o la actualización de sistemas antiguos.

—  
03 Ekip UP ofrece una amplia gama de funcionalidades para aplicaciones de distribución de energía de baja tensión y automatización.

subestaciones. También permite diferenciar entre fallas a tierra restringidas/no restringidas. La selectividad de zonas permite aislar el área de falla rápidamente de manera que la desconexión solo se produce cerca de la falla y los demás equipos permanecen sin interrupciones.

Ambos modelos pueden equiparse con kits de software para atender al desbordamiento de carga, capacidad de sincrocomprobación, lógica programable y protección certificada por interfaz. Estas prestaciones avanzadas garantizan la continuidad del servicio y la eficiencia energética y reducen la complejidad.

Ekip UP también puede servir sencillamente como backup cuando un relé se avería.

#### Ekip UP Control

Ekip UP Control aporta a los dispositivos descritos anteriormente un algoritmo propio de gestión de la energía que reduce los picos y cambia las cargas para optimizar el rendimiento y la productividad del sistema. Estas medidas pueden reducir la factura de electricidad en hasta un 20 %.

Ekip UP Control, instalado aguas abajo del transformador de media tensión (MV)/transformador de baja tensión (LV), puede utilizar datos de pendiente de frecuencia para desconectar cargas en caso de situaciones de desequilibrio de emergencia. Este sistema de protección por interfaz ofrece la protección necesaria para conectar a los usuarios finales con la generación local disponible en la red de suministro. Las unidades generadoras se desconectarán de la red cuando los valores de tensión y frecuencia de esta se salgan del rango. Cuando la red principal se estabilice, la lógica de sincrocomprobación integrada en Ekip UP gestionará la reconexión segura.

#### Ekip UP Control+

Con prestaciones de control que hacen de él un controlador de microrredes, Ekip UP Control+ es el miembro de gama alta de la familia Ekip UP. Ekip UP Control+ es capaz de ejecutar una suite de funciones de software para conseguir todos los objetivos que un usuario de distribución de energía y automatización pueda tener.

#### Áreas de aplicación de Ekip UP

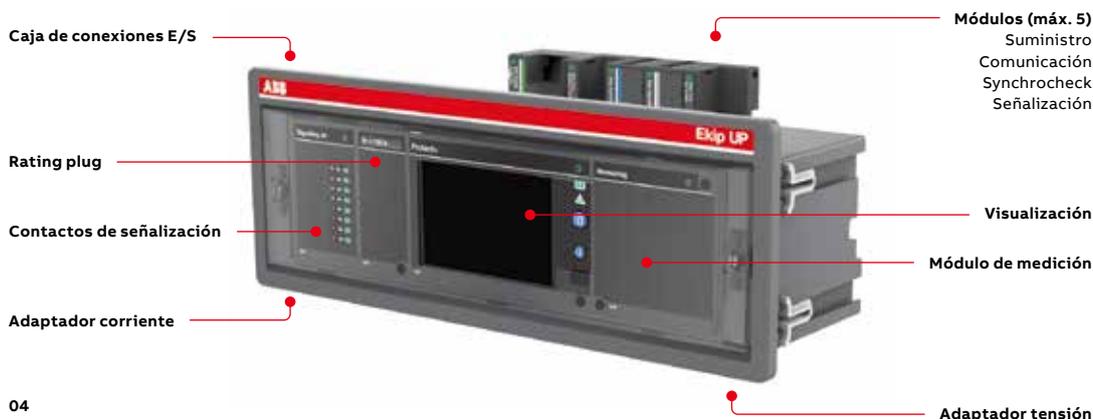
Ekip UP se utiliza en una amplia gama de entornos de baja tensión. En edificios comerciales, como hoteles, centros comerciales u oficinas, Ekip UP controla el consumo energético de las instalaciones existentes y las conecta a la nube. Gracias al sistema remoto de gestión de energía y al algoritmo de gestión inteligente de energía incorporado en la unidad

—  
**Ekip UP+ aporta protección para generadores, además de protección direccional adaptativa y de sobrecorriente.**

digital, los responsables de las instalaciones y los usuarios finales pueden incrementar la eficiencia energética de la planta eléctrica del lugar. En nuevas infraestructuras con cargadores de e-movilidad, Ekip UP ofrece la clave para conocer los flujos de corriente, lo que permite implantar estrategias de reducción de picos y cambios de carga.

En las plantas industriales y de suministro, Ekip UP protege los sistemas de energía de la planta y los





procesos de automatización mediante una interfaz directa de cada dispositivo interruptor. La unidad cumple toda una lista de protecciones de distribución y generación ANSI gracias a que la lógica programable integrada puede enviar órdenes de disparo para conmutar desconectores (un ejemplo típico lo encontramos en las industrias del gas y del petróleo).

Las microrredes son entornos de baja tensión que pueden beneficiarse especialmente de Ekip UP, ya que pueden coordinar la carga y los flujos de carga/generador. Gracias a las funciones de software disponibles, Ekip UP puede maximizar la continuidad del servicio de la microrred en centros de datos, plantas solares, etc. La capacidad avanzada de conectividad de Ekip UP facilita la integración.

#### ABB Ability™ EDCS

El ABB Ability™ EDCS es una plataforma basada en la nube diseñada para supervisar, optimizar y controlar un sistema eléctrico:

- Supervisar: Descubrir rendimiento de la planta, supervisar el sistema eléctrico y distribuir costes.
- Explorar: Visualizar la estructura del sistema, comprobar el estado de salud de los activos y obtener información práctica teniendo en cuenta las predicciones y prescripciones.
- Analizar: Programar y analizar las exportaciones de datos automáticas, mejorar el uso de activos y adoptar las decisiones comerciales correctas.
- Actuar: Establecer alertas y avisar al personal clave; implementar en remoto una estrategia de eficiencia efectiva para lograr ahorros de una manera sencilla; y gestionar las actividades de mantenimiento y programar las próximas acciones de mantenimiento.

Ekip UP pone a disposición los datos utilizados por el EDCS —desde los interruptores de caja moldeada,

los interruptores en miniatura, protecciones de arco, multímetros, etc.—, lo que permite la conexión en la nube sin sustituir ningún activo existente en aplicaciones obsoletas. El EDCS es multiusuario y opera a través de una interfaz web, por lo que puede utilizarse en cualquier momento en cualquier lugar a través de un enlace ciberseguro a un smartphone u ordenador personal. A través de la plataforma EDCS, Ekip UP predice el mantenimiento de los activos ABB instalados y los antiguos GE, reduciendo los costes operacionales relacionados en hasta un 30 %.

El EDCS da acceso a datos en tiempo real y a tendencias históricas —a nivel de uno o varios centros— de manera que puedan compararse los rendimientos y puedan establecerse referencias. Un solo técnico puede hacerse cargo de varias plantas y, como el EDCS diagnostica continuamente

En infraestructura nueva con cargadores e-movilidad, Ekip UP ofrece la clave para conocer los flujos de corriente.

los dispositivos del sistema eléctrico, solo deberá actuar cuando es necesario. Al medir la actividad del dispositivo directamente, el algoritmo del EDCS puede ofrecer una curva de confiabilidad del dispositivo y sugerir la siguiente fecha de mantenimiento.

#### Ekip UP sobre el terreno

Una instalación típica de Ekip UP sería en una aplicación de aparcamiento en la que los disyuntores están en buen estado, pero otros equipos deben reemplazarse. Este ha sido el caso recientemente en

—  
04 Características principales de Ekip UP

—  
05 Ekip UP ocupa poco espacio en el rack. Disponible en opciones con raíl DIN o montado con puerta, Ekip UP se ajusta a los requisitos de instalación de los OEM y constructores de paneles con limitaciones de espacio.

los Emiratos Árabes Unidos (UAE) con la Autoridad de Electricidad, Agua y Gas de Sharjah (SEWA). La SEWA distribuye agua y genera electricidad para los residentes del Emirato Sharjah.

Los relés de todos los disyuntores de baja tensión —de un competidor de ABB— en la subestación de Qasimia de la SEWA resultaron ser defectuosos. El proveedor original sugirió la sustitución de todos los disyuntores —una operación importante y cara. En busca de una solución alternativa, la SEWA se puso en contacto con ABB. Dado que los disyuntores estaban

por lo demás en buenas condiciones, ABB sustituyó solo el relé electrónico defectuoso por Ekip UP, que es completamente compatible con cualquier disyuntor de baja tensión existente, incluso los dispositivos de la competencia. La puesta en marcha fue soportada por Ekip Connect de ABB, una herramienta de software gratuita que optimiza la capacidad de Ekip UP para gestionar la energía, adquirir y analizar los valores eléctricos y probar las funciones de protección, mantenimiento y diagnóstico.

#### Una elección inteligente

Una amplia gama de accesorios complementa las avanzadas prestaciones de Ekip UP. Con su diseño modular y estandarizado, y reforzado por las capacidades de EDCS, Ekip UP ofrece una forma ideal de ofrecer tecnología conectada en la nube que ahorra coste y tiempo de inactividad al tiempo que hace que la gestión de la energía sea más fácil, más eficiente y más rentable. Ekip UP es, literalmente, una elección inteligente que puede ofrecer a cualquier planta de baja tensión una unidad digital capaz de supervisar, proteger y controlar la instalación. •

—  
Ekip UP ofrece tecnología conectada en la nube que ahorra coste y tiempo de inactividad al tiempo que mejora la gestión energética.



## INFORMACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA

# Computación cuántica: lo que dicen y lo que se espera

La autonomía en un entorno industrial necesita resolver problemas computacionales en los campos de la optimización y la inteligencia artificial (IA). Algunos de estos problemas no pueden resolverse con el hardware y el software disponibles actualmente. ¿Podría la computación cuántica ser la clave?



**Thorsten Strassel**  
ABB Research Switzerland  
Baden-Daettwil, Suiza

thorsten.strassel@  
ch.abb.com



**Elsi-Mari Borrelli**  
ABB Research Switzerland  
Baden-Daettwil, Suiza

elsi-mari.borrelli@  
ch.abb.com

La computación cuántica es actualmente uno de los temas de los que más se habla en tecnología. Y aun así está lejos de nuestro día a día en el mundo tradicional, su potencia disruptiva sigue sin llegar a la mayoría. Cada nuevo día aparecen nuevos titulares, a bombo y platillo, que culminaron con la espectacular noticia a finales de 2019 que afirmaba que Google había ganado a sus competidores en la carrera por la «supremacía cuántica». El nuevo récord fue recibido con entusiasmo por la comunidad tecnológica, que llegaron a comparar este importante logro de ingeniería con el aterrizaje del Apollo 11 en la luna →01-02.

De vuelta en la Tierra, es bueno que cuestionemos y evaluemos el significado de la computación cuántica en las aplicaciones industriales del futuro: ¿qué tipo de tecnologías permitiría la computación cuántica en las aplicaciones industriales? ¿Qué obstáculos impiden el uso de la computación cuántica a día de hoy? ¿Hay otras tecnologías emergentes que puedan tener un impacto parecido?

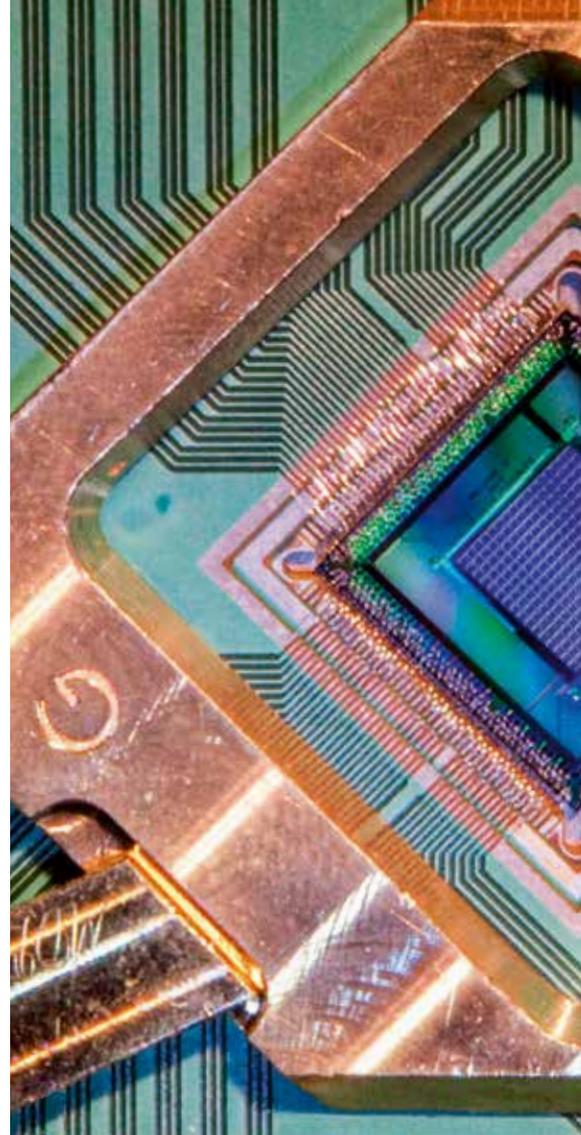
## ¿Puedo comprarme una computadora cuántica ahora?

Un buen punto de partida es establecer qué son las computadoras cuánticas y quién está en la carrera por construirlas.

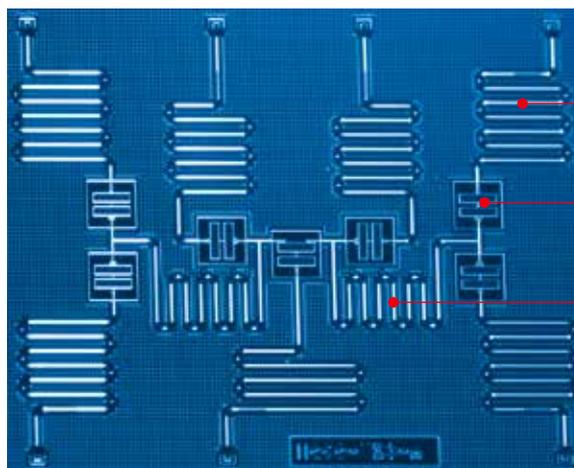
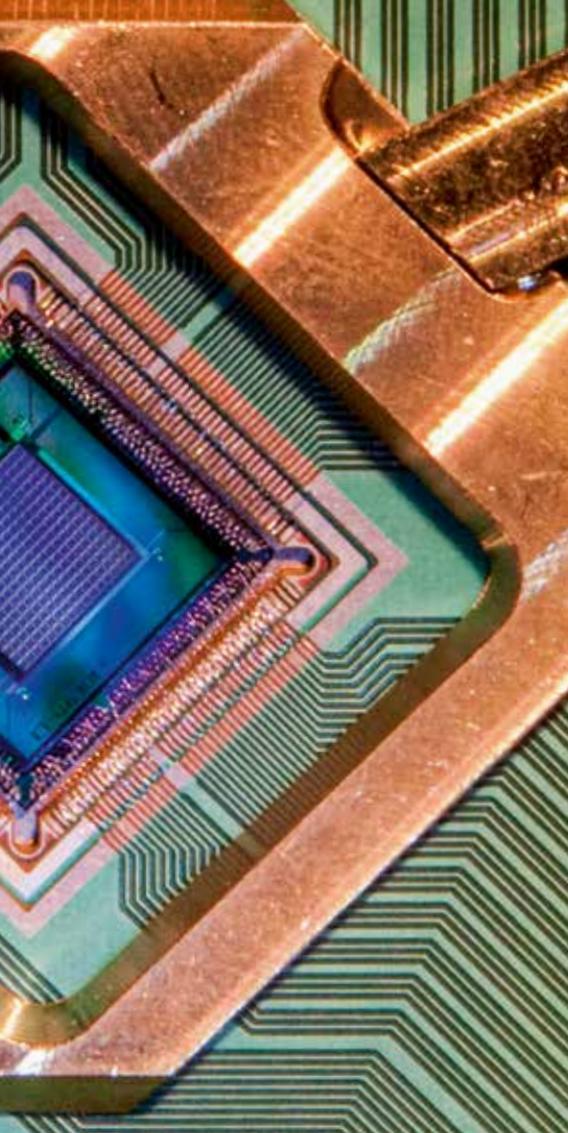
Ni se espera que las computadoras cuánticas vayan a sustituir rápidamente a los portátiles —ni siquiera a largo plazo— ni son superordenadores universales que

Las computadoras cuánticas son, de hecho, máquinas grandes especializadas.

vayan a sustituir a la computación de grandes clústeres. Las computadoras cuánticas son, de hecho, máquinas grandes especializadas que tienen por objeto superar



01



02



03

03: IBM, shared via Kandala et al., Nature and Creative Commons, license details: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/legalcode>

01 La computación cuántica puede ser la clave para lograr la autonomía de las máquinas en la industria, pero ¿son viables fuera del laboratorio? Se muestra un chip D-Wave 2000Q

02 Diseño temprano de un chip qubit IBM7 basado en tecnología superconductora.

03 Computadora cuántica IBM Q System One.

al hardware convencional (y sus sucesores) en problemas computacionales específicos —de los que hablaremos más abajo →03. Las computadoras cuánticas utilizan principios de mecánica cuántica para resolver en minutos problemas para los que los superordenadores más rápidos necesitarían miles de años o más. Y lo que es más importante, la aceleración solo puede conseguirse utilizando algoritmos especiales (cuyo diseño es una ciencia en sí misma) que aprovechan las leyes de la física cuántica; los algoritmos actuales no sirven.

La idea de la computación cuántica la puso sobre la mesa el Premio Nobel, Richard Feinman, en su ya famoso discurso en IBM en 1982. A ello le siguieron iniciativas experimentales, que dieron lugar, a finales de los 90, a los primeros dispositivos computacionales cuánticos que permitieron la manifestación del denominado qubit, el pariente cuántico del bit de la computación clásica. Los últimos avances teóricos han desarrollado el campo de una manera significativa. Hoy, los chips de 54 qubits están a la vanguardia y corpora-

ciones como Google, IBM y Honeywell han asumido el liderazgo del hardware con departamentos de investigación de alto perfil mientras un par de startups de hardware intentan seguirles el ritmo. (Estos esfuerzos se refieren a una arquitectura universal para computadoras cuánticas; en el caso de hardware

**El proceso solo puede acelerarse utilizando algoritmos especiales.**

optimizado para el algoritmo específico del temple cuántico, la empresa D-Wave es la más conocida.) Simultáneamente, las agencias gubernamentales y la Wallenberg Foundation en Suecia han contribuido al desarrollo de conocimiento y la comercialización. Hasta ahora, y a pesar de todos estos esfuerzos, la tecnología no ha salido de las paredes del laboratorio y no tiene aplicación comercial. ¿Pero durante cuánto tiempo?

### ¿Qué está ocurriendo dentro?

Desde que la idea de la computación cuántica vio la luz y se llevaron a cabo las primeras implementaciones de qubit, se han estudiado varios candidatos para implementar el hardware. A día de hoy, las trampas de iones y los bucles superconductores son las tecnologías más maduras utilizadas para la implementación de las computadoras cuánticas →04–05.

Los chips más avanzados tienen 54 qubits, con cada uno conectado a otros cuatro qubits para superconducir computación cuántica universal. En →04, los cables microondas para las señales de control están conectadas al chip cuántico, que es el cuadrado oscuro en la

—  
Se requieren innovaciones técnicas importantes para desarrollar la tecnología más allá de unos cuantos miles de qubits.

parte inferior de la imagen. En el caso de las trampas de iones, el número de qubits indicado es 11 qubits con total conectividad. Los qubits pueden implementarse sobre varias plataformas tecnológicas que tienen pros y contras para el diseño de la computadora cuántica. Para poder ejecutar un algoritmo en el hardware cuántico, los qubits han sido diseñados para interactuar a través de varios tipos de puertas lógicas. Más allá de las propiedades de los propios qubits, su disposición específica y las características de operación de la puerta determinan la implementación exitosa de los algoritmos cuánticos. Dado que los qubits, y por tanto la información que almacenan, son muy sensibles al ruido que introducen las fuentes externas y las propias operaciones de la puerta, es muy difícil lograr una implementación fiel de los algoritmos. Para reducir el ruido que la interacción introduce en sus proximidades, las computadoras cuánticas actuales deben utilizarse a temperaturas próximas a cero absoluto o en vacío de alta calidad →06. Una computadora cuántica universal, por lo tanto, requeriría eficientes algoritmos de corrección de errores para contrarrestar los efectos perjudiciales del ruido. Se han propuesto varias estrategias de corrección de errores, pero utilizan qubits, lo que reduce el número final de qubits disponible en el chip para el propio problema computacional.

Los chips cuánticos actuales se limitan a varias decenas de qubits, aún con un número importante de errores en las operaciones de puerta. Pero, ¿cómo está previsto desarrollar el hardware a medio y largo plazo?



04

Se ha propuesto un equivalente de la conocida Ley de Moore que prevé duplicar la potencia de la computación cuántica (el «volumen cuántico») al año [1]. No obstante, se requieren innovaciones técnicas importantes para desarrollar la tecnología más allá de unos cuantos miles de qubits. Mientras esperamos a que la tecnología llegue hasta la inmensa potencia de computación prometida, conviene preguntarnos si ya puede haber algunas ventajas a medio plazo.

### Dejemos actuar a los algoritmos

Los ordenadores cuánticos son probablemente más conocidos por la amenaza teórica que plantean para los sistemas de cifrado existentes. Sin embargo, dado que para factorizar criptográficamente cifras importantes se requiere computación con cerca de 1 millón de qubits de alta calidad, hasta los mejores chips cuánticos a pequeña escala se quedan cortos en las capacidades requeridas. La misma perspectiva aplica a todos los algoritmos cuánticos de «Misión Marte» —es decir, los que prometen una velocidad impresionante para un gran número de aplicaciones (frente a los algoritmos «lunares» que prometen una velocidad menos impresionante pero con hardware limitado).

La notable brecha entre el hardware existente y los requisitos para ejecutar algoritmos significativos ha creado de forma natural un terreno fértil para el escepticismo. ¿Es quizás el reto de ingeniería que supone obtener una ventaja real con hardware cuántico sencillamente demasiado grande? Para dar a los escépticos un argumento



04 Interior de un sistema de computación cuántica IBM El chip cuántico está situado en el pequeño cuadrado oscuro en la parte inferior central.

05 Tecnologías de qubits utilizadas para la computación cuántica. Los qubits normalmente se manipulan con tecnología microondas o láser.

05a bucles superconductores.

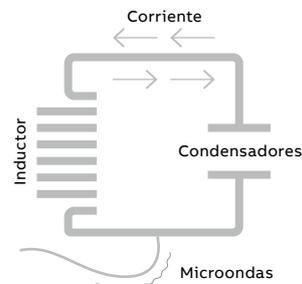
05b Iones atrapados.

05c Puntos cuánticos de silicio

mejor que el de «esperad y veréis», en 2012, el físico John Preskill sugirió otro tipo de hito para las computadoras cuánticas: la supremacía cuántica. Para conseguir este hito, se debía poder demostrar una computadora cuántica que realizara una tarea no trivial (que ni siquiera tiene que ser útil) mucho más rápido que el mejor hardware clásico. Este hito es lo que, en octubre de 2019, consiguió el equipo de computación cuántica de Google [2].

## ¿Es quizás el reto de ingeniería que supone obtener una ventaja con computación cuántica sencillamente demasiado grande?

Los científicos de Google utilizaron un problema computacional artificial de muestreo de circuitos cuánticos aleatorios. Se generaron secuencias de puertas cuánticas aleatoriamente, es decir, sin intención de formar algoritmos reales, y se pidió a la computadora cuántica de 54 qubits que devolviera el resultado de la «computación» en forma de una salida de cadena de bits (por ejemplo, 0101...). Dada la naturaleza cuántica de las puertas, para cada secuencia, existe una variación estadística con



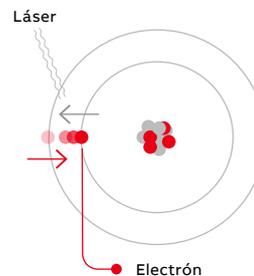
### Bucles superconductores

Una corriente eléctrica sin resistencia oscila en un bucle de circuito de resonancia microscópica en un chip. Se inyectan señales de microondas para la manipulación de los niveles de energía.

- + Operaciones de puerta rápidas. Tecnología de fabricación próxima a los chips semiconductores.

- El ciclo de vida de la información en qubit es corto. Debe conservarse en crio-dispositivos a temperatura ultrabaja.

05a



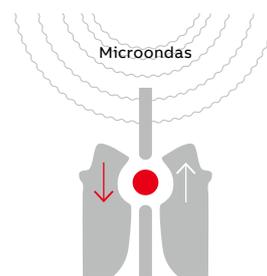
### Iones atrapados

Se manipulan los estados de los electrones en los iones. Se utiliza el enfriamiento de láser y los campos RF para atrapar los iones, haces de láser adicionales para manipulación.

- + Qubits muy estables. Fidelidades de puerta más altas conseguidas.

- Funcionamiento lento. Se requiere acceso óptico para haces de láser y vacío ultraalto.

05b



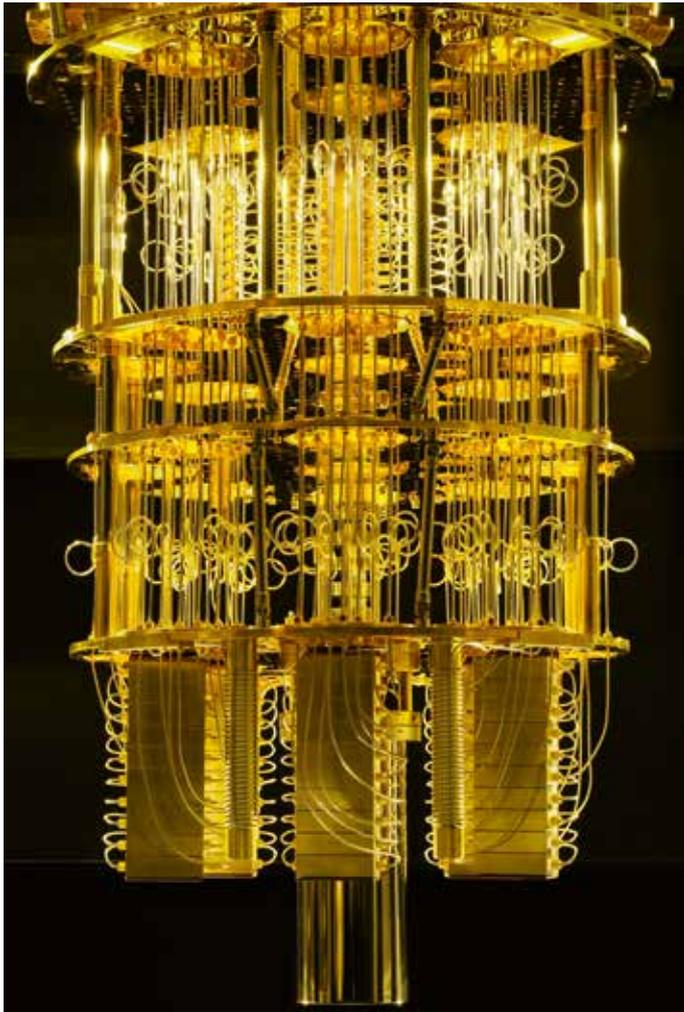
### Puntos cuánticos de silicio

Se crean «átomos artificiales» que contienen un único electrón en una estructura semiconductor de silicio. Pulsos de microondas controlan el estado cuántico del electrón.

- + Estable. Construido con tecnología de fabricación ya utilizada en la industria de los semiconductores.

- Tecnología menos madura. Debe conservarse en crio-dispositivos a temperatura ultrabaja.

05c



06

propiedades cuánticas inherentes en las salidas obtenidas. El algoritmo cuántico aplicado repite la computación y crea distribuciones para muestrear las cadenas de bits correspondientes a cada circuito cuántico lo más rápido posible. Encontrar la salida más probable de este circuito cuántico aleatorio con un ordenador clásico se vuelve exponencialmente más difícil a medida que aumentan las cifras de qubits y las puertas aplicadas.

Los científicos calcularon que un ordenador normal tardaría 10 000 años en realizar esta tarea; la computadora cuántica tardó varios minutos.

La tarea con la que se logró la supremacía no es útil para ninguna aplicación y nada sugiere que con los

chips actuales pueda resolverse ninguna tarea útil por el momento. La demostración «solo» evidenció que hasta una computadora cuántica de pequeña escala puede hacer una tarea concreta no trivial mejor que un ordenador clásico. En este sentido, un término como «ventaja» cuántica en lugar de «supremacía» podría ser más apropiado para describir la hazaña.

Sin embargo, también hay evidencia de que hasta ese tipo de computadoras cuánticas de escala intermedia ruidosas (NISQ) con varios cientos o miles de qubits podría contribuir a resolver complicados problemas de optimización combinatoria con heurística cuántica como el de temple cuántico o un algoritmo de optimización aproximada cuántica (QAOA) →07. Estos problemas de optimización

Incluso las computadoras NISQ con cientos o miles de qubits podrían contribuir a resolver complicados problemas de optimización.

combinatoria tienen muchas aplicaciones y los chips cuánticos de escala relevante ya se quedan cortos —así como las hojas de ruta a plazo intermedio de todos los actores de hardware cuántico. En septiembre de 2020, IBM publicó su hoja de ruta de computación cuántica, que prevé un dispositivo de más de 1000 qubits, denominado IBM Quantum Condor, para 2023 [3]. En sectores como el financiero o el automovilístico, recientemente se ha visto cómo estos avances en los chips cuánticos podrían aportar ventajas [4,5].

#### En el asiento del conductor de la autonomía de la industria

ABB ha estudiado la tecnología de computación cuántica para mapear su potencial con vistas a mejorar la optimización de grandes flotas autónomas, sistemas de energía, cadenas de suministro o procesos de fabricación. Muchas de las aplicaciones suponen complicados problemas de optimización que actualmente no pueden resolverse de manera eficiente, o de ninguna manera. ¿Será la computación cuántica la clave para resolver estos problemas?

En medio de toda la excitación que rodea a la computación cuántica, es bueno recordar que no solo el hardware puede revolucionar los enfoques computacionales de los sistemas autónomos del futuro. Las innovaciones en los propios algoritmos de optimización, en última instancia, presentan

—  
06 IBM Q Dilution Refrigerator: la baja temperatura en la parte inferior garantiza el funcionamiento del chip con poco ruido.

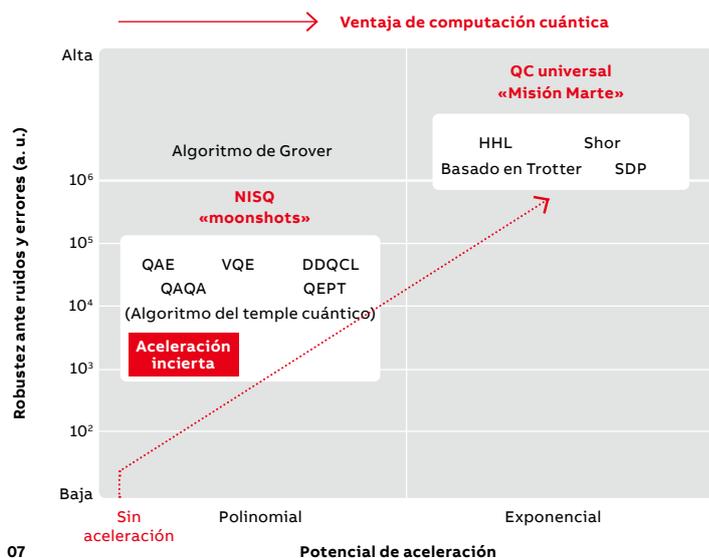
—  
07 Algoritmos de computación cuántica seleccionados se agrupan en el régimen NISQ a corto y medio plazo; los algoritmos a largo plazo de Misión Marte son para computadoras cuánticas universales [6].

un mejor retorno sobre la inversión, incluso con el mismo hardware antiguo. Algunas de estas innovaciones están inspiradas en algoritmos de computación cuántica y han acertado mucho los tiempos de solución de algunos problemas. Estos avances algorítmicos no han llegado a los titulares como lo ha hecho la computación cuántica, pero podrían tener un impacto mayor a corto plazo.

En el asiento del conductor de la autonomía industrial, ABB está dirigiendo la adopción de tecnologías computacionales emergentes en nuevas aplicaciones industriales. A medida que los avances

—  
No solo el hardware puede revolucionar los enfoques computacionales hacia los sistemas autónomos del futuro.

tecnológicos se transforman en software y hardware cuántico, es fundamental estar preparados para aprovechar todo el potencial para redibujar el escenario de la automatización industrial •



- Algoritmo de Grover: un algoritmo cuántico que encuentra, con probabilidad alta, la entrada única a una función de caja negra que produce un valor de salida específico.
- QAE: estimación de la amplitud cuántica para muestreo Monte Carlo
- VQE: solucionador propio cuántico variacional
- DDQCL: aprendizaje circuito cuántico impulsado por datos
- QAQA: algoritmo de optimización aproximada cuántica
- QEPT: transferencia de población mejorada con cuántica
- HHL: (Harrow, Hassidim, Lloyd) algoritmo cuántico para resolver sistemas de ecuaciones lineales
- Shor: el algoritmo de Shor es un algoritmo polinomial de computación cuántica de factorización de números enteros
- Basado en Trotter: para la simulación de química
- SDP: programas semidefinidos para problemas de optimización combinatorios

07

—  
**Referencias**

<p>[1] J. Gambetta and S. Sheldon, "Cramming More Power Into a Quantum Device," IBM Research Blog 2019. Available: <a href="https://www.ibm.com/blogs/research/2019/03/power-quantum-device/">https://www.ibm.com/blogs/research/2019/03/power-quantum-device/</a>. [Accessed September 2, 2020].</p> <p>[2] F. Arute, et al., "Quantum supremacy</p>	<p>using a programmable superconducting processor," Nature 574, pp. 505–510, 2019. Available: <a href="https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5">https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5</a>. [Accessed September 2, 2020].</p> <p>[3] J. Gambetta, "IBM's Roadmap For Scaling Quantum Technology." Available: <a href="https://www.ibm.com/blogs/">https://www.ibm.com/blogs/</a></p>	<p>research/2020/09/ibm-quantum-roadmap/. [Accessed September 21, 2020].</p> <p>[4] F. Neukart et al., "Traffic Flow Optimization Using a Quantum Annealer," Frontiers in ICT, December 20, 2017. Available: <a href="https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2017.00029/full">https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fict.2017.00029/full</a>.</p>	<p>[5] M. Kühn et al., "Accuracy and Resource Estimations for Quantum Chemistry on a Near-Term Quantum Computer," Journal of Chemical Theory and Computation 2019 15(9),4764-4780 Available: <a href="https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jctc.9b00236%E2%80%AC">https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jctc.9b00236%E2%80%AC</a>. [Accessed September 2, 2020].</p> <p>[6] A. Montanaro, "Quantum algorithms: an overview". npj Quantum Information 2, article number 15023, 2016. Available: <a href="https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23">https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23</a>. [Accessed September 2, 2020].</p>
---	---	---	--



# Productividad



66





Ofrecer tecnología que funciona más rápido, mejor y con mayor eficiencia y fiabilidad impulsa la productividad y proporciona sostenibilidad. Aquí es donde la automatización, la robótica y los controles inteligentes se unen para cumplir un objetivo. ABB trabaja en esa intersección.

- 50 Supervisión del estado para las revoluciones de la energía y la movilidad
- 54 Ampliando los límites de la medición
- 60 El camino hacia la ingeniería de automatización
- 66 Nuevo método de control MP<sup>3</sup>C maximiza la eficiencia y la dinámica
- 74 Por qué los robots se centran en procesos de montaje final de automóviles



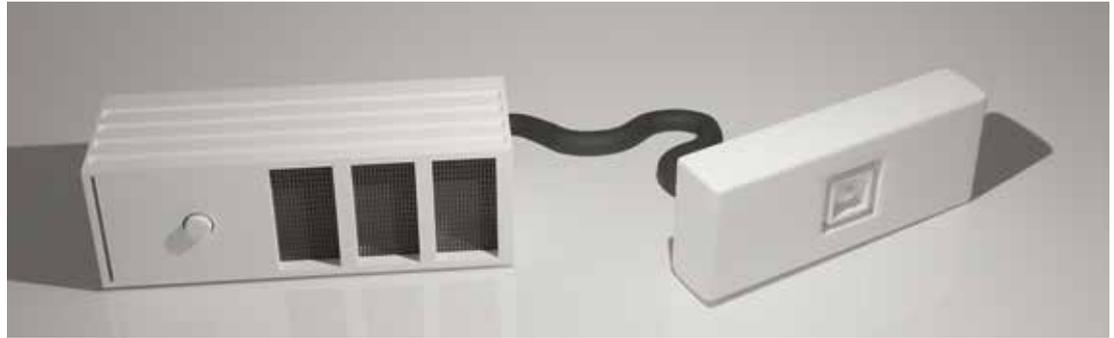
PRODUCTIVIDAD

# Supervisión del estado para las revoluciones de la energía y la movilidad

Aumentar el número de fuentes de energías renovables y vehículos eléctricos supone una presión cada vez mayor tanto para la red de distribución eléctrica como para sus estrategias de mantenimiento. El mantenimiento basado en el estado que utiliza cámaras de infrarrojos combinadas con inteligencia artificial (IA) ayudan a detectar fallos incipientes en los equipos de red.



—  
01 La tecnología del proyecto FLEMING mejorará la fiabilidad de los equipos eléctricos como la aparamenta. Se muestra la aparamenta de media tensión aislada en aire IEC UniGear ZS1 MV.



02

—  
02 Combinación de IA y equipos sensores.

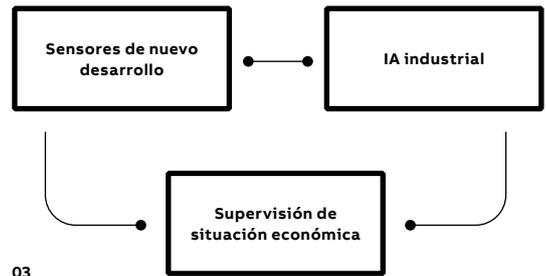
—  
03 Nuevos sensores y IA permiten la supervisión de los estados desde una perspectiva económica.

Muchos países están trabajando en formas de reducir sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Este esfuerzo saca a la palestra dos aspectos técnicos de la vida moderna: generación de energía y movilidad personal. Estas dos áreas están siendo objeto de gran cambio: Se está generando energía eléctrica con niveles de CO<sub>2</sub> más bajos que nunca a partir de fuentes de energía eólica y solar, mientras que, en el sector de la movilidad, la electricidad está sustituyendo progresivamente a los combustibles fósiles como una fuente de alimentación para los vehículos, a menudo con el supuesto implícito de que la electricidad procederá de fuentes ecológicas.

Conectar fuentes de energías renovables y vehículos eléctricos a la red de distribución añade estrés a un sistema ya estresado: Las fuentes renovables son intermitentes y pueden fluctuar, y las grandes flotas de vehículos eléctricos producirán nuevas cargas pico y un aumento de la demanda general. Por lo tanto, los operadores de red deben encontrar formas de aumentar la flexibilidad de sus operaciones de red y

—  
**Las cámaras de infrarrojos combinadas con IA pueden ayudar a detectar fallos incipientes en aparamenta de media tensión.**

enfrentarse a un mayor número de irregularidades y eventos de conmutación. El mayor estrés también dificulta las estrategias de mantenimiento tradicionales y, sin un mantenimiento basado en el estado, es probable que los costes se disparen. Este artículo describe cómo las cámaras de infrarrojos combinadas con IA pueden ayudar a detectar fallos incipientes en aparamenta de media tensión (MV) y permitir el mantenimiento basado en el estado →01-03. El trabajo fue realizado conjuntamente por ABB y colaboradores en el contexto del proyecto de investigación FLEMING. En el proyecto FLEMING, un consorcio formado por académicos y actores de la industria está investigando cómo el uso actual de los sensores en las redes de distribución puede mejorarse



03

fundamentalmente utilizando métodos de IA en combinación con una expansión de la tecnología de los sensores. El objetivo es hacer contribuir significativamente al éxito de la transición energética y de movilidad en Alemania. Las lecciones aprendidas podrán aplicarse más tarde en otros lugares.

ABB lidera el consorcio FLEMING. Los colaboradores proceden de la industria y del mundo académico: el Software Innovation Campus (SICP) de la Universidad de Paderborn; RWTH Aachen, Forschungsinstitut für Rationalisierung e. V. (FIR); Karlsruhe Institute of Technology, Institute of Electrical Energy Generation Systems and High-Voltage Technology; y Heimann Sensor GmbH (un fabricante de sensores infrarrojos de alta calidad). Los colaboradores asociados son Städtische Werke Überlandwerke Coburg GmbH (una compañía eléctrica) y WestfalenWIND GmbH (un operador de parque eólico en el área de Paderborn).

#### Supervisión térmica

La supervisión térmica es una forma útil de detectar problemas técnicos en un sistema eléctrico. Los conductores eléctricos se calientan a través del denominado efecto Joule cuando la corriente pasa por ellos. Este principio se utiliza en artículos de uso diario como las barras calefactoras o las teteras eléctricas.

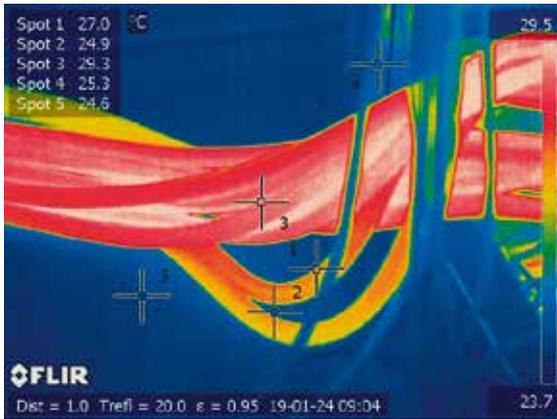
La cantidad de calor generado no solo depende del nivel de corriente sino también de la resistencia del conductor. Por lo tanto, un aumento de la resistencia —debido, por ejemplo, a la corrosión o a los elementos de la aparamenta como los tornillos de barras de bus mal instalados o sueltos que vibran (un problema especialmente común en los buques)— creará un punto caliente local. Estos puntos calientes y, por lo tanto, las

—  
**Ralf Gitzel**  
**Holger Kaul**  
**Aydin Boyaci**  
**Jörg Gebhardt**  
**Ido Amihai**  
**Martin W Hoffmann**  
**Stephan Wildermuth**  
ABB Corporate Research  
Ladenburg, Alemania

ABB Corporate Research  
Ladenburg, Alemania  
ralf.gitzel@de.abb.com  
holger.kaul@de.abb.com  
aydin.boyaci@de.abb.com  
joerg.gebhardt@de.abb.com  
ido.amihai@de.abb.com  
martin.w.hoffmann@de.abb.com  
stephan.wildermuth@de.abb.com

—  
**Callisto Gatti**  
ABB EIDs  
Dalmine, Italia

callisto.gatti@it.abb.com



04

ubicaciones de los fallos incipientes y reales, pueden visualizarse por imágenes de termografía infrarroja (IRT). Por ejemplo, en →04-05, una imagen IRT revela el calentamiento producido por un flujo reciente o constante de corriente a través de los cables. Dado que largos periodos de temperaturas anormalmente altas pueden provocar degradación, es deseable la detección temprana de puntos calientes [1].

#### Sensores de supervisión térmica

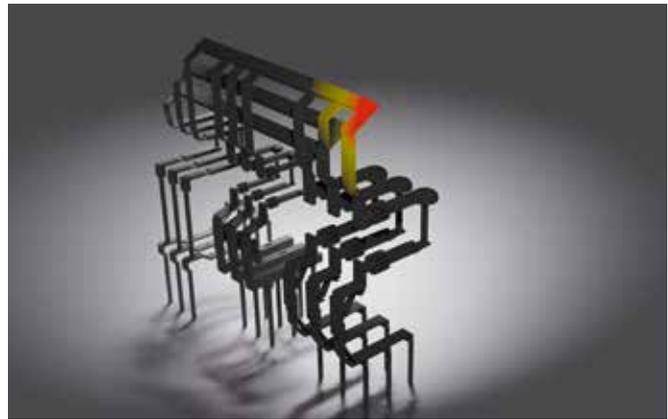
Si bien pueden utilizarse técnicas de medición por contacto para evaluar el estado térmico de los equipos, estos métodos presentan ciertas desventajas:

- La medición por contacto en el potencial introduce el riesgo de interferir con los requisitos dieléctricos de la aparatadura y reduce la seguridad de los equipos [1].
- Si el equipo de supervisión se coloca en regiones con campos magnéticos o eléctricos altos, podría producirse cierta interferencia magnética en el proceso de medición [4,5].

Las cámaras IRT no tienen estos problemas. Además, al contrario que una medición puntual, IRT puede cubrir un área grande, lo que reduce en mucho el coste asociado a los sensores [4,6].

Los sensores dispuestos en la aparatadura para la supervisión del estado deben ofrecer una precisión de medición en un amplio rango de temperaturas ambiente. También tienen que tener una vida larga y las mediciones que suministren deben ser fiables y estables (es decir, escasa desviación de los sensores) a lo largo de este periodo. Si bien existen varios principios de medición para la temperatura de infrarrojos (por ejemplo, enfoques bolométricos y piroeléctricos), los sensores termoelectricos, como las termopilas, son los que mejor cumplen estos requisitos.

Los sensores termoelectricos generalmente constan de varios termopares en una delgada membrana. Cuando la radiación de infrarrojos entrante aumenta la temperatura de la membrana, el sensor genera una tensión de salida que es proporcional a la radiación de infrarrojos detectada. Al utilizar una distribución de píxeles de estos sensores, se obtiene una imagen de infrarrojos. La ausencia de elementos en movi-



05

miento, como obturadores, contribuye a la longevidad de estos sensores.

#### Algoritmos

Los datos facilitados por los sensores de IRT graban los puntos calientes resultantes de defectos técnicos que alteran la resistencia del conductor. Sin embargo, mientras que un humano puede detectar fácilmente estos problemas con una visualización de los datos del sensor, si el sistema debe supervisarse sin intervención humana es necesario un algoritmo.

Para obtener este tipo de sistema, primero se limpian los datos. A menudo, debe mejorarse el contraste notablemente bajo de la imagen IRT. Además, debe eliminarse o reducirse el ruido de las señales de píxeles para evitar que se utilicen valores desviados en análisis estadísticos.

Una vez reprocesados los datos, pueden aplicarse distintos tipos de algoritmos. Un enfoque clásico es implantar un sistema experto. Con una serie de reglas definidas por el ser humano, el sistema básicamente utiliza una lista de comprobación para determinar si un estado es problemático o no. La

—  
Al contrario que una medición puntual, IRT puede cubrir un área grande, lo que reduce en mucho el coste asociado a los sensores.

opinión experta puede refinarse remitiéndose a simulaciones basadas en las leyes de la física que muestran las características de estados anormales. En ambos casos, se tiene que encontrar el equilibrio adecuado entre crear un modelo casi perfecto que es demasiado caro y un modelo simplístico que no es suficientemente bueno para captar la realidad de manera adecuada.

Otro método es utilizar algoritmos de aprendizaje automático del campo de la IA que conocen automá-

—  
04 En esta imagen IRT puede verse el flujo de la corriente en los cables.

—  
05 Los puntos de fallo pueden verse como un punto caliente (arriba a la derecha) en este gráfico conceptual.

ticamente patrones comunes en grandes conjuntos de datos. Si bien adoptan un enfoque estadístico, estos algoritmos aún pueden beneficiarse de conocimiento experto. Por ejemplo, un experto sabe que tanto la temperatura máxima dentro de una imagen IRT como las diferencias de temperaturas entre ciertas regiones son bastante importantes. Las combinaciones de niveles y diferencias de temperaturas que son o no aceptables pueden determinarse automáticamente mediante el análisis estadístico realizado por el algoritmo, habida cuenta de que esté correctamente entrenado. Los algoritmos dentro del alcance del proyecto FLEMING cubren el espectro que abarca desde sistemas expertos puros hasta redes neuronales convolucionales, que imitan el córtex visual humano.

### Mantenimiento predictivo y basado en el estado

La cadena de herramientas descrita más arriba puede utilizarse para reconocer los problemas en el momento en que se producen y permite al equipo de mantenimiento tomar medidas inmediatamente. Pero, por supuesto, es preferible recibir el aviso temprano de un fallo. Puede utilizarse tanto el conocimiento experto como el análisis estadístico para identificar situaciones que representan las primeras etapas de un fallo o eventos que dan lugar a daños. Este enfoque da lugar a una serie de posibles tipos de algoritmos que pueden utilizarse para el mantenimiento predictivo o basado en el estado.

En su nivel más básico, un algoritmo clasifica una entrada como indicación de un fallo en una situación que de lo contrario sería saludable. Junto con el conocimiento de los mecanismos de deterioro, esta clasificación puede refinarse para caracterizar la

—  
**La RUL es el indicador más útil de todos ya que permite al operador programar reparaciones en una ventana de inactividad planificada.**

evolución posterior del fallo. Esto da lugar a la creación de una predicción de fallos o un índice de la salud de los recursos. Con más datos y/o incluso un mejor conocimiento sobre cómo se desarrollan los fallos, no solo puede predecirse la futura ocurrencia de un fallo, sino también el tiempo que queda hasta que se produzca, lo que constituye una predicción de vida útil restante (RUL). Si bien este es el parámetro más difícil de obtener, la RUL es el indicador más útil de todos ya que permite al operador programar reparaciones en una ventana de inactividad planificada. La RUL es difícil de obtener porque depende no solo de un profundo conocimiento de los mecanismos de las etapas de los fallos sino también de una predicción de los patrones de uso, que no siempre es posible.

Todos estos algoritmos son puramente informativos. Sin embargo, un sistema inteligente puede y debería utilizar la información que facilita para recomendar acciones, programas de mantenimiento e instrucciones de reparación.

### La visión de FLEMING

Los cambios significativos a los que se enfrenta la red eléctrica colocan una tensión sin precedentes en sus componentes —incluso equipos de alta fiabilidad como la aparamenta se enfrentan a un ritmo más rápido de deterioro. La visión de FLEMING es mejorar las soluciones existentes de supervisión del estado para adaptarlas a estos nuevos desafíos. Si bien la detección automatizada de fallos se ha desarrollado antes que FLEMING, el proyecto explorará la predicción ampliada y los cálculos de RUL. El objetivo es combinar tecnologías de sensores altamente fiables, como IRT, con IA para lograr predicciones prácticas que minimicen el tiempo de inactividad no planificada de los equipos. La solución basada en IRT para equipos de media tensión aquí descrita probablemente podrá adaptarse a otros tipos de aparamentas.

En próximos artículos, hablaremos de otros modos de fallo y soluciones de supervisión como los sensores de vibración. •

### Referencias

[1] H. Niancang, "The infrared thermography diagnostic technique of high-voltage electrical equipment with internal faults," *Proceedings of the POWERCON '98, 1998 International Conference on Power System Technology*, Beijing, China, volume 1, pp. 110–115, 1998.

[2] T. Craig, "Condition monitoring in low-voltage circuit-breaker technology," *Proceedings of the IET International Conference on Resilience of Transmission and Distribution Networks*, RTDN 2017, Birmingham, UK, pp. 1–6, 2017.

[3] A. S. N. Huda and S. Taib, "Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment," *Applied Thermal Engineering*, 61, pp. 220–227, 2013.

[4] M. S. Jadin, and S. Taib, "Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography," *Infrared Physics and Technology*, volume 55, issue 4, pp. 236–245, 2012.

[5] B. Li et al., "HV Power equipment diagnosis based on infrared imaging analyzing," *Proceedings of the 2006 International Conference on Power System Technology*, pp. 1–4, 2006.

[6] Y. Chou and L. Yao, "Automatic diagnostic system of electrical equipment using infrared thermography," *Proceedings of the 2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition*, pp. 155–160, 2009.

---

PRODUCTIVIDAD

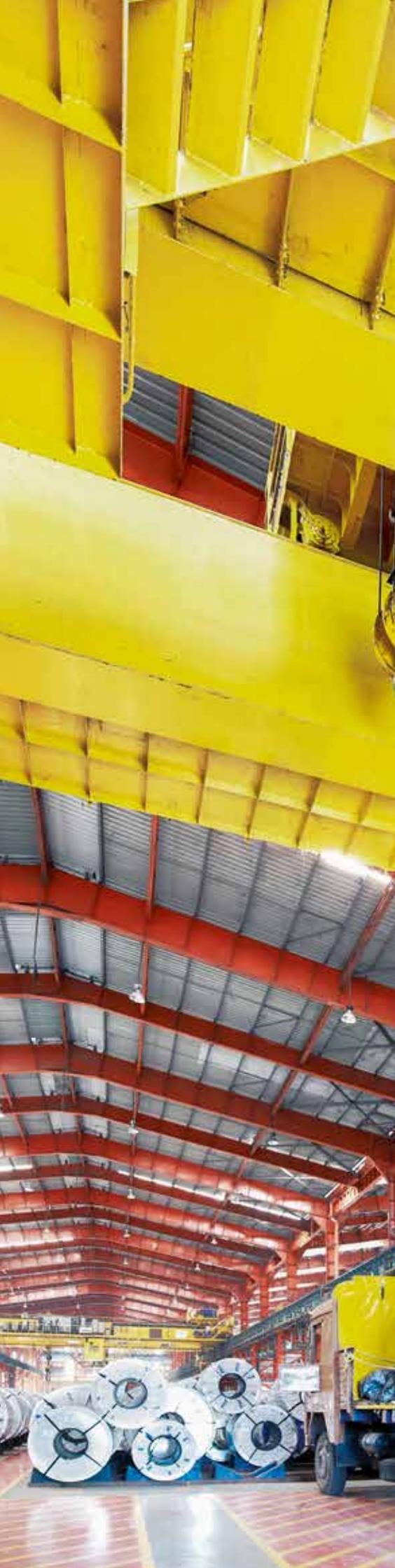
# Ampliando los límites de la medición

En un laminador en frío, medir y controlar el espesor de las chapas de aluminio es lo más importante. El sistema de calibre de espesores Millmate (Mtg) de ABB lo hace de forma precisa, confiable y segura. Con la nueva opción Modo pasa-alto, los clientes pronto podrán leer las variaciones de espesor a alta frecuencia en chapas de aluminio finas (0,6 mm – 0,1 mm) para su uso en controles feed forward.



01





—  
01 El cabezal del calibre sin separación con nada por encima de la línea de paso que obstruya el paso de la chapa puede instalarse debajo de la mesa del laminador para su protección durante el enroscado, colado y rotura de las chapas.

El aluminio ligero, fuerte, muy reflectivo y reciclable es ideal para muchas aplicaciones de consumo e industriales. Su uso puede reducir los costes energéticos y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> que son tan importantes en el mercado hoy en día [1]. No sorprende que las chapas metálicas tengan una gran demanda, por ejemplo, como material de envasado y para la fabricación de latas; para vehículos de transporte, especialmente para carrocerías de coches, como el modelo F-150 de Ford, etc. [1]. De hecho, se estima que el mercado de materiales ligeros en Norteamérica crecerá drásticamente entre 2020 y 2025, y está previsto que el aluminio capte la cuota de mercado más importante en términos de valor [1]. Sin embargo, lograr un producto final de aluminio específico requiere que los fabricantes controlen la composición química, trabajen el endurecimiento y el historial térmico del aluminio, o de la aleación, además de su espesor.

Para ello, los laminadores de aluminio en frío requieren sistemas de calibre de espesores que sean fiables, seguros, robustos, compactos y precisos que además deben ser capaces de operar en entornos difíciles y con limitaciones de espacio. La capacidad de minimizar las desviaciones de espesor durante el proceso de laminado es crítica. Si bien puede parecer fácil de conseguir, en realidad es increíblemente difícil.

Comprometidos con el desarrollo de los mejores calibres posibles para medir y analizar, ABB ha diseñado el sistema único y sin separación MTG Box Gauge →01 con tecnología Pulsed Eddy Current (PEC) →02 para determinar tanto la resistividad (entre 27 nΩm y 65 nΩm) y los espesores reales de la chapa (0.5 mm – 8 mm)

—  
En los laminadores en frío, unas tolerancias de espesor más ajustadas pueden significar mayor eficiencia y acceso a más mercados.

de aluminio y aluminio revestido [2]. A pesar de esta impresionante hazaña, ABB sigue ampliando los límites de la medición de espesores. Con la nueva opción Modo pasa-alto que calcula las variaciones de espesor en chapas de aluminio finas (de entre 0,6 mm y 0,1 mm), los clientes podrán medir rápidamente las variaciones de espesor para su uso en controles feed forward en condiciones específicas.

—  
Eva Wadman  
Jari Sobel  
Anders Eidenvall  
Industrial Automation  
Measurement & Analytics  
Västerås, Suecia

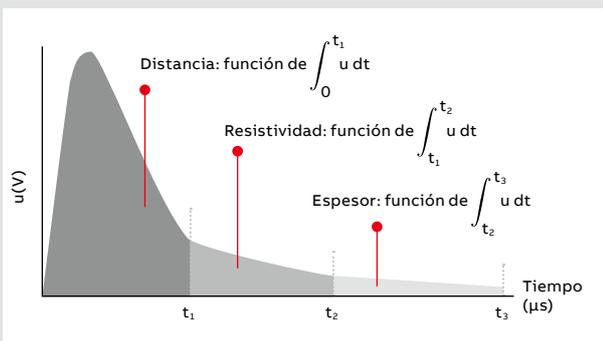
eva.k.wadman@se.abb.com  
jarl.r.sobel@se.abb.com  
anders.eidenvall@se.abb.com

**El proceso de laminado y mantener el espesor en línea**  
Durante el laminado, el metal es sometido a una presión y una tensión intensas en un entorno difícil (en presencia de polvo, gases, emulsiones u otros fluidos);



02

### EL PRINCIPIO OPERATIVO PEC – LA CLAVE DEL ÉXITO DE MTG



La tecnología PEC de ABB está basada en un principio revolucionario y es clave para el éxito del sistema MTG. Esta tecnología patentada PEC permite espesor, resistividad y distancia entre el sensor y el material que se mide para su determinación en distintos momentos [2] Las bobinas eléctricas ubicadas en la caja del sensor justo debajo de una cubierta generan un campo magnético débil y pulsado. Tras la interrupción abrupta de la corriente de excitación constante que alimenta la bobina, el campo magnético producido por las corrientes parásitas de la lámina de metal se mide por la tensión que induce en la bobina. Al trazar toda la secuencia de penetración a través de la tensión inducida en la bobina, este proceso inigualable permite obtener tres valores de señal únicos en tres momentos diferentes: la distancia, la resistencia eléctrica y el espesor. Así, el sensor MTG determina el espesor real independientemente del contenido de aleación de manera precisa, con baja desviación de la señal, de forma dependiente y segura.

03

su tamaño y su espesor se ven alterados por el laminado y el estirado hasta alcanzar el tamaño y el espesor definitivos. A medida que el metal se lamina, la velocidad aumenta para compensar el cambio de espesor. Crear el equilibrio correcto entre la reducción debida a la fuerza del laminador y la reducción debida a la extrusión del material a través de la separación es crucial; si el proceso no está equilibrado, aunque sea ligeramente, la chapa de metal podría romperse o combarse, dando lugar a resultados desastrosos. Así, los sistemas de calibre de espesores deben controlar el espesor con tolerancias ajustadas mientras que el material se desplaza a velocidades variables; garantizando así la máxima productividad y minimizando los costes asociados a planchas no conformes. En el caso de laminadores en frío, donde la hoja de aluminio se fabrica con espesores exigentes, y la producción no cesa, las tolerancias de espesor más ajustadas pueden significar mayor eficiencia y acceso a más mercados. Así, el proceso de fabricación de alto volumen utilizado para la embutición profunda de latas en el mercado de latas de aluminio tiene tolerancias extremadamente ajustadas; los fabricantes requieren una desviación del espesor de la chapa de solo unos pocos  $\mu m$  para una chapa con un espesor de 200  $\mu m$  para toda la chapa (a lo largo y a lo ancho).

ABB ha desarrollado MTG, con tecnología PEC para medir el espesor real con fiabilidad y exactitud excelentes en este duro y difícil entorno de laminación →01.

#### MTG – calibrado sin separación de chapas de aluminio

Con muchas ventajas competitivas sobre los calibres convencionales basados en radiación para la medición del espesor del aluminio, la familia de calibres MTG está ganando aceptación en todo el mundo [2]:

- **Diseño robusto y compacto**

La carcasa de bronce aluminio del calibre posee

—  
02 Dado que mide independientemente del entorno, el calibre MTG puede ubicarse cerca del espacio de laminación, incluso interplataforma. Recubierta por una placa de epoxi reforzada con fibra de vidrio de alta resistencia, la bobina eléctrica de la cabeza del calibre MTG está protegida contra impactos y golpes procedentes de la chapa metálica.

—  
03 La respuesta PEC, generada por un pequeño campo magnético, solo se ve influenciada por el espesor y la resistividad; esto hace que el calibre MTG pueda medir el espesor real independientemente del entorno.

—  
04 El esquema ilustra el procedimiento por el que el modo pasa-alto mide las variaciones de espesor en las chapas de aluminio finas.

propiedades químicas y mecánicas superiores que protegen al calibre frente a las duras condiciones del laminador →01.

- **Sin separación**

El calibre es sin separación, sin nada encima de la línea de paso que pueda obstruir el paso de la chapa →02. Formado por una caja con sensores, la cabeza del MTG Box Gauge puede instalarse debajo de la mesa del laminador para su protección durante el enrosado, colado y rotura de las chapas.

- **Independiente de aleaciones**

Sorprendentemente, la tecnología de sensores PEC mide el espesor real de la composición de los materiales →03 sin necesidad de una compensación de aleación.

- **Independiente del entorno del laminador**

El calibre es insensible a todo, como refrigerante, vapor o suciedad, salvo a la chapa de metal en la zona de medición y por lo tanto es ideal para aplicaciones interplataforma.

- **Tolerancias de espesor ajustadas**

Las variaciones químicas de la aleación no afectarán al calibre MTG al ser independiente de la aleación. El entorno difícil (por ejemplo, lubricantes) tampoco afectará a las mediciones. Con una precisión en el laminador del  $+1.5 \mu\text{m} \pm 0,05 \%$ , los fabricantes de chapas metálicas pueden conformar el espesor deseado dentro de las tolerancias requeridas.

- **Seguro para humanos y para el entorno**

Dado que el calibre MTG no depende de tecnología basada en radiación, se eliminan los problemas de salud y medioambientales. No se requieren áreas restringidas, ni es necesario eliminar residuos radioactivos.

- **Calibración poco frecuente y rápida**

El calibre llega calibrado junto con 12 placas de calibración. Una vez en uso, realiza una calibración cada seis meses en tan solo 20 minutos. Las placas de calibración aseguran que el calibre mide el espesor absoluto y las desviaciones de espesor de conformidad con estándares controlables.

- **Costes de mantenimiento despreciables**

Al no tener componentes frágiles o sujetos a deterioro, ni fuentes de radiación o detectores, transformadores de tensión o mecánica de precisión, el calibre MTG no precisa casi mantenimiento.

- **Aumento del tiempo de producción del laminador**

Las mediciones del calibre son independientes del material, por lo que hay menos tiempo de inactividad debido a la menor necesidad de calibración y mantenimiento.

- **Retorno sobre la inversión (ROI) a corto plazo y competitivo**

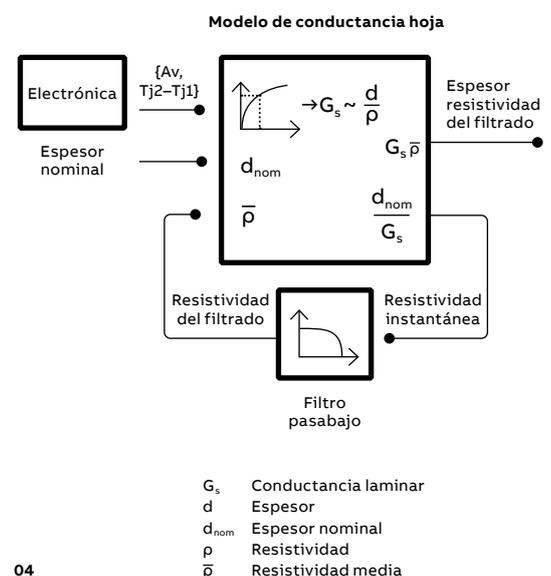
Al reducir el tiempo de inactividad, el material no conforme, el mantenimiento, la necesidad de repuestos, la calibración frecuente y los requisitos de seguridad de la tecnología basada en radiación, el MTG es una alternativa rentable a los dispositivos basados en radiación, con ROI a corto plazo.

## Ampliando los límites

En funcionamiento durante más de 15 años, MTG con tecnología PEC permite a los fabricantes de chapas cumplir tolerancias ajustadas y reemplazar sus calibres radiográficos y de contacto para mejorar su competitividad en la producción de chapas de aluminio estándar. No obstante, ¿y si las señales medidas por el calibre MTG pudieran utilizarse para medir el espesor de todas las chapas de metal finas estándar (con espesores de hasta 0,1 mm)? Actualmente, los calibres basados en radiación, calibres de rayos X y Beta, pueden medir en este

## El sistema MTG Box Gauge con la revolucionaria tecnología PEC determina la resistividad y los espesores reales de las chapas de aluminio.

rango con mucha velocidad y poco ruido. Los calibres de contacto mecánico y el calibre MTG de marco C, con un espacio de calibre más bien pequeño, también pueden medir con precisión en este rango pero solo en el borde de la chapa; no pueden hacerse mediciones centrales. De manera más significativa, los costes de seguridad y medio ambiente asociados a los calibres basados en radiación y la impracticabilidad de los calibres mecánicos hacen que estos métodos no sean ventajosos para los fabricantes de chapas de aluminio.



**Modo pasa-alto**

Siempre en busca de formas de satisfacer las necesidades de los fabricantes, en 2019, los investigadores de ABB empezaron a estudiar una función del calibre MTG para medir chapas finas de aluminio. Si bien el espesor absoluto de las chapas finas no puede medirse directamente, ABB ha creado una opción que, en condiciones específicas, determina las variaciones de espesor a alta frecuencia (más rápido que 0,024 Hz), para espesores de entre 0,1 mm y 0,6 mm, y con una alta relación señal/ruido: la opción Modo pasa-alto [4] →04. Sin embargo, deben darse ciertas condiciones para calcular el valor del espesor filtrado en modo pasa-alto:

- Dado que los cambios persistentes de espesor que duren más de 10 segundos se pondrán a cero, esta función solo puede utilizarse en control feed forward (lado interplataforma o lado de entrada).
- La variación relativa de la resistividad del material debe ser inferior a la variación relativa del espesor porque en el Modo pasa-alto la conductancia, que es recíproca a la resistividad, refleja el espesor →04.

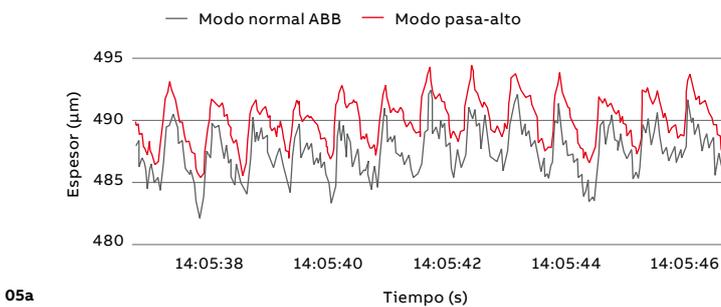
- Para que la señal indique las variaciones de espesor con precisión, el espesor nominal debe aproximarse al espesor medio real.
- Ya que solo se miden variaciones de espesor rápidas, no se detectará ninguna variación lenta.

**El camino hacia la medición de chapas finas**

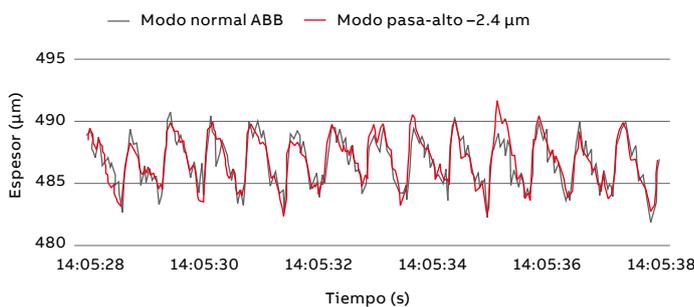
El innovador Modo pasa-alto de ABB ofrecerá a los clientes una opción de medición práctica para la medición del calibre sin espacios de las desviaciones de espesor en chapas de aluminio finas. Las señales son insensibles al entorno, como lubricante, polvo u otros materiales no conductores. La sólida base teórica y sus rigurosas pruebas demuestran que las ligeras variaciones en el contenido de la aleación tienen, en la práctica, un efecto despreciable en el espesor medido.

Se ha efectuado una comparación de las variaciones de espesor del Box Gauge de ABB medidas en modo de operación normal con las de Modo pasa-alto para un espesor de 490 µm →05. Si bien el calibre MTG mide el espesor real independientemente de la composición de la aleación, esto resulta cada vez más difícil a medida que la chapa es más fina debido a la física del electromagnetismo. En este caso de prueba, el calibre MTG mide cerca del límite más bajo del método, que es ligeramente inferior a 0,5 mm, y por lo tanto produce una medición con mayores fluctuaciones que las mediciones comparables del Modo pasa-alto en una chapa con un espesor de 490 µm →05a.

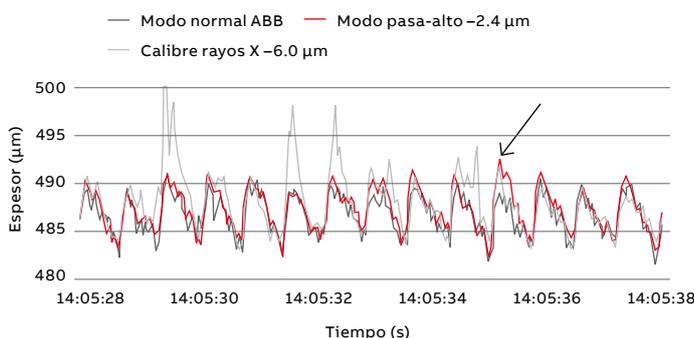
Sin embargo, el Modo pasa-alto no mide el espesor absoluto, sus variaciones de señales se centran alrededor del espesor nominal de la chapa medida. Sin embargo, existe una estrecha correlación entre las variaciones de espesor de los resultados obtenidos con el MTG Box Gauge en modo normal y en Modo pasa-alto cuando la resistividad media se filtra con



05a



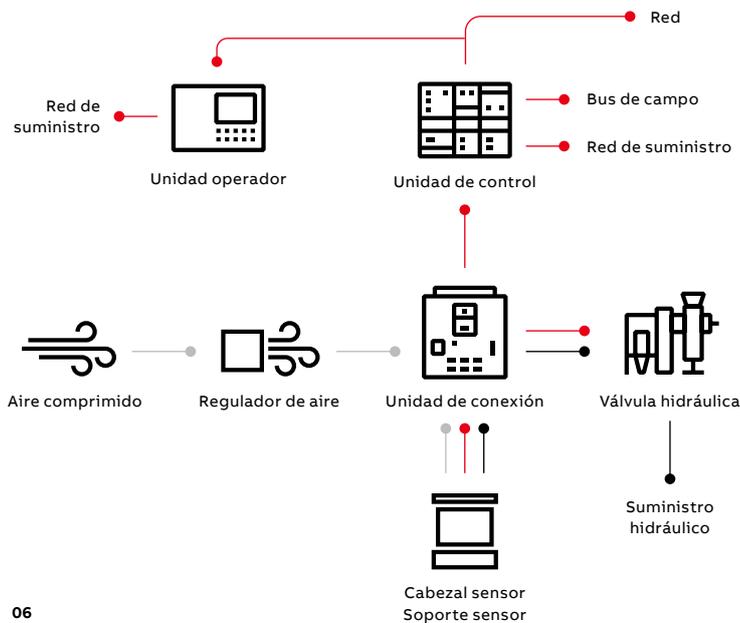
05b



05c

— La opción de ABB de Modo pasa-alto puede determinar las variaciones de espesor a alta frecuencia para espesores de entre 0,1 mm y 0,6 mm.

una media de 10 s. Las variaciones de resistividad que son más rápidas que 10 s contribuirán, sin embargo, a un error de desviación del espesor en el Modo pasa-alto. En este caso, se ha detectado una caída de la resistividad que duró solo 0,5 s →05b. Este descenso, 0,4 nΩm (0,7 %), provoca un aumento erróneo del espesor medido, 3,5 µm (0,7 %), en Modo pasa-alto según lo teóricamente previsto →05b.



06

05 Los resultados muestran la eficacia del Modo pasa-alto en comparación con el MTG Box y el calibre de rayos X

05a Se muestra la medición del espesor de entrada de una chapa laminada en frío (durante 10 s) con un espesor nominal de 490  $\mu\text{m}$  (el espesor real es unas cuantas micras menos que el espesor nominal) con señales de salida.

05b La reducción de la resistividad (0,4  $\text{n}\Omega\text{m}$ ) da lugar a un aumento erróneo del espesor medido en Modo pasa-alto de 3,5  $\mu\text{m}$  (0,7 %). La señal de Modo pasa-alto se ha compensado con la diferencia en magnitud absoluta para facilitar la comparación.

05c El pequeño cambio en la resistividad medido en Modo pasa-alto también afecta al calibre de rayos X utilizado para medir el espesor de la chapa. El espesor medido con el calibre de ABB en modo normal es independiente de la aleación, pero no en Modo pasa-alto.

06 El sistema MTG es un sistema de medición inteligente diseñado para una puesta en marcha, funcionamiento y servicio óptimos.

Las comparaciones entre las mediciones del espesor de chapas del calibre MTG con mediciones obtenidas con un calibre basado en rayos X indican que los ligeros cambios locales en la composición de la aleación de la chapa también afectarán a las mediciones del calibre basado en rayos X  $\rightarrow$ 05c.

Estos alentadores resultados no solo corroboran las expectativas teóricas, sino que demuestran que las variaciones de espesor filtradas por el Modo pasa-alto de ABB son comparables con las obtenidas por el MTG y métodos de rayos X siempre que se cumplan condiciones específicas.

#### El sistema MTG: trabajando juntos para lograr fiabilidad y precisión

El sistema MTG (cabeza de calibración, control y unidad del operador, regulador de aire, hidráulica y la unidad de conexión) ha sido diseñado para su uso sencillo, función óptima, fiabilidad, conectividad y capacidad de integración  $\rightarrow$ 06 y puede conectarse a sistemas de control de calibre automáticos (AGC) en laminadores para controles feed forward, feedback y mass-flow. Con múltiples interfaces de integración, como comunicación de bus de campo Profibus-DP, comunicación de red a través de VIP, OPC, DA y TCP Modbus, una unidad de operación (para ajustar configuraciones, el valor del espesor y la información de estado), una interfaz hombre-máquina (para ver las desviaciones de espesor en forma de datos en

tiempo real y tendencias), una parte de diagnóstico para la información de errores, etc. y una parte de servicio (para la calibración, función de control manual y caso de uso basado en el servicio) el sistema es flexible, fácil de usar para los operadores y eficiente.

Montado en un marco vertical móvil, el calibre se ajusta automáticamente a la distancia de medición correcta a través de un sistema de posicionamiento hidráulico; su rápido posicionamiento le permite realizar mediciones casi instantáneamente, cuando se activa la tensión. De esta forma, puede maximizarse la longitud de la parte de chapa controlada a efectos de espesor. Los cambios de distancia provocados por pequeños cambios en la velocidad o tensión se corrigen automáticamente.

La integración de los componentes del sistema y las excelentes prestaciones de cada dispositivo y unidad permiten a los fabricantes de metal lograr espesores especificados dentro de tolerancias 24/7, de forma segura y con costes de mantenimiento despreciables. El sistema MTG con un calibrado sin espacios

Con la opción Modo pasa-alto, los fabricantes serán capaces de controlar las desviaciones de espesor en las chapas finas en control feed forward.

y tecnología PEC permite medir con precisión el espesor real de las chapas de aluminio. Su independencia del material, sus ventajas medioambientales y de seguridad, y su breve tiempo de puesta en marcha se traducen en una mayor productividad y más beneficios para los fabricantes de chapas de metal estándar en un proceso sostenible [2,4].

Gracias a la nueva opción de Modo pasa-alto de ABB, los fabricantes pronto podrán controlar las desviaciones de espesor de las chapas de aluminio finas en control feed forward, logrando con ello cumplir requisitos de tolerancia cada vez mayores y penetrar nuevos mercados. •

#### Referencias

[1] Market Watch, "What are the key market trends impacting the growth of the automotive lightweight material market?" in *Market Watch*, July 16, 2020. Available: <https://www.marketwatch.com/press-release/>

what-are-the-key-market-trends-impacting-the-growth-of-the-automotive-lightweight-material-market-2020-07-16. Accessed July 18, 2020.

[2] L. Thegel and E. Wadman, "Non-ferrous

metal thickness gauges", *ABB Review*, 1/2017, pp. 40–45.

[3] ABB, Measure IT Pulsed Eddy Current technology: Operating Principle, *Automation Technologies*, 2004-05, pp. 1–6.

[4] ABB, Millmate thickness gauging systems; imagine outstanding dependability, *ABB AB Industrial Automation*, 2020, pp. 1-11. Available: [www.abb.com/thicknessgauging](http://www.abb.com/thicknessgauging)

PRODUCTIVIDAD

# El camino hacia la ingeniería de automatización

Los ingenieros de automatización aún tienen que crear a mano muchos gráficos de lógica de control y procesos. La iniciativa DEXPI (Data Exchange in the Process Industry) tiene por objeto automatizar estas tareas normalizando los modelos de topología de las plantas. Un estudio de ABB ha demostrado como estos modelos pueden ahorrar costes y aumentar la calidad.

01



—  
01 La automatización de la creación de gráficos de lógica de control y procesos puede ahorrar costes y tiempo y aumentar la calidad.

La creación de gráficos de lógica de control y procesos para sistemas de control y supervisión como ABB Extended Automation System 800xA, ABB Ability™ Symphony Plus, o ABB Freelance aún requiere una importante cantidad de trabajo manual. Mientras las bibliotecas de ingeniería ofrecen poca reutilización y las herramientas masivas de ingeniería automatizan el manejo de las listas E/S, los ingenieros de automatización aún tienen que traducir muchas especificaciones de clientes a mano. En consecuencia, la iniciativa industrial DEXPI —promovida por BASF, Equinor y Bayer— está trabajando actualmente en modelos de topología de plantas estandarizados para automatizar más tareas de ingeniería. Un proyecto de investigación de ABB ha demostrado como estos modelos pueden ahorrar costes y aumentar la calidad. Las conclusiones se basan en el análisis de cuatro especificaciones de planta procedentes de proyectos System 800xA ejecutados recientemente.

### Ingeniería de planta hoy

Los ingenieros de procesos de hoy en día especifican diagramas de tuberías e instrumentación (P&ID) como modelos para la automatización de un proceso de fabricación →01. Estos planos describen el equipo necesario —como tanques, bombas, motores y válvulas— y los instrumentos, como los sensores de temperatura, flujo, nivel y presión. Si bien existen convenciones de nombres y normas sectoriales para las dimensiones de los componentes en los P&ID, varias herramientas de diseño asistido por ordenador (CAD) dan mucha libertad a los ingenieros de procesos. Pueden crear formas personalizadas, añadir anotaciones de texto libre y dibujar de manera no intencionada tuberías no conectadas —todo lo cual complica el análisis algorítmico e impide el procesamiento automático de la información codificada.

En consecuencia, a menudo los P&ID se intercambian en forma de archivos PDF (o incluso imprimibles) a partir de los cuales los ingenieros de automatización crean a mano gráficos de lógica de control y procesos. Basándose en su experiencia, los ingenieros pueden compensar ciertas ambigüedades semánticas (como, por ejemplo, formas que no cumplen completamente las normas). Sin embargo, a menudo también se encuentran con inconsistencias o partes incompletas por lo que respecta a otros documentos de las especificaciones, lo que da lugar a tediosos bucles de feedback de comunicación con los ingenieros de procesos.

Varias herramientas CAD ya presentan los denominados Smart P&ID, pero aún no se utilizan de manera generalizada en la industria. Los Smart P&ID incluyen una base de datos que contiene tablas estructuradas de la información codificada (como listas de instrumentos) y metadatos de los componentes dibujados (como diámetro del tubo, límites de alarma, etc.). Los algoritmos pueden procesar ese tipo de información estructurada mucho más fácilmente que los planos compuestos por cajas genéricas, líneas y círculos. Actualmente, los Smart P&ID normalmente se conservan en formatos específicos de una herramienta CAD, lo que complica la construcción de cadenas de herramientas de software.

### Ingeniería de topología

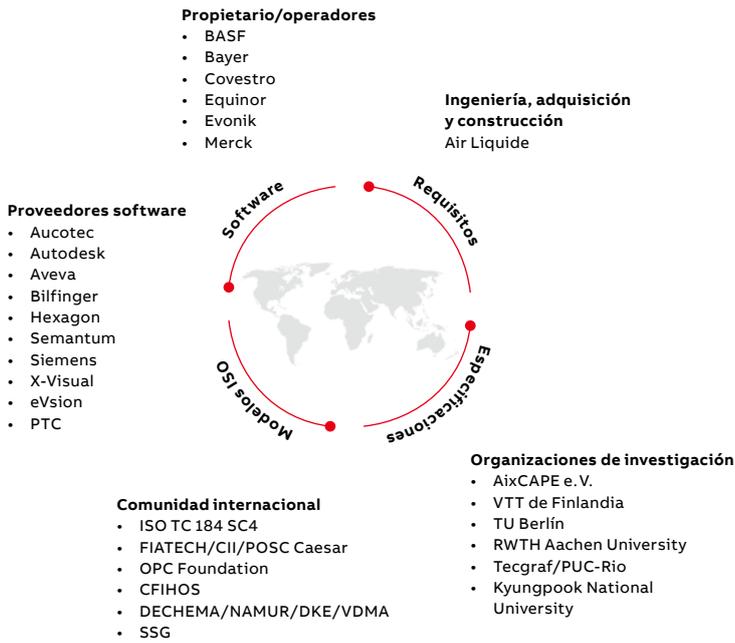
Desde 2011, la iniciativa DEXPI ha trabajado en una norma de especificación común de P&ID, expresada como conceptos orientados a objetos en un formato de archivo XML. Esta norma puede considerarse una versión estandarizada de los Smart P&ID. La especificación recoge tanto la información de plano (como coordinadas gráficas e instrucciones con dibujos) y modelos abstractos de equipos, instrumentos y sus dependencias. Estos últimos también se denominan «modelos de topología» ya que expresan la topología de la planta como una forma de red, de manera análoga a las topologías de circuitos electrónicos o redes de ordenadores [2]. La iniciativa está impulsada

—  
Varias herramientas CAD ya presentan los denominados Smart P&ID, pero aún no se utilizan de manera generalizada.

por grandes clientes de automatización, como BASF, Bayer, Covestro, Equinor, Evonik y Merck. Asimismo, participan todos los proveedores importantes de herramientas CAD, como Autodesk, Aveva, Hexagon y Siemens →02. La especificación ha madurado en los últimos años (la versión 1.2 se lanzó en 2020) y los proveedores de herramientas CAD a menudo participan en hackathons (intensas sesiones de desarrollo de software) de grupos de trabajo de DEXPI para probar los importadores y exportadores de DEXPI XML que pasarán a la siguiente versión del producto.

—  
Heiko Koziolk  
Andreas Burger  
Hadil Abukwaik  
Julius Rückert  
Marie Platenius-Mohr  
Industrial Automation,  
Corporate Research  
Ladenburg, Germany

heiko.koziolk@  
de.abb.com  
andreas.burger@  
de.abb.com  
hadil.abukwaik@  
de.abb.com  
julius.rueckert@  
de.abb.com  
marie.platenius-mohr@  
de.abb.com



02

Los modelos de topología están en el corazón de la «ingeniería de topología», desarrollados en los últimos años en comunidades científicas con el fin de utilizar información topológica para realizar tareas de ingeniería. Los modelos estandarizados en formato de archivo DEXPI XML permiten automatizar tareas que actualmente se realizan a mano:

- Generación de lógicas de control. En cierta medida, los modelos de topología de plantas permiten obtener lógicas de enclavamiento y controles basados en el estado [3].
- Generación de gráficos de procesos El diseño gráfico obtenido de un P&ID y codificado en un modelo de topología puede servir de plantilla para crear interfaces hombre-máquina para los operadores de la planta
- Generación de simulaciones. Los modelos de topología pueden mapearse hasta tipos de objetos en marcos de simulación (como Modelica), creando así simuladores de planta de baja fidelidad para su uso en pruebas de aceptación en fábrica y para formar a operadores.
- Análisis de la causa raíz. El operador puede pedir a los modelos de topología de la planta que investiguen las causas raíz de anomalías [2].
- Gestión de alarmas. Las cascadas de mensajes de alarma en una planta industrial pueden sobrecargar a los operadores humanos; los modelos de topología de plantas pueden servir para limitar esas «avalanchas de alarmas».

#### CAYENNE Topology Editor

Un reciente proyecto de investigación de ABB ha implantado una herramienta prototipo de software denominada «CAYENNE Topology Editor» para

demostrar las tareas de ingeniería que pueden automatizarse utilizando modelos de topología. La herramienta promueve la creación de modelos de topología de plantas a partir de archivos DEXPI XML, procedentes de P&ID en Microsoft Visio y de exportaciones patentadas de SmartPlant P&ID →03. En proyectos de renovación, también pueden obtenerse modelos de topología a partir de gráficos de procesos 800xA existentes, que contienen información topológica intensiva. Los usuarios pueden inspeccionar y editar visualmente los modelos de topología importados.

La herramienta CAYENNE ofrece un generador de lógica de control capaz de sintetizar lógica de enclavamiento a partir de los modelos de topología. Un motor de reglas ayuda al generador y aplica reglas predefinidas y específicas del sector a los modelos de topología con vistas a generar la lógica de control. Por ejemplo, si un indicador de nivel en un tanque emite una alarma de «bajo», una bomba en una salida de este tanque se detiene. El motor de reglas

—  
La herramienta Cayenne ofrece un generador de lógica de control capaz de sintetizar lógica de enclavamiento a partir de los modelos de topología.

recorre el modelo de topología en busca del patrón codificado en la regla. Cuando encuentra una coincidencia, recupera los nombres de etiquetas correspondientes y genera la lógica de control necesaria, vinculando de manera condicional la señal de condición de la alarma de la causa a la señal de control relativa al efecto. La herramienta soporta la generación de diagramas de control System 800xA Control Builder M y diagramas de bloques de función. Además, puede generarse texto estructurado IEC 61131-11, además de matrices de causa y efecto.

#### Generador de gráficos de procesos CAYENNE

Junto con la herramienta CAYENNE viene un generador de gráficos de procesos, que mapea el diseño importado de un P&ID a las formas incluidas en una biblioteca de ingeniería ABB System 800xA. Esto permite la generación parcial de gráficos de procesos System 800xA, que a continuación pueden completarse a mano por un ingeniero de automatización. La herramienta soporta la creación de equipos, instrumentos y tuberías. Las posiciones y las dimensiones de las formas se preservan, lo que supone la traducción entre el sistema de coordenadas gráficas del modelo de topología y el gráfico de procesos. Este mapeo puede

— 02 DEXPI initiative – a common P&ID XML file format for CAD tools.

— 03 Topology engineering: from P&ID via topology model to control logic and process graphics.

personalizarse para distintas bibliotecas de ingeniería System 800xA de manera que en los gráficos de procesos se muestren sus formas específicas. Este procedimiento se ha demostrado para la biblioteca System 800xA «standard» y la biblioteca «reuse» que normalmente se utiliza en las plantas de petróleo y gas.

**Integración con Engineering Base de AUCOTEC**  
 CAYENNE Topology Editor se ha integrado con la herramienta Engineering Base de AUCOTEC —utilizada por ABB en proyectos nuevos— como prototipo. AUCOTEC está actualmente implementando un importador DEXPI XML para Engineering Base, que

—  
**ABB ha realizado cuatro estudios retrospectivos de las especificaciones de proyectos de automatización ya en funcionamiento.**

—  
 permitirá combinar la herramienta de ABB Plant Data Processing (PDP) Tool con un modelo de topología. CAYENNE Topology Editor puede generar gráficos de procesos a partir de Engineering Base además de crear lógica de enclavamiento que «aglutina» los bloques de función generados por la herramienta.

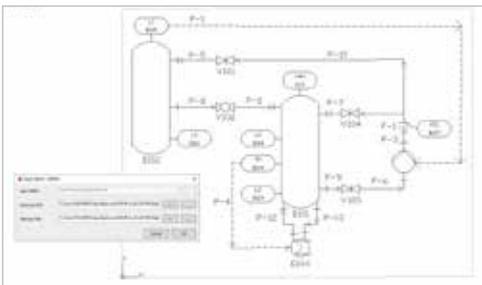
**Estudios de casos**

Para evaluar la ingeniería de topología y estudiar si CAYENNE Topology Editor podría haber acelerado la ingeniería, ABB llevó a cabo cuatro estudios retrospectivos de las especificaciones de proyectos de automatización en plantas ya montadas y automatizadas [4]:

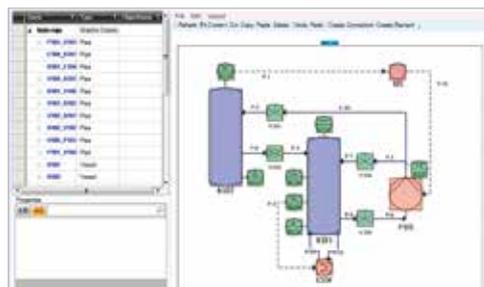
- A mid-sized fertilizer production plant in South America with around 1,000 I/Os →04. El segmento evaluado de la planta incluía 18 cisternas, ocho bombas y un reactor.
- Una planta de producción de combustible (4000 E/S) en América del Sur.
- Un proceso de separación de petróleo (400 E/S) en Oriente Medio con cisternas de separación, instrumentación y una sofisticada estructura de tuberías.
- Un proceso de producción de petróleo aguas arriba (7000 E/S) en América del Sur →05. Este proceso incluía un gran número de tuberías e instrumentación paralelos y similares, por lo que solo se analizó una selección.

En cada caso, un equipo de investigación analizó las especificaciones de la planta EPC y seleccionó un segmento de planta representativo, formado por de 10 a 20 P&ID por caso. A continuación, se crearon modelos de topología para el CAYENNE Topology Editor. Dado que los P&ID solo estaban disponibles como archivos PDF, esta tarea requirió volver a dibujar los P&ID en formatos admitidos por la herramienta CAYENNE. Por ejemplo, el equipo de

AutoCAD Plant3D



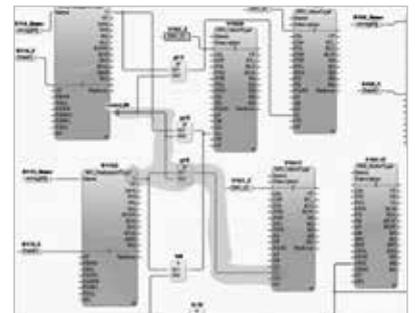
DEXPI



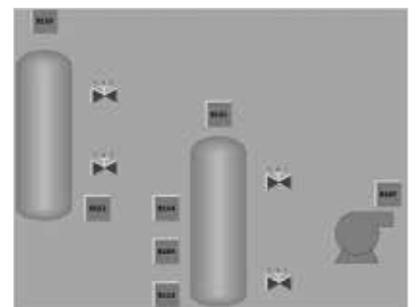
Modelo topología

Generan

800xA Control Builder



Código interbloqueo



Gráficos 800xA PG2



04

investigación creó P&ID de Microsoft Video a partir de los archivos PDF, lo que les llevó aproximadamente un día por caso. Una vez que las EPC exportan los archivos P&ID en el formato de fichero DEXPI XMK, este paso puede omitirse. Importar los archivos creados al CAYENNE Topology Editor tuvo como resultado el modelo de topología requerido.

A continuación, el equipo de investigación analizó cerca de 50 a 1000 enclavamientos por caso, especificados en matrices de causa y efecto. Para cada pareja de causa y efecto, se buscaba el recorrido

—  
**Basándonos en los estudios de caso, los ahorros de coste estimados de la generación de gráficos de procesos son incluso mayores (cerca del 50 %).**

de topología que conectaba con el proceso dentro del P&ID. Al comparar esta parte del recorrido con otras parejas de causa y efecto, se identificaron conceptos de enclavamiento genéricos y se codificaron como reglas. Por ejemplo, un patrón comúnmente observado fue que, si un sensor de presión disparaba una alarma de «alto», tenía que cerrarse una válvula

anterior. En muchos enclavamientos, la regla genérica tuvo que definirse una sola vez y se pudo aplicar después varias veces. Si estas reglas hubieran estado disponibles antes del proyecto, las matrices de causa y efecto podrían haberse generado en gran medida utilizando CAYENNE Topology Editor.

En total, el 91 % de los enclavamientos de los estudios de caso podían haberse generado mediante reglas. Los estudios de caso dieron lugar a un total de 92 reglas de enclavamiento, 73 % de las cuales se clasificaron como «genéricas», lo que significa que podrían aplicarse fácilmente a otras plantas. El 27 % restante de las reglas incluían patrones específicos de plantas que podían usarse para plantas muy similares; el esfuerzo dedicado a ellas solo es justificable si se dan muchas veces en la planta.

Unas cuantas reglas (un 7%) eran aplicables a los cuatro estudios de caso. La razón de este bajo porcentaje es la heterogeneidad de las plantas. Donde, por ejemplo, la fabricación de fertilizantes supone principalmente de mediciones de nivel y la producción de petróleo aguas arriba supone casi exclusivamente mediciones de presión en las tuberías. Seleccionar casos con más similitudes entre sí (por ejemplo, cinco plantas de fertilizantes) seguramente aumentaría significativamente la reutilización transversal de las reglas de enclavamiento.

El ahorro de coste estimado de la generación de enclavamientos y la eliminación de la codificación y



05

—  
04 Las especificaciones de esta planta de fertilizantes se utilizaron para probar la ingeniería de automatización mediante modelos de topología.

—  
05 Producción de petróleo y gas aguas arriba: Podrían generarse muchos enclavamientos a partir de modelos de topología para una instalación como la aquí mostrada.

las pruebas a mano ronda el 15% del esfuerzo global de ingeniería de lógica de control. También se eliminan las fuentes de errores humanos. Basándonos en los estudios de caso, los ahorros de coste estimados de la generación de gráficos de procesos son incluso mayores (cerca del 50 %).

#### Un paso importante hacia la ingeniería de automatización

Los modelos de topología son elementos clave para la automatización de las tareas de ingeniería en System 800xA de ABB, ABB Symphony Plus Operations y ABB Freelance. Todos los proveedores importantes de herramientas CAD están trabajando para admitir el estándar DESPI XML para PIDs recientemente desarrollado. Los modelos de topología extraídos de estos diagramas permiten la generación de gráficos de lógica

—  
Los modelos de topología son elementos clave para la automatización de las tareas de ingeniería.

de control y procesos y se han utilizado para generar simuladores de plantas para la formación de operadores en el pasado. Para aprovechar al máximo los beneficios de los modelos de topología deben realizarse más estudios de caso para mejorar las herramientas y los conceptos. Las herramientas de software necesarias se optimizarán en términos de usabilidad y se integrarán con otras herramientas de ingeniería. Este paso llevará a la industria de la automatización a estar muy cerca de la ingeniería completamente automatizada. •

#### Referencias

[1] <https://dexpi.org/>

[2] E. Arroyo *et al.*, "From paper to digital," *ABB Review* 1/2016, pp. 65–69.

[3] Schlegel M. *et al.*, "A combined analysis of plant connectivity and alarm logs to reduce the number of alerts in an automation system," *Journal of Process Control*, 23(6), pp. 839–851, 2013.

[4] Drath R. *et al.*, "Computer-aided design and implementation of interlock control code," *2006 IEEE Conference on Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006 IEEE International Symposium on Intelligent Control*, pp. 2,653–2,658, October 2006.



## PRODUCTIVIDAD

# Nuevo método de control MP<sup>3</sup>C maximiza la eficiencia y la dinámica

Para las aplicaciones de accionamiento eléctrico de la industria marítima, la minería, la industria de metales y de procesos y las industrias híbridas, ABB ha desarrollado el Model Predictive Pulse Pattern Control (MP<sup>3</sup>C) para maximizar la eficiencia y la simplicidad del motor sin sacrificar el rendimiento dinámico superior y la robustez del control de par directo (DtC).

—  
01 La unidad de propulsión marina Azipod® de ABB se basa en VSD controlados con precisión para lograr un menor consumo de combustible, más maniobrabilidad y rápidos ajustes de potencia.

—  
02 En 2019 se lanzó ACS6080 con control MP<sup>3</sup>C.

—  
**Tobias Geyer**  
ABB Medium Voltage Drives  
Turgi, Suiza

tobias.geyer@ch.abb.com

—  
**Wim van der Merwe**  
ABB Medium Voltage Drives  
Lódz, Polonia

wim.van-der-merwe@pl.abb.com

—  
**Vedrana Spudic**  
ABB Process Industries  
Baden-Dättwil, Suiza

vedrana.spudic@ch.abb.com

—  
**Jess Galang**  
**Ester Guidi**  
**Gerald Scheuer**  
ABB Medium Voltage Drives  
Turgi, Suiza

jess.galang@ch.abb.com  
ester.guidi@ch.abb.com  
gerald-a.scheuer@ch.abb.com

Los buques de hoy en día dependen de la tecnología avanzada y el rendimiento superior para navegar de manera eficiente por los océanos del mundo también en entornos marinos difíciles →01. La eficiencia de combustible es crítica para reducir el coste de la navegación y tiene el beneficio adicional de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> [1]. La familia de unidades de propulsión marina Azipod® de ABB reduce el consumo de combustible y logra una mejor maniobrabilidad y rápidos ajustes de potencia, por ejemplo, en los rompehielos, ayudando así a que la industria de

la navegación cumpla sus objetivos al tiempo que reduce los costes [2]. Pero, ¿cómo consigue esto la unidad de propulsión eléctrica Azipod® incluso en las zonas heladas de los océanos? El sistema de propulsión dirigitivo sin marchas de Azipod® utiliza un motor eléctrico ubicado en una cápsula debajo del casco del buque, que puede rotar 360 grados, permitiendo el empuje en todas las direcciones. Para esta impresionante hazaña, se requieren accionamientos de velocidad variable (VSD) que deben controlarse con precisión. Esto requiere que el motor sea sencillo (para





03

minimizar la temperatura, el ruido y la vibración del motor) y tenga un rendimiento dinámico superior, por ejemplo, durante eventos en red; su alta potencia también exige bajas frecuencias de conmutación. Presentamos la tecnología de vanguardia de ABB: Modelo predictivo control basado en modelos de impulso (MP<sup>3</sup>C) para maximizar la eficiencia operativa y alcanzar un rendimiento dinámico superior en los accionamientos eléctricos →02.

#### **Conseguimos potencia y eficiencia de accionamiento de la propulsión**

En sistemas como el Azipod®, la potencia de accionamiento de la propulsión se regula mediante el convertidor de electrónica de potencia, que controla la velocidad variando la frecuencia y la tensión del motor. Si se produce una perturbación en la red, algo que puede suceder fácilmente, el sistema de control debe

---

Para permitir el empuje en todas las direcciones, el sistema de propulsión eléctrica Azipod® se basa en VSD que tienen que controlarse de manera precisa.

mantener la tensión DC-Link adecuadamente para que el sistema de accionamiento siga funcionando correctamente. Para aumentar la eficiencia, el número de eventos de conmutación por ciclo fundamental

debe mantenerse al mínimo. Además, la energía almacenada en los condensadores DC-Link normalmente se reduce al mínimo para aumentar la seguridad en caso de fallos de media tensión.

La conmutación induce rizados de corriente y par que conllevan vibraciones mecánicas que tienden a ser pronunciadas a bajas frecuencias de conmutación. Además, los rompehielos que operan en áreas polares deben cumplir estrictos límites de ruido submarino para minimizar el impacto adverso en la vida salvaje marina. Los métodos de control de los convertidores tradicionales requieren altas frecuencias de conmutación para cumplir esos límites de ruido, incurriendo en altas pérdidas. Lograr estas condiciones de contorno es fundamental pero difícil para los métodos de control tradicionales. Ahora, el MP<sup>3</sup>C de ABB aplicado a los VSD abre la posibilidad de conseguir las todas.

#### **Conseguimos rendimiento dinámico con ACS6080 y MP<sup>3</sup>C**

Ahorrar energía, mantener la seguridad e incorporar un control rápido, exacto y robusto también son aspectos cruciales para las industrias de procesos. Para el sector de la minería y los metales, los laminadores tanto en frío como en caliente dependen del control de la velocidad rotacional y del par de laminación para lograr productos de alta calidad. Dado que el material entra y sale del laminador de forma abrupta, los cambios de carga rápidos entre «sin carga» y «a plena carga» dificultan el control del par →03.

A pesar de estos requisitos, las distorsiones armónicas dan lugar a pérdidas por armónicos y a la necesidad de refrigeración adicional y máquinas

—  
03 ACS6080 con control MP<sup>3</sup>C reduce las pérdidas por armónicos, mejorando así la eficiencia y la sostenibilidad de laminadores tanto en frío como en caliente.

—  
04 Solo MP<sup>3</sup>C logra tanto un rendimiento dinámico superior, al igual que el DTC, como un excelente rendimiento de armónicos, como demuestran los OPP durante estados estacionarios.

sobredimensionadas. Encontrar el accionamiento adecuado con el control adecuado y reducir las pérdidas por armónicos en aplicaciones críticas es un objetivo clave de ABB. Menos pérdidas equivale a una mayor eficiencia y, por lo tanto, a más sostenibilidad. Presentamos el accionamiento ACS6080 de ABB con la tecnología de vanguardia MP<sup>3</sup>C para controlar los semiconductores. Desarrollado en la última década, este método de control maximiza el rendimiento dinámico y la eficiencia y minimiza las distorsiones armónicas para ofrecer un funcionamiento óptimo del motor en todas las situaciones.

#### Metodologías de control: una breve historia

Durante muchas décadas, combinar un rendimiento de armónicos superior (especialmente la capacidad de minimizar las distorsiones por frecuencia de conmutación) y una dinámica excelente ha sido una tarea difícil de conseguir y llena de compromisos.

El control directo de par (DTC) desarrollado en los años 80, y el control por campo orientado (FOC) ponen de manifiesto este dilema →04. Dado que el DTC utiliza una frecuencia de muestra (sobre 40 kHz) y se basa en controladores de histéresis con una tabla de conmutación para controlar el par electromagnético y la magnetización de la máquina eléctrica, la respuesta de par es rápida y precisa. El resultado es un rendimiento dinámico extraordinario del accionamiento y un sistema robusto frente a fluctuaciones DC-Link y otras perturbaciones.

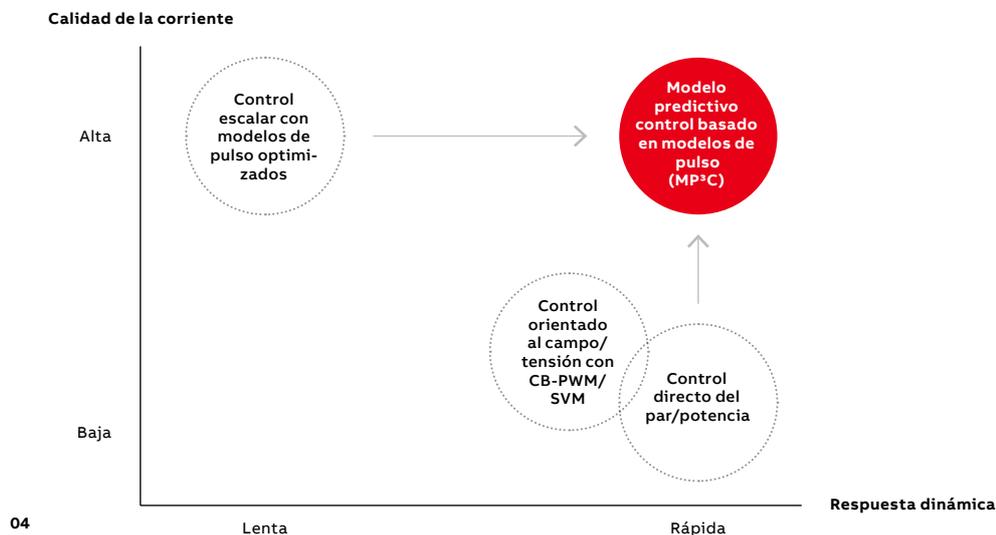
De manera alternativa, el FOC, fijado en un marco de referencia rotatorio ortogonal, utiliza controladores lineales que proporcionan referencias de tensión a un modulador por ancho de pulsos (PWM) basado en

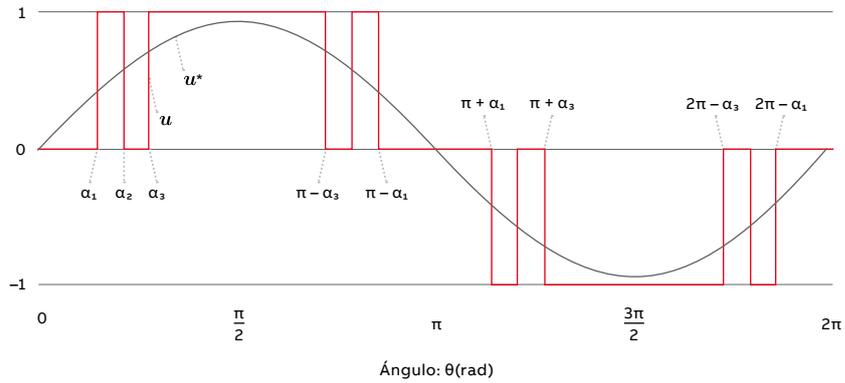
modulación PWM basada en portadora (CB-PWM) o modulación por vectores espaciales (SVM). Dado que los convertidores de media tensión funcionan a

—  
El deseo de ABB de ofrecer ahorros de potencia sin comprometer el rendimiento dinámico dio lugar al desarrollo del MP<sup>3</sup>C.

frecuencias de conmutación bajas (varios cientos de hercios), el número de pulsos (frecuencia de conmutación por encima de la frecuencia fundamental) es menor de 10, lo que da lugar a grandes distorsiones armónicas. Asimismo, la frecuencia de muestreo del controlador lineal de campo orientado es cuatro veces la frecuencia de conmutación (en este caso, cerca de 1 kHz). Esto limita el ancho de banda del controlador, ralentizándolo y dando lugar a un mal rendimiento dinámico y a un pobre rechazo de perturbaciones →04.

Estas desventajas pueden superarse con la ayuda de Modelos de impulsos optimizados (OPP) que minimizan las distorsiones de corriente en una frecuencia de conmutación dada —una elección superior para sistemas de convertidores de media tensión →05. No obstante, lograr un alto control de ancho de banda con controladores lineales y OPP es intrínsecamente difícil porque los fuertes rizados de corriente afectan negativamente al controlador. Utilizar un bucle de control lento, por ejemplo, voltios por control de frecuencia para los OPP, es teóricamente posible pero no es práctico





para la mayoría de aplicaciones de accionamientos de media tensión. Durante los cambios de referencia de par o cuando se producen transiciones entre los modelos de pulso, el controlador no reacciona suficientemente rápido, lo que da lugar a corrientes excesivas de transitorios y a un mal rendimiento dinámico.

La poca energía DC-Link almacenada en los sistemas de media tensión (energía almacenada < 5 ms) requiere una rápida inversión del par durante los eventos de red para evitar sobretensiones o subtensiones del DC-Link. Así, tradicionalmente, se han utilizado métodos DTC o FOC en lugar de esquemas basados en OPP.

Los 45 años de experiencia de ABB desarrollando VSD equipados con DTC—una innovación de ABB—ha permitido un rendimiento sin precedentes de los motores eléctricos y ha dado lugar a drásticos ahorros energéticos al emparejar la velocidad del motor y el par con los requisitos reales de la carga impulsada. Este deseo de ofrecer eficiencia y ahorro de energía sin comprometer el rendimiento dinámico dio lugar al desarrollo de MP<sup>3</sup>C: el último sistema de control para las aplicaciones más exigentes.

**Encontrando el equilibrio**

Con MP<sup>3</sup>C, ABB ha encontrado el punto ideal, donde el rendimiento dinámico mejorado coincide con el excelente rendimiento de armónicos, como demuestran los OPP durante los estados de estado estacionario →04.

En este caso, ABB emplea un enfoque bien conocido, el control predictivo basado en modelos (MPC), en el que un modelo matemático del sistema de accionamiento controlado predice su futura evolución a lo largo de un horizonte de predicción y elige la mejor entrada de control resolviendo un problema matemático de optimización. Una vez conseguido, el sistema obtiene nuevas mediciones y replanifica a lo largo de un horizonte cambiado o móvil [3].

**Principio de control superior con MP<sup>3</sup>C**

Básicamente, MP<sup>3</sup>C combina el MPC con la tecnología OPP; los OPP ofrecen distorsiones armónicas mínimas por frecuencia de conmutación y el MPC

hace un seguimiento de la trayectoria del flujo del estator ideal del OPP minimizando una función de coste y manipulando los instantes de conmutación del OPP [4]. Utilizando una frecuencia de muestreo (40 kHz) con política de horizonte móvil, se logra una respuesta dinámica rápida y un rechazo de perturbaciones superior.

En los OPP, se abandona el intervalo de modulación fija de la PWM clásica, con dos transiciones de conmutación por fase e intervalo de modulación. En su lugar, los OPP se computan offline calculando los ángulos de conmutación óptimos y las transiciones de conmutación para minimizar las distorsiones de corriente en una frecuencia de conmutación dada. Normalmente

— **MP<sup>3</sup>C maximiza la eficiencia operativa y logra el rendimiento dinámico superior de los accionamientos eléctricos.**

se impone una simetría de cuarto y de media onda. Asumiendo una carga inductiva, las distorsiones de corriente son proporcionales a la suma de la tensión de armónicos del modo diferencial al cuadrado dividido por el orden de armónicos. Los ángulos de conmutación óptimos,  $\alpha_i$ , y las transiciones de conmutación,  $\Delta u_i$ , pueden entonces calcularse para un índice de modulación dado,  $m$ , y un número de pulsos,  $d$ , minimizando las distorsiones de corriente.

$$\begin{aligned} &\text{minimizar}_{\alpha_i} \sum_{n=5,7,\dots} \left( \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^d \Delta u_i \cos(n\alpha_i) \right)^2 \\ &\text{sujeto a } \frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^d \Delta u_i \cos(\alpha_i) = m \\ &0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_d \leq \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

05 La forma de onda de conmutación de un OPP (con el número de pulsos,  $d$ , las transiciones de conmutación por fase y cuarto de onda) ilustra las distorsiones de corriente mínimas para una frecuencia de conmutación dada para una carga inductiva.

06 El principio de control de MP<sup>3</sup>C se ilustra con la trayectoria del flujo del estator, la corrección del flujo del estator y el seguimiento de la trayectoria. El vector del flujo del rotor  $\psi_{r, \alpha\beta}$ , vector del flujo del estator  $\psi_{s, \alpha\beta}$ , vector del flujo del estator de referencia  $\psi_{s, \alpha\beta}^*$  y error de flujo del estator  $\psi_{s, \alpha\beta, err}$  se muestran en coordenadas ortogonales estacionarias.

06a La trayectoria de flujo del estator óptima (THD mínimo) se deriva integrando el OPP según se muestra.

06b El vector del flujo del estator se modifica manipulando los instantes de tiempo de las transiciones de conmutación (mostrados aquí en fase  $a$ ). Se logra un control de bucle cerrado rápido.

06c El seguimiento de trayectoria de MP<sup>3</sup>C se logra regulando el flujo del estator junto con la trayectoria de referencia del flujo del estator (integral del OPP). Esto minimiza la corriente TDD.

El índice de modulación corresponde a la tensión de salida y el número de pulsos se refiere a la frecuencia de conmutación.

La trayectoria de referencia del vector del flujo del estator resulta de las integraciones de la tensión del estator del OPP a lo largo del tiempo →06. Por definición, esta trayectoria es óptima; el seguimiento estrecho de la trayectoria, la distorsión de demanda total (TDD) de las corrientes en el estator se minimiza modificando los instantes de tiempo de las transiciones de conmutación en consecuencia (importante en presencia de grandes perturbaciones, como una fuerte tensión de rizado DC-Link). Haciendo un seguimiento estrecho de la trayectoria de referencia del estator, MP<sup>3</sup>C logra un espectro de corriente de armónicos casi óptimo y minimiza el impacto adverso de la tensión de rizado DC-Link en la corriente del estator TDD.

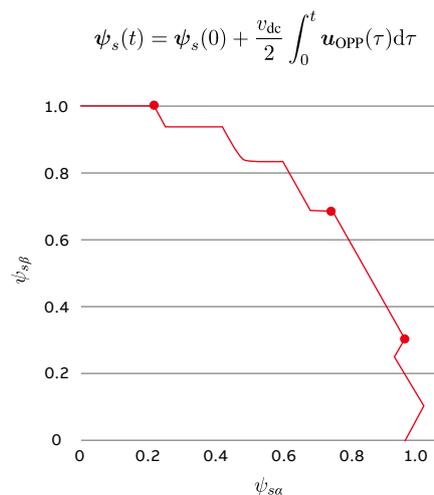
**El rendimiento basado en la evidencia tiene beneficios**

Las simulaciones y los resultados experimentales de campo y laboratorio demuestran la superioridad de MP<sup>3</sup>C en comparación con los métodos tradicionales. Por ejemplo, la compensación entre las pérdidas del inversor y las pérdidas por armónicos de las máquinas al variar la frecuencia de conmutación demuestran que

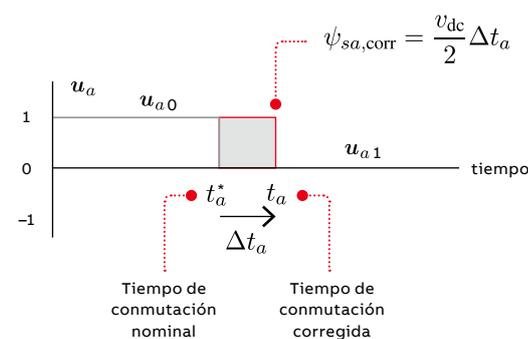
**En 2019, ABB lanzó el accionamiento ACs6080 con MP<sup>3</sup>C para un control superior y la optimización de primera clase de la cadena de accionamiento.**

MP<sup>3</sup>C tiene mejores resultados que FOC en términos de pérdidas →07a. En este caso, MP<sup>3</sup>C con un número de pulsos de tres logra una reducción total de pérdidas de 25 kW por lo que respecta a la SVM (relación portadora de nueve). Esto puede tener un efecto positivo en los costes operativos y de capital. Asumiendo un precio de electricidad de 80 Euros por MWh, la reducción de pérdidas: de 25 kW reduciría la factura de electricidad anual en 17 500 Euros.

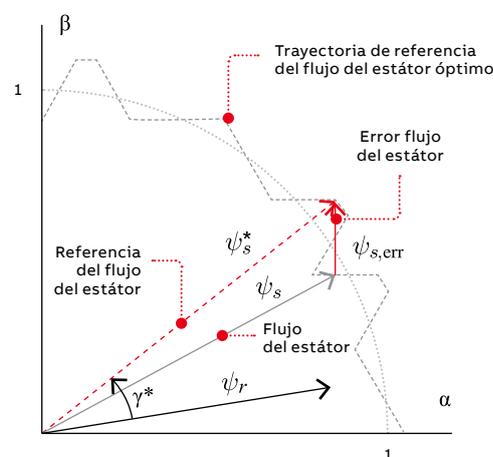
Se observan ventajas similares en términos de TDD reducida →07b. Dado que las distorsiones de corriente más bajas del estator conllevan menos distorsiones de par, el par entrehierro de la TDD puede reducirse con pérdidas de inversor parecidas con MP<sup>3</sup>C frente a FOC con SVM. Las tensiones mecánicas y térmicas más bajas amplían la vida útil de las máquinas eléctricas y prolongan los intervalos de



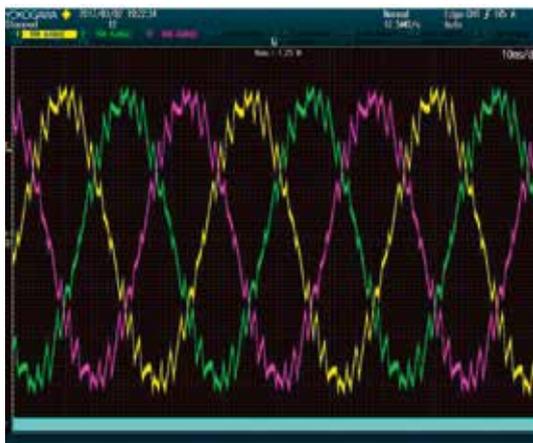
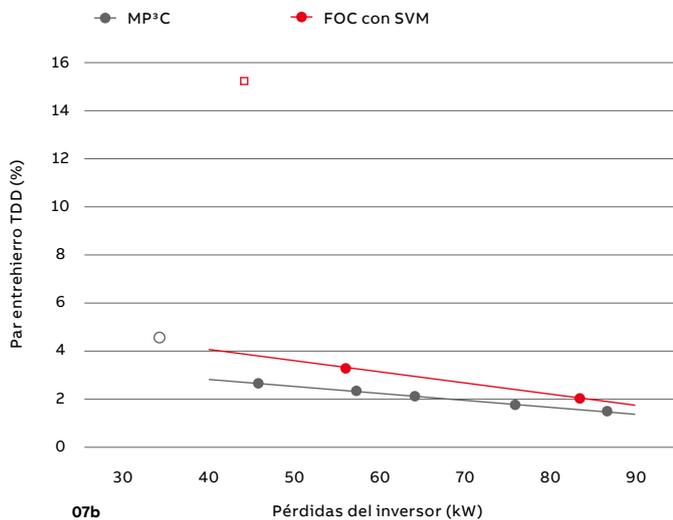
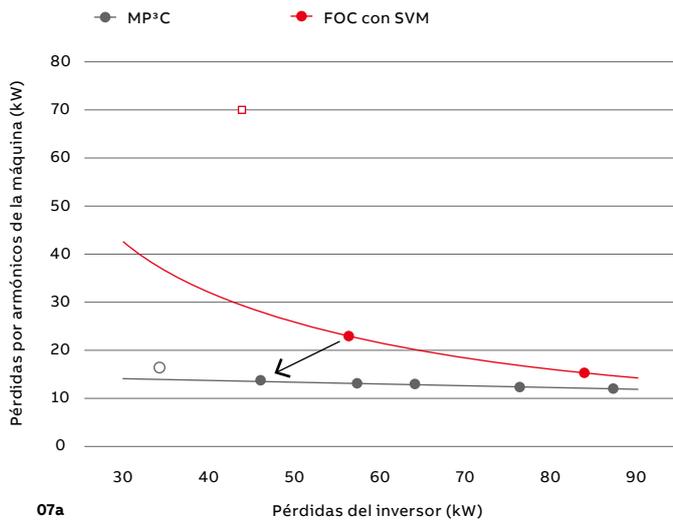
06a



06b



06c



08

mantenimiento, traduciéndose en última instancia en gastos operativos más bajos (opex).

Los resultados obtenidos para una máquina de inducción de 3,3 kV calibrada a 1140 kVA confirmó la eficacia de MP³C →08. En este caso, MP³C alcanza un ratio casi óptimo de distorsiones por corrientes armónicas por frecuencia de conmutación en estado estacionario. Además, durante los transitorios, se logran respuestas muy cortas de par y corriente parecidas a las de DTC, si pueden introducirse pulsos adicionales cuando se requiera [5].

Gracias a las bajas distorsiones armónicas de MP³C en números de pulsos bajos, se puede aumentar la frecuencia fundamental. Esto aumenta el espacio de diseño del sistema para aplicaciones como compresores, que requieren motores de alta velocidad. Al aumentar la velocidad de salida del accionamiento, puede reducirse o evitarse el tamaño y el peso de una caja de cambios adicional, lo que se traduce en importantes ahorros de costes en términos de inversión inicial o gasto de capital (capex).

#### Casos de uso de MP³C

Los accionamientos de media tensión ACS6000 de ABB se han utilizado para lograr condiciones de prueba totalmente controlables en bancos de pruebas. En un caso, ABB estudió el problema de las temperaturas excesivamente altas en máquinas

**ABB presentó el primer accionamiento ACS6080 utilizado en una central de bombeo que utiliza tecnología MP³C.**

conectadas al accionamiento ACS6000, que limitaba la potencia alcanzada por el banco de pruebas del motor. El uso de MP³C redujo la temperatura del motor (por ejemplo, 40 K en lugar de 65 K) y redujo la distorsión armónica de las corrientes en el motor. El banco de pruebas pudo entonces funcionar a más potencia, un buen resultado.

Además, ABB ha presentado el primer ACS6080 utilizando en una central de bombeo, con MP³C. Al combinar los beneficios de la alta eficiencia y mayor frecuencia de salida, el MP³C abre nuevas posibilidades a los clientes para modernizar sus sistemas convertidores de frecuencia existentes.

**De primera clase: Accionamiento ACS6080 con MP³C**  
En 2019, ABB lanzó el accionamiento ACS6080 con

— 07 Los resultados de las simulaciones demuestran la superioridad de MP<sup>3</sup>C frente a esquemas FOC en términos de pérdidas del inversor y distorsiones del par.

— 07a MP<sup>3</sup>C funciona mejor que el FOC en términos de pérdidas de inversión cuando varía la frecuencia de inversión. Para MP<sup>3</sup>C (círculos negros) y FOC (círculos rojos) se incluye una línea de regresión como guía (los puntos de datos en la línea discontinua se consideraron atípicos).

— 07b El uso de MP<sup>3</sup>C reduce el par de TDD en un 33 % en este caso. La comparación de SVM con la relación portadora de 9 y MP<sup>3</sup>C con un número de pulsos de 4 muestra una reducción del par de TDD del 3,3 % al 2,2 %.

— 08 MP<sup>3</sup>C alcanza un ratio casi óptimo de distorsiones de corrientes armónicas por frecuencia de conmutación en estado estacionario. Se muestra formas de onda de corriente del estator en estado estacionario en una frecuencia fundamental de 30 Hz y al 60 % del par nominal de la máquina. Para un número de pulsos de 5, la frecuencia de conmutación es 150 Hz y el TDD de la corriente es 8,7 %.

— 09 La industria minera junto con la industria marítima, la industria de metales, la industria de procesos y las industrias híbridas pueden beneficiarse de la tecnología innovadora de ABB para aplicaciones de accionamientos eléctricos.

#### Referencias

[1] ABB, "ABB Azipod® electric propulsion can save \$1.7 million in fuel costs annually, study shows", ABB Group Press Release, June 5, 2019, [Online]. Available: <https://new.abb.com/news/detail/24879/abb-azipodr-electric-propulsion-can-save-17-million-in-fuel-costs-annually-study-shows>. Accessed July 12, 2020.

[2] ABB, "ABB Azipod® takes marine propulsion to the North Pole and

MP<sup>3</sup>C para un control superior y la optimización de primera clase de la cadena de accionamiento. En varios casos importantes, se logra mayor eficiencia del sistema y salida de potencia del motor frente a sistemas convencionales: la potencia de salida puede

## La tecnología MP<sup>3</sup>C de ABB lleva la eficiencia y la simplicidad del motor al máximo físicamente posible.

— aumentarse a altas frecuencias fundamentales. En general, el accionamiento ACS6080 de ABB con control MP<sup>3</sup>C se traduce en un CAPEX más bajo (menor inversión inicial y optimización del coste del sistema) y un OPEX más bajo, con menos costes de funcionamiento y mantenimiento.

— Al combinar MPC y OPP, el nuevo MP<sup>3</sup>C de ABB con ACS6080 cumple la demanda de la industria de bajas distorsiones de corrientes y alto rendimiento dinámico. En consecuencia, las industrias del metal y las industrias de minería, el sector marítimo y las industrias que dependen de aplicaciones de banco de prueba ahora tienen un beneficioso mayor grado de libertad →09. MP<sup>3</sup>C lleva la eficiencia y la simplicidad del motor al máximo físicamente posible preservando el rendimiento dinámico y la robustez del DTC. •

beyond", ABB Group article, Aug. 23, 2019, [Online]. Available: <https://new.abb.com/news/detail/30623/abb-azipodr-takes-marine-propulsion-to-the-north-pole-and-beyond>. Accessed July 12, 2020.

[3] J. B. Rawlings and D. Q. Mayne. "Model predictive control: Theory and design", Nob Hill Publ., Madison, WI, USA, 2009.

[4] T. Geyer, et al., "Model Predictive Pulse Pattern Control", *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 48, no 2, March/April 2012, pp. 663–676.

[5] T. Geyer and N. Oikonomou, "Model predictive pulse pattern control with very fast transient responses", in *Proc. IEEE Energy Convers. Congr. Expo.*, Pittsburgh, PA, USA, Sep. 2014.





01

—  
PRODUCTIVIDAD

# Por qué los robots se centran en procesos de montaje final

En las últimas décadas, la industria de automoción ha automatizado una gran variedad de procesos, incluidos la automatización de prensas, talleres de carrocería, pintura y montaje de motores y transmisión. Pero cuando se trata del montaje final, la automatización sigue siendo un reto importante. La razón es que hay áreas como la conexión de cables, el montaje del volante y la instalación de muchos otros componentes que son extremadamente complejas.

—  
01 Ejemplo de una línea de montaje en una ubicación demo de ABB.

—  
02 Conforme con el control servo visual. La técnica utiliza información de retroalimentación extraída de un sensor de visión para compensar los movimientos y las vibraciones.

Ahora, gracias a los avances de ABB Robotics y las tecnologías de control visual, estos avances están dando paso a aplicaciones piloto. Y, lo que es más, se prevé que las tecnologías descritas en este artículo sean eventualmente aplicables a otros campos centrados en objetivos inestables, como operaciones de logística basadas en el uso de vehículos de guiado automatizado.

Históricamente, la automatización de muchas de las operaciones del montaje final de automóviles se ha considerado prácticamente imposible. En consecuencia, nunca se han concebido ni diseñado

## La tecnología servo visual de ABB utiliza información de retroalimentación procedente de un sensor de visión para compensar los movimientos y las vibraciones.

componentes asociados teniendo presentes las capacidades de automatización actuales. El resultado es que las líneas de montaje final de automóviles →01 siguen dependiendo enormemente de la destreza humana.

Las líneas totalmente automatizadas en áreas como talleres de soldadura de carrocerías funcionan en modo «stop & go», lo que facilita la automatización de distintas celdas. Las líneas operadas manualmente, por otra parte, se mueven lentamente de manera continua transportando carrocerías por distintos tipos de cintas transportadoras o, en casos avanzados, en vehículos de guiado automatizado (AGV). Estos sistemas, que normalmente se utilizan en fábricas y almacenes, siguen líneas marcadas o cables en el suelo o utilizan ondas de radio, cámaras de visión, imanes o láseres para la navegación. Independientemente de si el medio de transporte es un sistema de cintas

transportadoras o un AGV, el movimiento se produce a una velocidad moderada de cerca de 100 mm/s, lo que permite a los operadores humanos llevar a cabo tareas de montaje con el nivel de seguridad requerido.

En el caso de los robots, sin embargo, estos entornos plantean una serie de retos difíciles. Por un lado, los sistemas de transporte de vehículos tienden a ser irregulares, y los suelos suelen ser desiguales, lo que da lugar a temblores y vibraciones. Así, si un robot debe emular el comportamiento humano en este tipo de entorno, debe estar equipado con visión artificial. Los sistemas de visión convencionales actuales normalmente están basados en capturas de posiciones de referencia estáticas para localizar las posiciones objetivo para las tareas de montaje. En este caso, a medida que las carrocerías se mueven por una línea, se requiere una capacidad adicional: un seguimiento por visión continuo para gestionar los movimientos, las irregularidades y las vibraciones. Su diseño permite a los robots adaptar continuamente su movimiento a una secuencia de imágenes de referencia capturadas mediante visión, con una frecuencia de captura de entre 20-50 por segundo.

El seguimiento por visión está basado en una técnica conocida como Servo Visual →02, que utiliza información de retroalimentación extraída de un sensor de visión para compensar los movimientos y las vibraciones. En este caso, en lugar de moverse conforme a un recorrido programado como lo haría un robot convencional, los movimientos del robot están guiados por la información facilitada por el o los sensores de visión. En cuanto a los robots de ABB, esta funcionalidad, denominada External Guided Motion (EGM), puede actualizar las entradas de orientación cada 4 ms, dando lugar a respuestas muy rápidas.

Además de la EGM, los robots de ABB también utilizan un sensor de fuerza-par: ABB Integrated Force Control. Esta tecnología permite al robot adaptar sus movimientos basándose en entradas de fuerza y par obtenidas del contacto con la carrocería (comportamiento mecánico conforme). Normalmente el sensor está instalado entre

—  
**Josep Vilarrasa**  
**Jorge Vidal-Ribas**  
Robotics, Final trim & Assembly  
Barcelona, España

josep.vilarrasa@es.abb.com  
jorge.vidal-ribas@es.abb.com

—  
**Jordi Artigas**  
Robotics, Consumer segment & service Robotics  
Barcelona, España

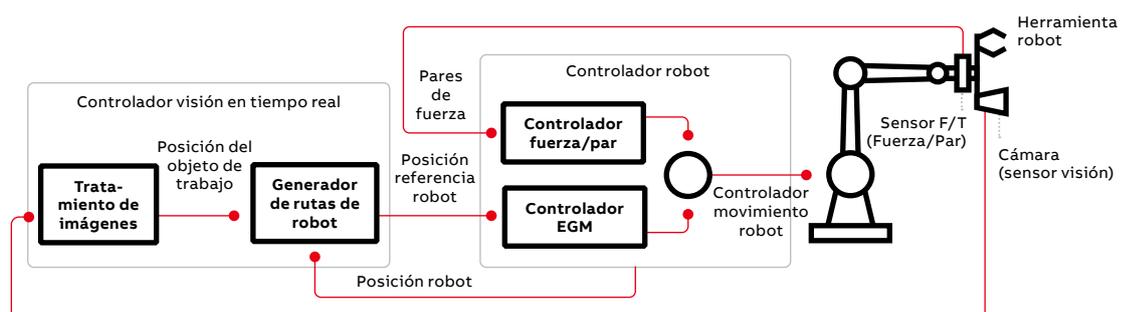
jordi.artigas@es.abb.com

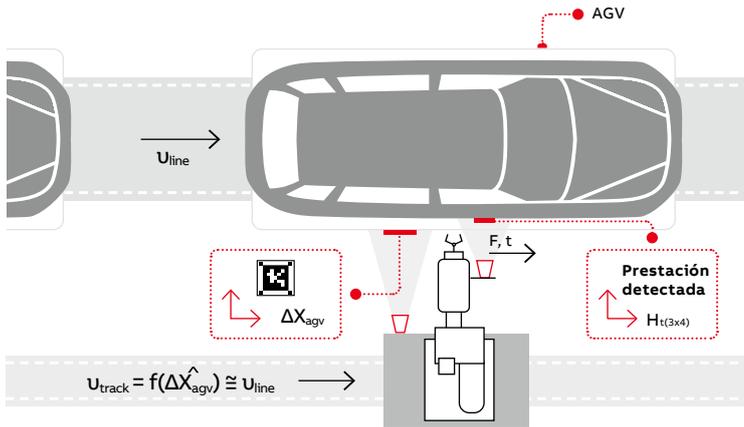
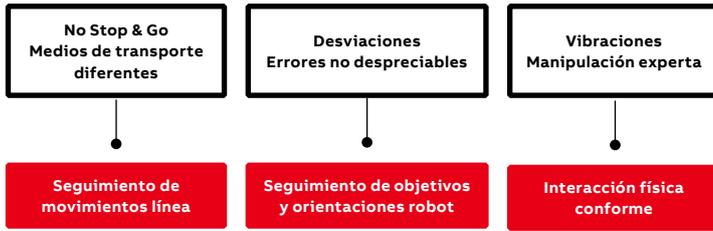
—  
**Tomas Groth**  
Robotics & Discrete Automation Technology  
Västerås, Suecia

tomas.groth@se.abb.com

—  
**Biao Zhang**  
ABB Robotics  
Raleigh, NC, Estados Unidos

biao.zhang@us.abb.com





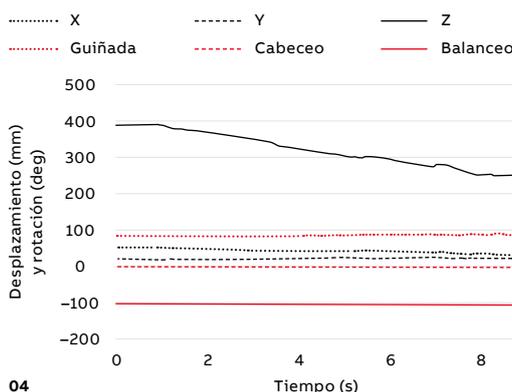
03

la herramienta y la muñeca del robot →02. La combinación de la tecnología servo visual y el comportamiento mecánico conforme es un ejemplo de fusión sensorial, una tecnología en la que los datos procedentes de distintas fuentes de sensores se combinan en tiempo real.

A medida que estas tecnologías maduran, merece la pena plantearse cuál podría ser el aspecto de un proceso de montaje final completamente automatizado. Básicamente, según se menciona en →03, se reduciría a las siguientes tareas.

**1. Seguimiento de los movimientos de la línea**

Esto significa hacer un seguimiento de los principales movimientos de una línea de montaje para obtener un entorno pseudoestático. Normalmente, los robots han hecho seguimiento de partes de un sistema de cintas de transporte utilizando lo que se conoce como una función



04

de seguimiento de las cintas transportadoras. Este sistema se basa en utilizar un codificador mecánicamente conectado al movimiento de la cinta transportadora. Sin embargo, en el caso de las carrocerías que se desplazan en AGV, esta forma de seguimiento no es sencilla de implantar debido a las adaptaciones mecánicas que implica.

La solución de ABB a este reto ha sido aplicar su tecnología Servo Visual, que hace un seguimiento de los AGV bien mediante un sistema AprilTag o mediante una característica visual del AGV. La ventaja de utilizar un sistema AprilTag es que no solo es fácil de instalar, sino también mucho más robusto. Desarrollados por la Universidad de Michigan, los AprilTags son códigos de barras bidimensionales conceptualmente iguales que los códigos QR. La diferencia es que los AprilTags están diseñados para procesar pequeñas cantidades de datos, lo que los hace comparativamente robustos y más fáciles de detectar, resultando en una precisión de localización mejorada y un procesamiento informático más rápido.

El seguimiento visual, por otro lado, implica el uso de cámaras montadas en sala o una cámara montada en el pie del robot si el propio robot está montado sobre un eje lineal. El eje lineal del robot, también conocido como «track motion» en la cartera de productos de ABB, conlleva el uso de una unidad lineal controlada por servo que sirve para ampliar el alcance del robot. El eje lineal del robot es necesario en aquellos procesos de montaje caracterizados por un tiempo de contacto significativo entre la pieza o el componente que debe montarse y la carrocería.

La tecnología no se limita a hacer un seguimiento de los movimientos del robot en los AGV y también puede utilizarse en cintas transportadoras convencionales.

**2. Seguimiento de objetivos y orientación del robot**

Una vez alcanzado este entorno pseudoestático, el robot aún tiene que enfrentarse a tolerancias

— La combinación de entradas procedentes de un sensor de visión y un sensor de fuerza-par (fusión sensorial) son la clave para llevar a cabo un proceso de montaje con éxito.

residuales, irregularidades y vibraciones antes de llegar a su objetivo de montaje. En este caso, hay una cámara montada en la herramienta robot. El robot conoce la posición relativa de la cámara en relación con el controlador fuerza-par (FTC) de la herramienta, lo que le

—  
03 Los pasos de seguimiento indican el aspecto que tendría un proceso de montaje final completamente automatizado.

—  
04 Seguimiento de prestaciones durante el montaje. Las líneas ilustran los movimientos del robot en relación con el seguimiento de un objetivo utilizando visión en tiempo real.

—  
05 Imagen conceptual de montaje de cabina y puerta.

permite concentrarse en la posición objetivo. A diferencia del seguimiento del movimiento de la línea basado en AprilTags, la cámara se centra en una imagen de una característica real →03 de una carrocería monitoreada cuya posición relativa al objetivo de montaje se conoce. En estas circunstancias, no se utilizan AprilTags debido a la complejidad añadida que se requiere para montarlos y después retirarlos, algo que tendría que realizarse en las distintas estaciones. Sin embargo, hacer un seguimiento de las características visuales a medida que las carrocerías se mueven a alta velocidad sigue planteando un reto, especialmente por lo que respecta a gestionar varios colores y variaciones en las condiciones de iluminación. →04 ilustra los movimientos de un robot en relación con el control de un objetivo utilizando visión en tiempo real.

### 3. Interacción física conforme

Una vez identificado el objetivo, se inicia el contacto físico, y el robot lleva a cabo su tarea de montaje →05 siguiendo una combinación de entradas de sensores de visión y fuerza-par. Esto implica mantener el seguimiento de visión durante todo el contacto y comportarse de manera conforme utilizando el feedback continuo facilitado

—  
Las aplicaciones piloto de ABB incluyen montaje de cabina, colocación de alfombrillas, colocación de asientos y montaje de puertas.

por el sensor Force Control instalado entre su muñeca y la herramienta. Esta combinación de entradas procedentes de un sensor de visión y un sensor de fuerza-par (fusión sensorial) son la clave para llevar a cabo un proceso de montaje con éxito.

En algunos casos de aplicación, pueden no requerirse las habilidades de los pasos 2 y 3. Por ejemplo, es posible que no sea necesaria una precisión sin fallos si la tarea está seguida de una operación manual en una estación aguas abajo. En otros casos, el paso 1 podría omitirse debido al uso de un seguimiento de cinta transportadora tradicional.

### Mirando al futuro

En el futuro, podrán implementarse nuevos conceptos que permitirán el montaje de objetivos en celdas estáticas, obviando así la necesidad de tecnologías diseñadas para llevar a cabo tareas de montaje en líneas en movimiento. Por ejemplo, un concepto considera agrupar las celdas que pueden automatizarse fácilmente en una sublínea totalmente automatizada en modo «stop&go». Otros conceptos consideran celdas de montaje estáticas que abordan la logística de coches y componentes a medida que se mueven.

No obstante, la demanda de la automatización de las tareas de montaje en líneas móviles seguirá jugando un papel fundamental a corto y medio plazo. Si bien esta demanda actualmente responde a necesidades de aplicación procedentes del entorno de montaje final de automóviles, una vez que estas tecnologías se desarrollen por completo, no hay duda de que serán aplicables a otros campos centrados en objetivos inestables, como las operaciones logísticas con AGV.

Por ahora, sin embargo, ABB está concentrándose en aplicar esta tecnología al sector automovilístico, donde sus aplicaciones piloto basadas en el cliente ya incluyen montaje de cabina —actualmente en producción— colocación de alfombrillas, colocación de asientos, montaje de puertas, y mucho más. Además, la experiencia adquirida a través de estas y otras aplicaciones se destinará a otras aplicaciones de montaje de la industria de la automoción que se caracterizan por presentar dificultades técnicas parecidas. •





01

## DESMITIFICACIÓN DE TÉRMINOS TÉCNICOS

# Análisis con «golden batch»

Un área en la que el big data puede aprovecharse para lograr mejoras importantes es la industria de procesos por lotes. ABB Ability™ BatchInsight aprovecha estos datos para ayudar a mejorar la ejecución de procesos.



**Martin Hollender**  
Industrial Automation,  
Corporate Research  
Ladenburg, Germany

[martin.hollender@de.abb.com](mailto:martin.hollender@de.abb.com)

ABB, en colaboración con usuarios finales con experiencia en aplicaciones piloto, ha desarrollado ABB Ability™ BatchInsight, un sistema de apoyo a los operadores que utiliza big data para detectar y solucionar anomalías en un lote, tanto offline en retrospectiva como en tiempo real.

Los procesos por lotes, si bien ágiles, son complejos, dinámicos y no lineales. ABB Ability™ BatchInsight ayuda a los operadores a ejecutar estos procesos de una forma suave y sin problemas dado que pueden detectarse problemas

de proceso incipientes en una etapa temprana y pueden tomarse medidas correctivas mientras el lote se ejecuta.

El enfoque utiliza datos históricos para aprender el comportamiento previsto de los procesos por lotes en condiciones nominales y construye un modelo estadístico de lote de oro o «golden batch», que a continuación se utiliza como referencia para el lote que actualmente está en producción. Las desviaciones respecto de este modelo de lote de oro generan un aviso para el operador.

01 El big data puede aprovecharse para mejorar la productividad y la eficiencia energética en las industrias de procesos.

02 En el gráfico de barras se muestran las contribuciones a la desviación por variable. La curva verde del gráfico de arriba a la derecha muestra la desviación a lo largo del tiempo de una variable de proceso particular (PV) frente a todas las variables (curva verde). El gráfico de abajo muestra la contribución de una variable seleccionada del lote actualmente en estudio (azul) contra un lote de referencia (gris).



02



Se han llevado a cabo pruebas de usuario final (en una planta química por lotes) con datos históricos de lotes que emulaban un enfoque online (lo que significa que los datos del lote actual solo estaban disponibles hasta el paso actual). Para ello se utilizó

**ABB Ability™ BatchInsight ayuda a los operadores a ejecutar procesos complejos y no lineales de una forma suave y sin problemas.**

un modelo de análisis de componentes principales multimodal (MPCA) para detectar un problema de formación de espuma en una parte de los lotes. El modelo se entrenó solo con lotes que no presentaban formación de espuma. El en 83% de los casos, el sistema fue capaz de predecir un evento de formación de espuma como mínimo 5 minutos antes de que se produjera. A menudo predijo la formación de espuma horas antes. Si bien el problema se predijo equivocadamente en el 20 % de los casos, las predicciones resultan muy útiles ya que permiten al operador concentrarse en los lotes sospechosos. •

## Suscripción

### Cómo suscribirse

Si desea suscribirse, póngase en contacto con el representante de ABB más cercano o suscríbese en línea en [www.abb.com/abbrevreview](http://www.abb.com/abbrevreview)

ABB Review se publica cuatro veces al año en inglés, francés, alemán, chino y español. ABB Review es una publicación gratuita para todos los interesados en la tecnología y los objetivos de ABB.

### Manténgase informado...

¿Se ha perdido algún número de ABB Review? Regístrese para recibir un aviso por correo electrónico en [abb.com/abbrevreview](http://abb.com/abbrevreview) y no se perderá ninguno.



Cuando se registre para recibir este aviso, recibirá también un correo electrónico con un enlace de confirmación. No olvide confirmar el registro.

## CONSEJO EDITORIAL

### Consejo de redacción

**Theodor Swedjemark**  
Head of Corporate Communications

**Adrienne Williams**  
Senior Sustainability Advisor

**Reiner Schoenrock**  
Technology and Innovation

**Andreas Moglestue**  
Chief Editor, ABB Review  
[andreas.moglestue@ch.abb.com](mailto:andreas.moglestue@ch.abb.com)

### Editorial

ABB Review es una publicación del Grupo ABB.

ABB Switzerland Ltd.  
ABB Review  
Segelhofstrasse 1K  
CH-5405 Baden-Daettwil,  
Suiza  
[abb.review@ch.abb.com](mailto:abb.review@ch.abb.com)

La reproducción o reimpresión parcial está permitida a condición de citar la fuente. La reimpresión completa precisa del acuerdo por escrito del editor.

Editorial y copyright ©2021  
ABB Switzerland Ltd.  
Baden/Suiza

### Impresor

Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
6850 Dornbirn/Austria

### Diseño

Publik. Agentur für  
Kommunikation GmbH  
Ludwigshafen/Alemania

### Ilustraciones

Konica Minolta  
Marketing Services  
Londres  
Reino Unido

### Exención de responsabilidad

Las informaciones contenidas en esta revista reflejan el punto de vista de sus autores y tienen una finalidad puramente informativa. El lector no deberá actuar sobre la base de las afirmaciones contenidas en esta revista sin contar con asesoramiento profesional.

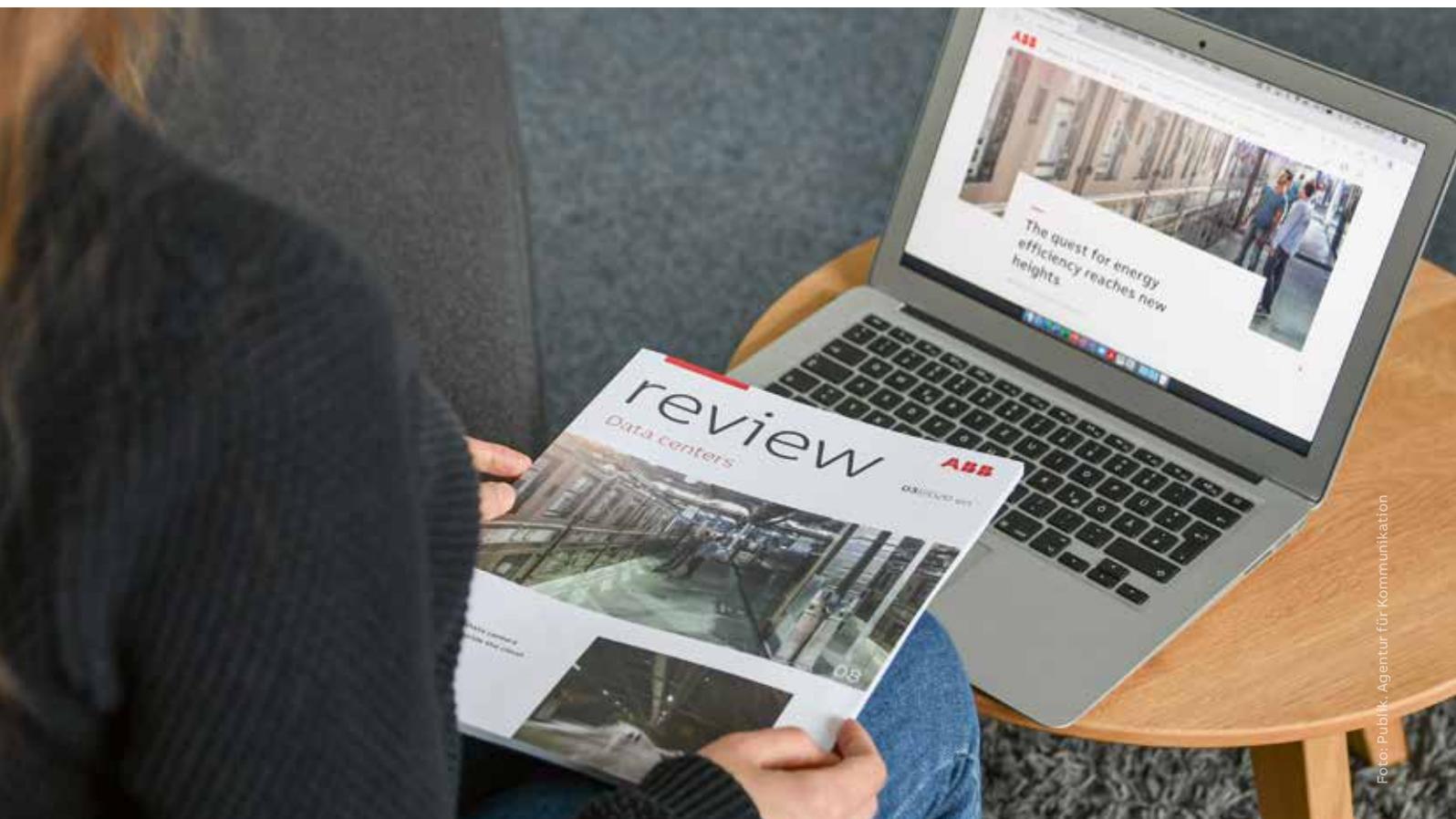
Nuestras publicaciones están a disposición de los lectores sobre la base de que no implican asesoramiento técnico o profesional de ningún tipo por parte de los autores, ni opiniones sobre materias o hechos específicos, y no asumimos responsabilidad alguna en relación con el uso de las mismas.

Las empresas del Grupo ABB no garantizan ni aseguran –ni expresa ni implícitamente– el contenido o la exactitud de los puntos de vista expresados en esta revista

ISSN: 1013-3119

[abb.com/abbrevreview](http://abb.com/abbrevreview)





---

# Suscríbase y manténgase informado

¿Se ha perdido algún número de ABB Review? Regístrese para recibir un aviso por correo electrónico cuando se publique una nueva edición online, o para recibir directamente la edición impresa.

Puede encontrar estas opciones en el portal web de ABB Review, así como una selección de los últimos artículos y una biblioteca en la que se pueden hacer búsquedas de artículos actuales y pasados hasta 1996 (y una selección de artículos que datan de los comienzos de la revista en 1914).



[www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview)

