

# review

04|2021 es

## Logística



- 
- 08–57 Logística
  - 58–73 Eficiencia y productividad
  - 74–79 30 años de Azipod®





System pro M compact® InSite



Azipod

Electrificación de minas





ACOPOS 6D

---

05 Editorial

---

## Premio de investigación

06 Premio Hubertus von Grünberg

---

## Logística

- 10 ACOPOS 6D
- 16 ACS880 con función antipéndulo
- 26 Widget mySpareParts
- 32 Pistas de auditoría del operador
- 38 Electrificación de minas
- 44 Control de las emisiones marinas
- 48 Investigaciones sobre la pila de combustible de hidrógeno
- 50 Optimización de las operaciones de almacén
- 54 Sistema de gestión de almacenes

---

## Eficiencia y productividad

- 60 ABB Ability™
- 62 Sistema de domótica
- 66 System pro M compact® InSite

---

## Eternos pioneros

- 74 Propulsión Azipod®

---

## Desmitificación de términos técnicos

- 80 Transporte marítimo autónomo

- 
- 81 Suscripción
  - 81 Consejo editorial

- 
- 82 Índice 2021



---

## Logística

**La logística es la gestión de cómo las cosas van del origen al destino, del origen al uso. El alcance de la logística también incluye hacer del planeta un lugar mejor de una manera sostenible mejorando la visibilidad, flexibilidad y productividad de los sistemas. Ya no solo se trata de cómo transportamos las cosas a donde queremos, sino también de cómo sobrevivimos.**

**Envíenos su opinión al respecto  
[aabb.review@ch.abb.com](mailto:aabb.review@ch.abb.com) .**

EDITORIAL

# LOGÍSTICA



Estimado/a lector/a:

Siempre hay un elemento de satisfacción cuando se termina un proyecto, ya sea un coche saliendo del final de una línea de producción o una planta de procesos que se pone en marcha por primera vez. Sin embargo, gran parte del crédito tiene que ver con las actividades en segundo plano que se encargan de reunir los materiales, las piezas, las herramientas, las competencias y los datos.

Para planificar se requieren datos precisos. Los operadores tienen que saber qué recursos están disponibles en cada momento y con qué rapidez pueden reponerse. Los responsables deben saber cómo obtener y trasladar recursos, y reducir los costes y la energía necesarios.

En las siguientes páginas le presentamos, entre otras, una herramienta que calcula los depósitos mediante el análisis visual y un software que optimiza el movimiento de las apiladoras anticipando las oscilaciones. Hablaremos de sensores que abordan las emisiones marinas y permiten el almacenamiento de energía, inteligencia artificial que respalda las decisiones de los operadores y de la transformación de la gestión de repuestos. Como verán, estamos en un momento emocionante para la logística.

Que disfrute de la lectura.

Björn Rosengren  
Consejero Delegado, Grupo ABB



### HUBERTUS VON GRÜNBERG

El premio a la investigación está dedicado en honor a los logros de Hubertus von Grünberg, que fue presidente de ABB entre 2007 y 2015.

Von Grünberg, un físico teórico que escribió su tesis doctoral en 1970 sobre la teoría de la relatividad de Albert Einstein, ha sido esencial para colocar a ABB en la senda del crecimiento sostenible. Su legado incluye el apoyo a la investigación, tanto en las universidades como en la empresa, haciendo de ella uno de los imperativos estratégicos de ABB. En la actualidad, el grupo invierte unos 1 300 millones de dólares al año en I+D y opera numerosos centros de investigación en todo el mundo, subrayando la intención de ABB de convertirse en una de las empresas más innovadoras del mundo a la hora de impulsar la transformación digital de las industrias.



## PREMIO DE INVESTIGACIÓN

# Premio Hubertus von Grünberg

Llamando a todos los investigadores con talento: el premio en honor a Hubertus von Grünberg ya está abierto a recibir candidaturas. Este prestigioso premio se entrega solo cada tres años y reconoce la investigación sobresaliente en el campo de la automatización o la electrificación. Concede la suma de 300 000 dólares para apoyar la investigación postdoctoral.

—  
01 Hubertus von  
Grünberg.

—  
02 Galardonados de  
ediciones anteriores.

—  
Puede encontrar más  
información sobre el  
premio aquí: [new.abb.com/hvg-award](http://new.abb.com/hvg-award)



## GALARDONADOS DE EDICIONES ANTERIORES

### 2019

El premio de la edición 2019 se concedió a Ambuj Varshney, de la Universidad de Uppsala (Suecia), en reconocimiento a su trabajo sobre sistemas integrados en red (NES) sostenibles. Varshney desarrolló un sistema de comunicación de largo alcance y potencia ultrabaja (LoRea) para sensores sin batería que recopilan pequeñas cantidades de energía del entorno exterior. El investigador ha demostrado la capacidad de los sensores para comunicarse a distancias de hasta varios kilómetros consumiendo solo decenas de microvatios.

### 2016

El premio de 2016 fue para Jef Beerten, de la Universidad de Lovaina, Bélgica, por su investigación sobre modelado y control de redes de CC.

02

**Andreas Moglestue**  
ABB Review  
Zúrich, Suiza

[andreas.moglestue@ch.abb.com](mailto:andreas.moglestue@ch.abb.com)

ABB creó el premio a la investigación en honor a su antiguo presidente, Hubertus von Grünberg →01. El premio se ha concedido dos veces hasta la fecha, en 2016 y en 2019 →02.

El premio incluye una beca de 300 000 dólares para la investigación postdoctoral y está abierto a doctorandos especializados en electrificación o automatización de cualquier universidad. La tercera edición del premio se entregará en 2022.

El jurado está formado por profesores de importantes universidades además de investigadores de renombre de ABB y del propio Hubertus von Grünberg.

La fecha límite de presentación es el 29 de enero de 2022. [new.abb.com/hvg-award](http://new.abb.com/hvg-award) •

---

# Logística





10

Conseguir nuevas soluciones y pasarlas de la teoría a la práctica fiable puede plantear un problema de logística complejo. ABB conecta a los clientes con las últimas novedades informándoles de las tecnologías adecuadas, para que puedan ver mejoras operativas, de una forma repetida, rentable y sostenible.

- 10 ACOPOS 6D anuncia una nueva era de productividad
- 16 Alcanzando nuevas cimas
- 26 Una visión más clara para los clientes con el widget mySpareParts
- 32 Minería de flujos de trabajo de las pistas de auditoría del operador
- 38 Electrificación de minas: abriendo camino hacia una mejor sostenibilidad
- 44 Control de precisión de las emisiones marinas
- 48 Perfeccionando las investigaciones sobre pilas de combustible de hidrógeno
- 50 Optimización de las operaciones de almacén
- 54 Minería: cómo la información está transformando la manipulación de materiales



26



50

ACOPOS 6D

# ACOPOS 6D anuncia una nueva era de productividad

Las plantas de producción industrial convencionales normalmente se configuran teniendo en cuenta un único caso de uso, y no siempre son fáciles de adaptar. ACOPOS 6D de B&R lo cambia todo gracias a lanzaderas magnéticas levitantes que transportan piezas libremente a través del proceso de producción. ACOPOS 6D es ideal para la producción de lotes pequeños con cambios frecuentes de diseño y dimensiones.



**Dario Rovelli**  
B&R Industrial  
Automation GmbH  
Eggelsberg, Austria

dario.rovelli@  
br-automation.com

La maquinaria de producción actual ocupa mucho espacio, pero solo una parte de su huella contribuye directamente al proceso de producción. Hay muchos objetos dedicados a transportar productos de un lugar a otro en forma de cintas transportadoras, mesas rotativas, carruseles, etc.

Los sistemas de pistas facilitan la adaptación dinámica de un paso del proceso, pero ¿qué sucede si la secuencia del proceso cambia constantemente?

Esta característica aparentemente inmutable de la fabricación tiene otro inconveniente: la falta de flexibilidad. Para satisfacer las demandas de lotes más pequeños, ciclos de vida más cortos y una mayor personalización, debemos deshacernos de los grilletes que supone una producción secuencial rígida, que en su día fue el pilar de la producción en serie eficiente. Debemos adoptar un enfoque completamente nuevo para el transporte de productos.

**Más flexibilidad gracias a los sistemas de pistas**  
Las nuevas tecnologías, especialmente los sistemas de pistas como SuperTrak y ACOPOStrak [1]



01

de B&R (empresa adquirida en 2017 por ABB) han hecho que la producción sea mucho más flexible y la personalización masiva sea económicamente viable. Los sistemas de pistas desplazan cada producto por separado y pueden proporcionar un eje de control de los movimientos en las estaciones de procesamiento. Y no solo eso, sino que también permiten dividir y fusionar flujos de productos a toda velocidad. Al agregar varias instancias de estaciones más lentas, se eliminan los cuellos de botella de la productividad.

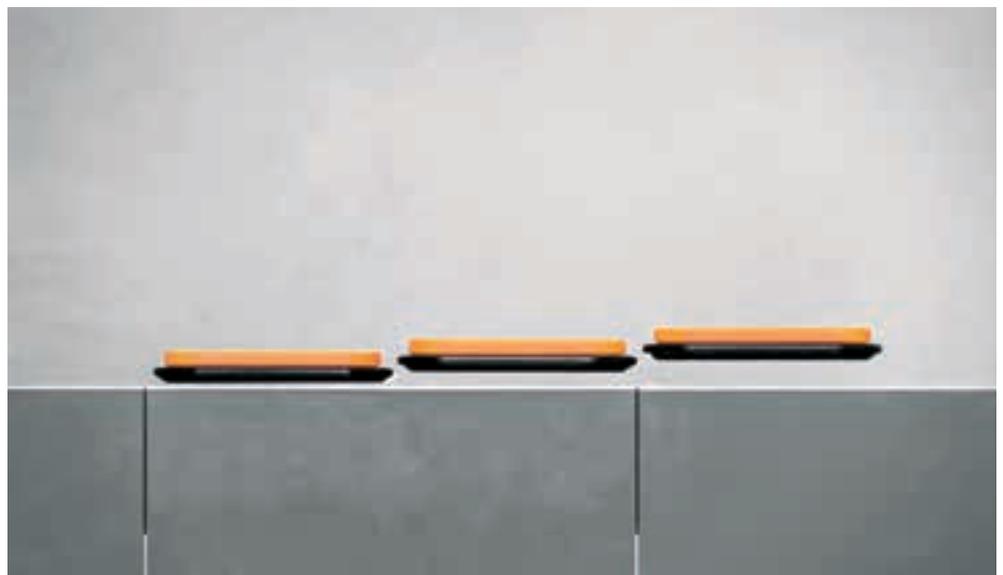
#### Personalización masiva

Los sistemas de pistas facilitan la adaptación dinámica de un paso concreto del proceso para una pieza personalizada. Pero, ¿qué



—  
01 El ACOPOS 6D modular de B&R utiliza la levitación magnética para aportar una flexibilidad sin precedentes a las líneas de fabricación. (B&R es una empresa austriaca de automatización que pasó a ser una unidad de negocio del Grupo ABB en 2017).

—  
02 La tecnología de levitación magnética permite mover y manipular productos con seis grados de libertad.



02



03



04



05



ocurre si la secuencia de pasos en sí cambia constantemente? ¿Cómo puede disolverse por completo el modelo lineal de transporte de los productos para crear un espacio de fabricación multidimensional en el que cada producto se mueva independientemente de una estación a otra sin estar vinculado a un flujo de producción rígido y secuencial? ACOPOS 6D de B&R ofrece la solución.

#### ACOPOS 6D: el futuro de la fabricación

ACOPOS 6D se basa en el principio de la levitación magnética: las lanzaderas con imanes permanentes integrados flotan suave y silenciosamente sobre la superficie de los segmentos del motor electromagnético, transportando las piezas de producción a una altura de 0,5 a 4,0 mm →01-02. Los segmentos del motor modular miden 240 x 240 mm y pueden disponerse en cualquier configuración. Diez tamaños de lanzadera transportan cargas útiles de 0,6 a 14 kg y aceleran a 20 m/s<sup>2</sup> hasta velocidades de 2 m/s. Este rendimiento permite a ACOPOS 6D cubrir una gama mucho más amplia de aplicaciones que sistemas comparables, tanto en términos de alcance como de granularidad. Las lanzaderas pueden moverse libremente en un espacio bidimensional, girar e inclinarse a lo largo de tres ejes y ofrecer un control preciso de la altura de levitación. En conjunto, esto proporciona a las lanzaderas seis grados de libertad de control del movimiento (de ahí el «6D» del nombre del producto).

ACOPOS 6D presenta una construcción sencilla con solo tres componentes con los que trabajar:

- El controlador 6D
- Segmentos del motor
- Lanzaderas

ACOPOS 6D se desarrolló en colaboración con Planar Motors Inc. (PMI), una empresa con más de 15 años de experiencia en investigación y desarrollo en tecnología de levitación magnética para la fabricación industrial. PMI (de la que ABB es accionista) cuenta con una importante cartera de propiedad intelectual en el campo de la levitación magnética. La idea es que PMI siga impulsando la investigación y el desarrollo y que B&R aporte sus conocimientos en las áreas de industrialización, ventas y servicio.

#### Fácil configuración y funcionamiento

ACOPOS 6D ofrece posibilidades casi ilimitadas en el diseño de la máquina, y aún así resulta extraordinariamente fácil de instalar.

A diferencia de otros sistemas comparables, cada lanzadera ACOPOS 6D tiene asignada una identificación única a nivel mundial. En el arranque, el controlador conoce inmediatamente la ubicación

ACOPOS 6D utiliza la levitación magnética para transportar las piezas de producción de forma suave y silenciosa sobre la superficie de los segmentos del motor.

de cada lanzadera en los segmentos del motor, por lo que la producción puede comenzar sin necesidad de largas secuencias de «homing» ni la entrada manual de un operador.

La ubicación de una lanzadera se conoce en todo momento con un margen de  $\pm 5 \mu\text{m}$ , lo que hace que ACOPOS 6D sea ideal para aplicaciones con estrictos requisitos de posicionamiento. Este conocimiento de la posición también permite calcular rutas sin colisiones para cada lanzadera sin sensores adicionales. Asimismo, se eligen rutas que minimizan el consumo de energía. ACOPOS 6D también presenta inteligencia descentralizada.

Toda esta planificación tiene lugar en un controlador específico, conectado a la red de la máquina a través de POWERLINK (un protocolo en tiempo real para Ethernet estándar), lo que significa que no afecta al rendimiento del sistema de control de la red o de la máquina. Otros sistemas utilizan una arquitectura centralizada, algo que requiere una infraestructura costosa y compleja que suele ser difícil de ampliar.

Las lanzaderas también pueden utilizarse como ejes en estaciones de procesamiento, es decir, puede haber una herramienta CNC montada rígidamente mientras la lanzadera mueve la pieza según proceda →03.

#### Ahorro de espacio

En cada segmento de ACOPOS 6D pueden controlarse hasta cuatro lanzaderas simultáneamente, una hazaña imbatible por los sistemas rivales que permite reducir el tamaño de la máquina y multiplicar hasta por cuatro la

03 En una inversión de la situación normal, una lanzadera ACOPOS 6D puede mover una pieza de trabajo para su mecanizado de precisión, lo que permite que la herramienta CNC esté montada rígidamente.

04 La lanzadera también puede actuar como pesadora de alta precisión.

05 ACOPOS 6D puede sincronizarse con una precisión de microsegundos con el sistema de visión B&R y el resto de componentes B&R.

densidad de procesamiento. Además, la estrecha formación de las lanzaderas, sin carencias, mejora aún más el uso de espacio y permite la colaboración entre grupos de lanzaderas para transportar productos más grandes o pesados. Puesto que cada lanzadera también puede actuar como báscula de alta precisión (precisión:  $\pm 1$  g), pueden eliminarse las estaciones de pesaje y ahorrar espacio.

## ACOPOS 6D permite hacer realidad el concepto de producción en enjambre.

### Escalabilidad

Dado que ACOPOS 6D es un sistema modular y descentralizado, prácticamente no existen restricciones en cuanto al número de lanzaderas o segmentos que pueden utilizarse en una línea de producción: un controlador ACOPOS 6D puede gestionar hasta 200 segmentos del motor y 50 lanzaderas, y pueden sincronizarse varios controladores ACOPOS 6D para sistemas más grandes →04. Lo que es más, dado que ACOPOS 6D está totalmente integrado en el ecosistema B&R, las lanzaderas pueden sincronizarse con servoejes, robots, sistemas de pistas y cámaras de visión industrial con una precisión de microsegundos →05.

### Alimentación y refrigeración

ACOPOS 6D funciona de 48 a 60 V CC, a diferencia de los 110 V CA, o más, que exigen productos similares. Dependiendo de la aceleración, la velocidad y la carga útil, el consumo de la lanzadera oscila entre los 15 y 50 W.

Esta eficiencia energética a menudo hace innecesaria la refrigeración activa. En aplicaciones muy dinámicas con un gran número de lanzaderas y altas tasas de aceleración, se puede aumentar el rendimiento mediante la refrigeración activa. En caso necesario, la refrigeración del líquido del motor es fácil de implementar gracias a los tubos preinstalados →06.

### ACOPOS 6D sobre el terreno

ACOPOS 6D es adecuado para una amplia gama de aplicaciones, especialmente aquellas en las que:

- La alta precisión es crucial.
- El orden de los pasos de procesamiento varía.
- Los artículos se producen en lotes pequeños

ACOPOS 6D es perfecto para procesos o entornos sensibles a la contaminación, como salas blancas o plantas de alimentos y bebidas, ya que la levitación magnética elimina el contacto y, por tanto, la abrasión y el desprendimiento de partículas asociado. Las lanzaderas y los segmentos del motor cumplen de serie la clase de protección IP67. También hay disponibles lanzaderas de acero inoxidable, y gracias a la cubierta de acero inoxidable de los segmentos del motor, el nivel IP de ACOPOS 6D puede llegar a IP69K.

Hay clientes piloto de producción de pilas de batería, alimentos y bebidas, productos de impresión y productos farmacéuticos que ya trabajan con ACOPOS 6D. Algunas de sus características resultan especialmente apreciadas, como los algoritmos antideslizantes, que controlan la aceleración, la deceleración y la inclinación en las curvas.

ACOPOS 6D y los sistemas de pistas como ACOPOStrak y SuperTrak se complementan entre sí y se utilizan juntos en muchas aplicaciones. El uso de ACOPOS 6D resulta útil siempre que se requieran una o más de sus capacidades únicas: tales como, seis grados de libertad o alta precisión o idoneidad para salas blancas. Si los requisitos de una aplicación pueden cubrirse con un sistema de pistas, esa es la solución más económica.

### Planeando sobre el futuro de la fabricación

ACOPOS 6D permite hacer realidad el concepto de producción en enjambre. La producción en enjambre es un concepto según el cual los productos individuales recorren su propio camino a lo largo del sistema de fabricación. No existe una secuencia rígidamente preprogramada de los pasos de producción; cada producto se desplaza independientemente hasta las estaciones que necesita →07. Este enfoque facilita mucho la implantación de la producción en lotes pequeños y en lotes mixtos. En una misma máquina pueden fabricarse distintos productos simultáneamente.

El funcionamiento sin contacto, silencioso, flexible y preciso de ACOPOS 6D anuncia así una transición de la producción estrictamente lineal a un espacio de fabricación abierto y adaptable: toda una revolución en la forma de fabricar, montar y envasar los productos.

Ya hay en marcha aplicaciones piloto que utilizan ACOPOS 6D y para finales de 2021 está previsto ofrecerlo en serie y ultimar todas las certificaciones. •

—  
06 Los segmentos están equipados con un sistema integrado de refrigeración por agua y pueden conectarse en cadena.

—  
07 La disolución del modelo tradicional de transporte lineal de productos crea un espacio de producción multidimensional.

#### Referencias

[1] C. Klingler-Deiseroth, "Intelligent transport for production lines," *ABB Review* 2/2018, pp. 68–73.



06



07



---

**LOGÍSTICA**

# Alcanzando nuevas cimas

En colaboración con socios industriales y académicos, ABB ha logrado ir más allá de los resultados teóricos de la investigación para introducir el primer programa de control de accionamientos ACS880 de versión limitada con una función antipéndulo para clientes de grúas apiladoras. Esta nueva función minimiza las oscilaciones del mástil y mejora la estabilidad, ayudando a los clientes a reducir el tiempo de ciclo de manipulación del material.



**Janne Jurvanen**  
ABB Motion Drive  
Products  
Helsinki, Finlandia

janne.jurvanen@  
fi.abb.com

La industria de manipulación de materiales normalmente utiliza grúas apiladoras para almacenar y retirar cargas. Este sector está sometido a una presión cada vez mayor por cumplir objetivos económicos y de sostenibilidad. Para reducir los tiempos de ciclo de manipulación de los materiales y atender las demandas de menos costes y consumo de energía se requieren grúas



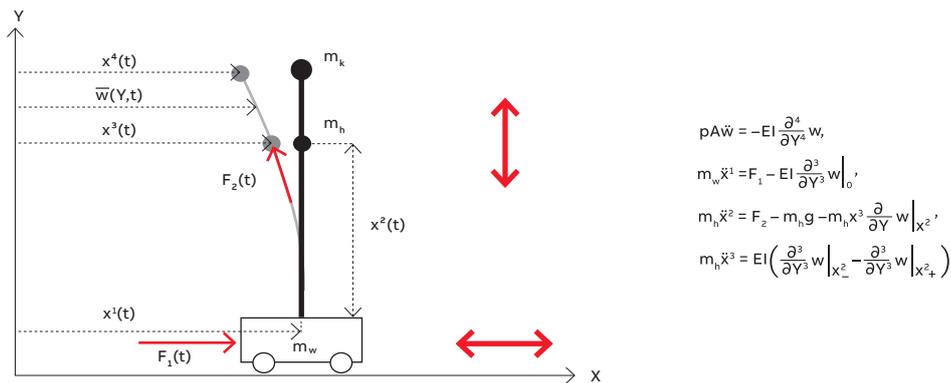
**Arne Wahrburg**  
ABB Corporate Research,  
Process Automation  
Ladenburg, Alemania

arne.wahrburg@  
de.abb.com

---

Reducir los tiempos de ciclo de manipulación del material, etc., requiere el uso de grúas cada vez más altas y ligeras.

cada vez más altas y ligeras (menos metálicas). Estas grúas estructuralmente menos rígidas deberían colocar las cargas con rapidez y precisión al tiempo que mantienen la estabilidad y la seguridad de la carga de trabajo. Sin embargo, este tipo de estructuras del bastidor de la grúa son flexibles por naturaleza y el movimiento de la grúa puede provocar dañinas oscilaciones del mástil. La fuerza inercial de la aceleración o del



01

movimiento de frenado puede reducir la estabilidad y afectar a la precisión de posicionamiento; comprometiendo la seguridad y posiblemente dañando el material transportado. Además, la dinámica de estas máquinas depende de la carga manipulada, que varía en función de la magnitud y la posición. Para evitar las dañinas consecuencias de las oscilaciones, el sistema operativo de la grúa necesita unos segundos para estabilizarse, de forma que las vibraciones cesen antes de continuar con el movimiento. Este proceso lleva mucho tiempo y, por tanto, reduce el rendimiento.

¿Cómo pueden entonces las aplicaciones de control de accionamientos minimizar las oscilaciones del mástil de la grúa apiladora e incorporar un control rápido, preciso y robusto a un coste mínimo y mejorando el rendimiento? La respuesta de ABB a este problema es incorporar una opción de función antipéndulo basada en el programa de control de posición ACS880 de ABB.

#### Un socio fiable

Dada la criticalidad de la sostenibilidad y el rendimiento, los fabricantes de grúas apiladoras saben que pueden confiar en ABB para establecer estrategias de control que se ajusten a sus necesidades logísticas y que cumplan los objetivos medioambientales y económicos. ABB presentó sus accionamientos de control de movimiento ACSM1 en 2007. Estos accionamientos flexibles y versátiles proporcionan velocidad general y par, así como funciones versátiles de control del movimiento. Diseñados para controlar motores de inducción, servomotores síncronos y asíncronos de alto par con varios dispositivos

de retroalimentación, estos accionamientos son utilizados por los clientes de grúas apiladoras. Basándose en la innovación, ABB presentó el programa de control de posición ACS880 para suceder a los clásicos accionamientos de control de movimiento ACSM1 en sus clientes de grúas apiladoras en 2018 (con posicionamiento absoluto y relativo, posicionamiento perfilado, sincronización de posiciones y bloqueo rápido de posiciones). Sin embargo, los fabricantes de grúas a pequeña escala todavía tienen pendiente el desarrollo de una función antipéndulo. ABB ofrece a estos clientes una solución antipéndulo para minimizar las oscilaciones del mástil, con precisión y rapidez.

—  
Los fabricantes de grúas apiladoras saben que ABB les facilitará estrategias de control que se ajusten a sus necesidades logísticas.

#### Cómo empezó todo y el camino recorrido

Conscientes de la importante relación entre colaboración e innovación para alcanzar el pleno potencial de sus soluciones de control de accionamientos, ABB colabora estrechamente con sus socios empresariales y académicos. A principios de 2017, ABB puso en marcha una investigación colaborativa para determinar la viabilidad de incluir una función antipéndulo y seguridad funcional (además de otras características básicas

01 Modelo matemático de una grúa apiladora desarrollado por JKU. Las fuerzas que actúan sobre la grúa (F), la masa de la unidad de elevación  $m_h$ , la masa de la punta  $m_k$  (utilizada en el TB de JKU) y la masa de la unidad de accionamiento  $m_w$ .

02 Los esquemas de generación de trayectorias y perfiles de movimiento mostrados constituyen la base del diseño de ABB.

02a Esquema de la ley de control de la unidad de accionamiento: Cascada P-PI. Se muestra la generación de trayectorias utilizada para transferir la unidad de elevación de la SC de ABB de una posición inicial de reposo a una posición objetivo.

02b Resultados de simulación del perfil del control del movimiento antibalaceo de la SC de la generación avanzada de trayectorias. Resultados del control de movimiento estándar (izquierda) y del control avanzado con el modelo dinámico (derecha). La generación de trayectorias propuesta elimina casi por completo las oscilaciones del mástil.

## En 2017, ABB comenzó a explorar una función antipéndulo para el programa de control de posición ACS880.

de control) en su programa de control de posición ACS880 para grúas apiladoras. Habiendo confiado en un accionamiento de control de movimiento ACSM1 para el control de las grúas apiladoras durante más de una década, uno de los clientes de ABB nos pidió una solución para afrontar un creciente desafío: lograr un mayor rendimiento en términos económicos y de sostenibilidad en almacenes cada vez más altos, y evitar, al tiempo, las oscilaciones del mástil en una grúa apiladora de 68 toneladas y 32 m de altura que debía elevar y desplazar cargas de 6 toneladas.

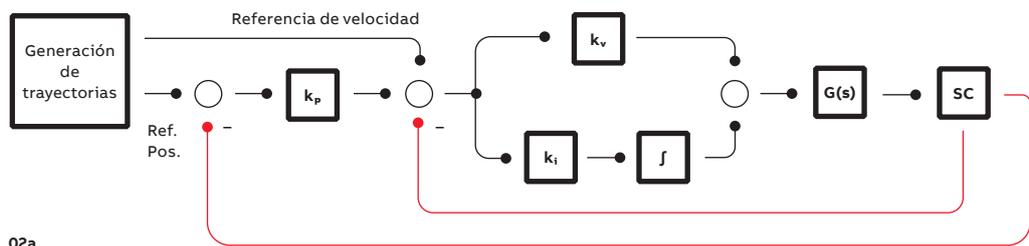
ABB aunó fuerzas con la Universidad de Linz, Austria (JKU) para estudiar esta solución antipéndulo. Con fases teóricas, de prueba y de diseño críticas, creamos una intensa alianza en la que cada socio trabajaba en su especialidad. Y, ya

que suele haber una brecha entre lo teóricamente posible y lo prácticamente viable, ABB amplió los resultados preliminares mediante pruebas e iteraciones de diseño, convirtiéndolos en beneficios tangibles que se ponen de manifiesto en una nueva función de control antipéndulo del Programa ACS880.

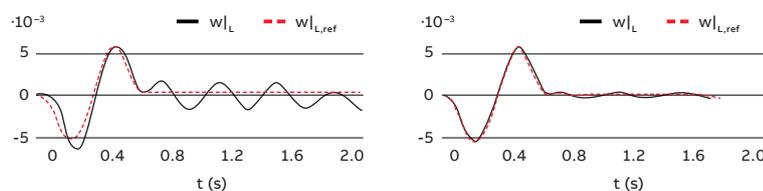
### Los proyectos de investigación: una introducción

Tras establecer una sinergia de colaboración entre ABB y JKU, los proyectos de investigación paralelos se centraron en:

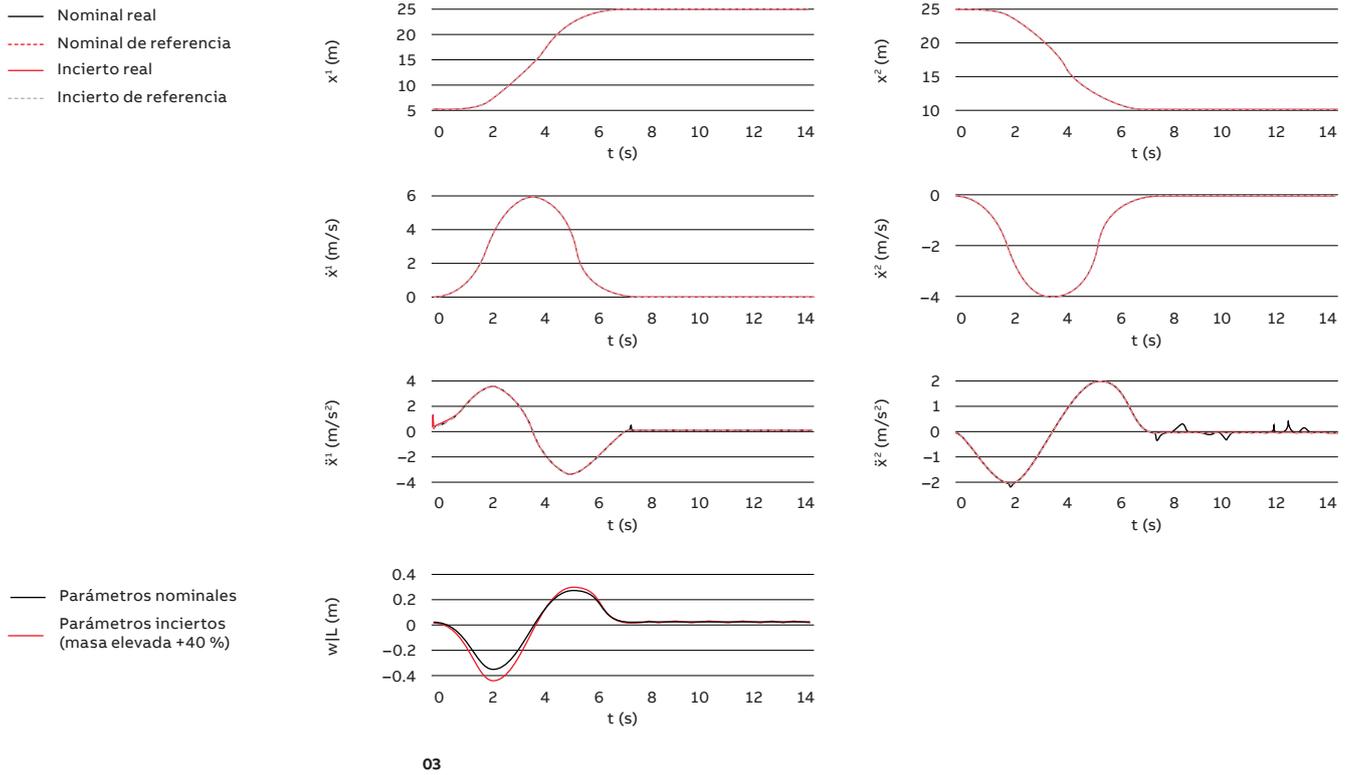
- Desarrollo de modelos matemáticos para capturar la dinámica de las grúas apiladoras de un solo mástil: el banco de pruebas de JKU (TB), el modelo de demostrador a pequeña escala y la grúa apiladora de ABB (SC de ABB).
- Calibrar el modelo genérico identificando los parámetros de las grúas concretas en cuestión.
- Crear un esquema de control para generar la posición y la velocidad de referencia de la grúa de forma que no oscile durante el movimiento.
- Determinar un sistema de retroalimentación para anular las oscilaciones residuales debidas a imperfecciones del modelo o a perturbaciones externas.



02a



02b



03

**Base teórica: modelos matemáticos**

Para determinar la viabilidad de crear una función de control antipéndulo, se aplicaron enfoques de generación de trayectorias en base a la planitud en las grúas apiladoras de ABB [1,2,3]. Las dinámicas de prueba de la SC de ABB y del TB de JKU se modelizaron como un sistema dimensional mixto que incluía ecuaciones diferenciales parciales (PDE), ecuaciones diferenciales ordinarias (ODE) y consideración de las condiciones de contorno.

En cada caso, se discretizan las PDE utilizando el método Rayleigh-Ritz para conseguir un sistema ODE puro que facilite el análisis del sistema y el diseño del controlador en una fase posterior.

Sin embargo, la discretización con Rayleigh-Ritz requiere la selección de una función ansatz, cuya estructura es crucial. Una vez seleccionada esta función, se determinaron los parámetros desconocidos del sistema a partir de las condiciones de contorno. En concreto, las ecuaciones de movimiento se derivaron ampliando el principio de Hamilton a la función de acción lagrangiana, lo que dio lugar a un sistema dimensional mixto.

Significativamente, para obtener ecuaciones de carácter dimensional finito, los expertos aplicaron el método Rayleigh-Ritz (discretización):

En colaboración con JKU, ABB desarrolló modelos matemáticos para capturar la dinámica de las grúas apiladoras de un solo mástil.

$\bar{w} = x^1 + \Phi_1(Y) \cdot \bar{q}^1(t)$  donde,  $\bar{w}(Y, t)$  es la posición absoluta de la viga como función de la altura  $Y$  y el tiempo  $t$ ,  $x^1$  es la posición horizontal de la unidad de accionamiento,  $\Phi_1(Y)$  es la función ansatz (solo una función de la altura  $Y$ ) y,  $\bar{q}^1(t)$  es la coordenada generalizada (solo una función del tiempo). Aquí cabe destacar que  $w$  es una función de la altura (espacial) y el tiempo, los componentes individuales  $\Phi_1$  y  $\bar{q}$  son funciones de una sola dimensión.

La fundamental función ansatz se determinó según:

$$\Phi_1(Y) = A_1 \cdot \sin(\gamma Y) + B_1 \cdot \cos(\gamma Y) + C_1 \cdot \sinh(\gamma Y) + D_1 \cdot \cosh(\gamma Y)$$

Al sustituir esta ecuación, así como la función ansatz derivada anteriormente, por las condiciones de contorno; y derivar los parámetros  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$ , y resolver el sistema no lineal de ecuaciones resultante, ABB y JKU pudieron obtener un modelo sólido para las SC de ABB →01.

03 Resultados de las trayectorias de ABB como parte de las investigaciones de robustez. Las trayectorias de ABB se aplicaron en el TB de JKU tomando como base los datos de medición. Aquí se añadió una ley de control de inyección de amortiguamiento para suprimir las oscilaciones. Resultados de la simulación de robustez:  $m_h$ , incierto =  $1.4 \cdot m_h$ .

04 Se muestra una representación del input shaping utilizado para la generación de perfiles y su base.

04a Diagrama de bloques del input shaper de 3 pasos diseñado utilizado para la generación de perfiles. Nota: la generación de perfiles viene dada por la referencia de velocidad especificada por la fórmula  $v(t)$  o como se utiliza aquí, como tabla de búsqueda 1D. Se utilizan tres ramas de referencia de velocidad, que se desplazan en el tiempo y se escalan por un factor. La referencia de posición se deriva de la integración de la referencia de velocidad utilizada.

04b Esquema que ilustra el principio de funcionamiento del input shaping, que utiliza una salida inicial y una salida retardada en el tiempo para un sistema oscilante. Puesto que ambas entradas tienen la misma amplitud (suponiendo que no haya una amortiguamiento eficaz), la segunda entrada eliminará la oscilación de la primera señal y el sistema se desplazará en una dirección positiva sin oscilación.

**Calibración del modelo: identificación de parámetros**

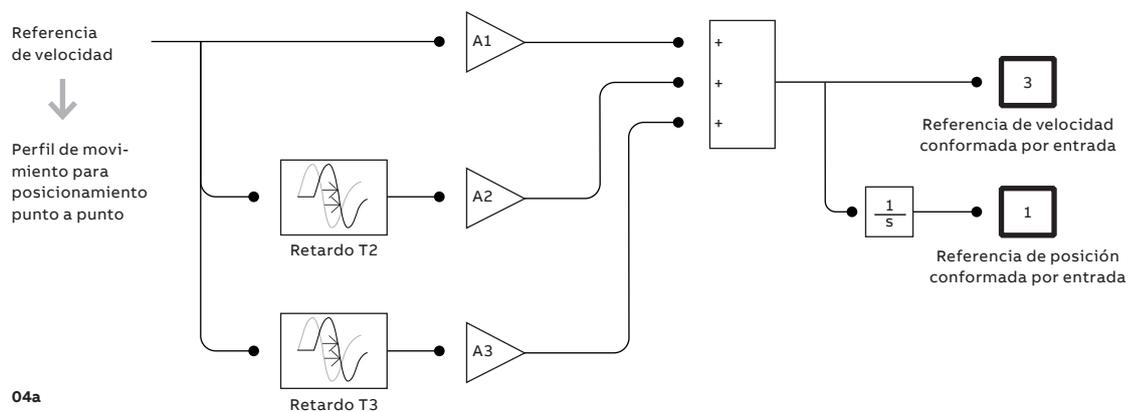
Un modelo teórico sólido sirve de base para describir la dinámica de las grúas apiladoras. No obstante, para la aplicación práctica del modelo en un modelo específico de grúa apiladora, deben identificarse ciertos parámetros. Se calibraron los siguientes parámetros desconocidos: rigidez a la flexión,  $EI$ , densidad del mástil,  $\rho A$  y coeficiente de amortiguamiento del mástil,  $d_m$ .

Utilizando los datos de medición de una grúa apiladora real equipada con un accionamiento de control del movimiento ACSM1, ABB pudo obtener los parámetros del sistema. Acelerar la unidad de accionamiento para que la grúa se desplace a velocidad constante sin oscilar y, a continuación, detener bruscamente el sistema provoca oscilaciones del mástil. La unidad de elevación se mueve a dos posiciones diferentes

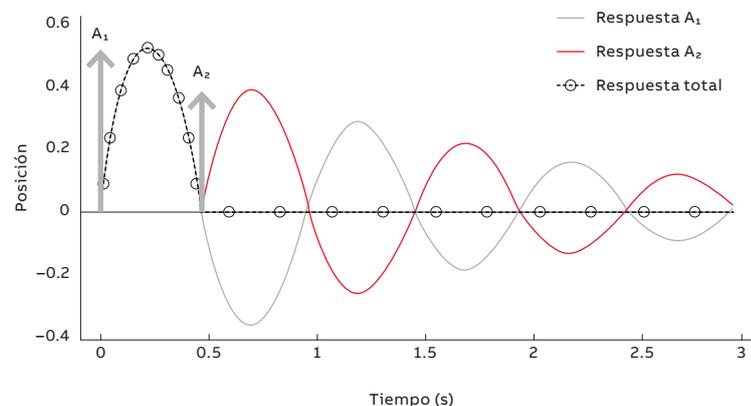
El sistema de control de ABB posiciona de forma soberbia y robusta la grúa apiladora con una oscilación residual mínima.

(alturas). Una vez determinada la frecuencia de oscilación principal y su degradación exponencial, se resolvió un sistema de ecuaciones no lineales que relacionaba las frecuencias de oscilación y los coeficientes de amortiguamiento con los parámetros  $EI$ ,  $\rho A$  and  $d_m$ . A continuación se aplicaron parámetros a una tercera altura a modo de control.

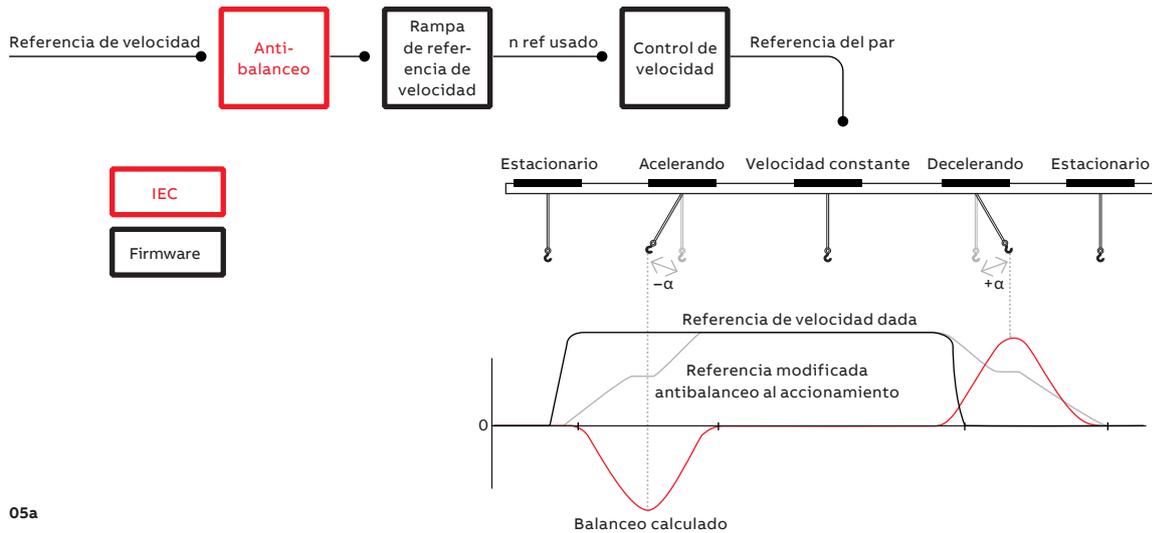
Una vez identificados los parámetros de mástil y accionamiento de la SC de ABB, los modelos dinámicos calibrados resultantes se utilizaron directamente para el desarrollo del control de accionamientos.



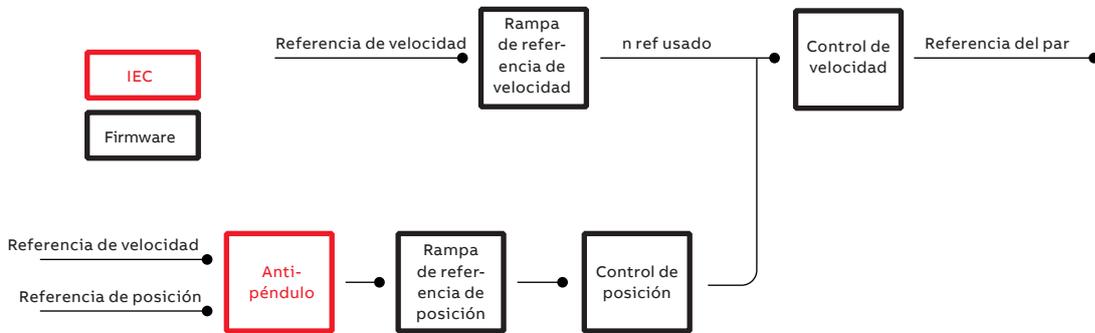
04a



04b



05a



05b

**Seguimiento de la trayectoria y estudios de robustez**

Para garantizar que se minimiza la oscilación durante el movimiento de la grúa, ABB desarrolló esquemas de control para generar la posición y la velocidad de referencia de las grúas.

Utilizando polinomios para parametrizar todas las variables del sistema mediante salidas planas y derivadas, las ecuaciones resultantes de ABB, similares a [3], dependen de las salidas planas y sus derivadas temporales; se implementaron en el generador de trayectorias →02a.

En este sentido, un seguimiento en cascada P-PI bien ajustado de las referencias generadas por el planificador de trayectorias basado en la planitud funciona bien si no hay perturbaciones externas →02b. Para mitigar las oscilaciones del mástil, en caso de dichas perturbaciones, se amplió la cascada con retroinformación integrada en la unidad de accionamiento mediante una ley de control de inyección de amortiguamiento [5,6].

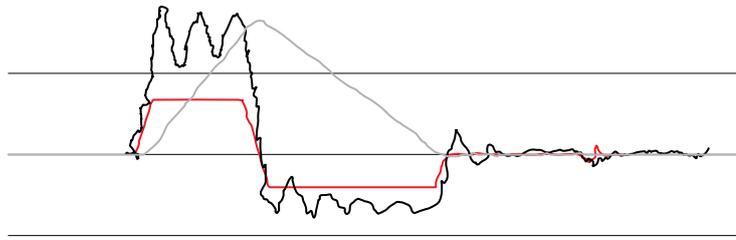
Al considerar los parámetros de masa y viga de la unidad de elevación como cantidades inciertas (aunque se conocían), se determinó la robustez.

El resultado es un sistema increíblemente robusto tanto en el TB de JKU como en la SC de ABB →03. Críticamente, solo desviaciones importantes de los parámetros del sistema afectaron a las oscilaciones de la viga en el TB de JKU; las ligeras diferencias en la masa de elevación (+/- 10 %) casi no afectaron a la SC de ABB; se trata de unos excelentes resultados.

Ahora los clientes pueden desplazar cargas con precisión, de forma rápida y asequible en los almacenes más altos.

**De la teoría al diseño**

ABB se esfuerza por conseguir los mejores sistemas de control más económicos para sus clientes, lo que implica el uso de los resultados más prometedores. Así, ABB utilizó como base el modelado comprobado →01 y los resultados del control de movimiento →03 para desarrollar una función de control antipéndulo fácil de diseñar, pero que ofrece un rendimiento y una fiabilidad excelentes.

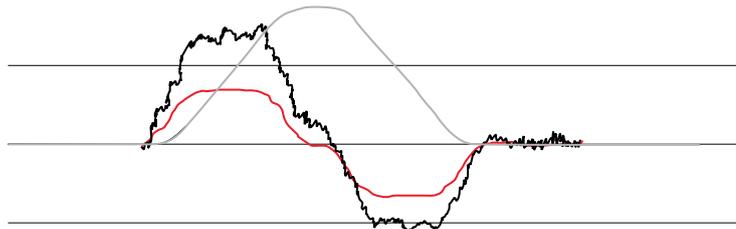


05 Se ilustran los esquemas de control.

05a Se ilustra el esquema del programa de control antibalaceo de grúas ACS880 (para grúas EOT) + N5050 en el que los cambios de entrada de referencia se dividen en dos segmentos donde el segundo se retrasa en relación con el tiempo del ciclo de oscilación.

96.60 113.24 129.87

06a



1,809.14 1,825.79 1,842.43

06b

05b El esquema del control de posiciones antipéndulo ACS880 para grúas apiladoras es similar al esquema del control de grúas, excepto que la división se realiza en tres segmentos en lugar de dos. Esto es más robusto contra el error de tiempo de oscilación.

06 Perfiles de movimiento generados que ilustran el impacto de activar la funcionalidad antipéndulo. La línea negra: 01,10 Par motor, gris: 86,03 Velocidad real, y rojo: 88,7 es la aceleración estimada.

06a Perfil de movimiento generado por un movimiento básico limitado por sacudidas sin funcionalidad antipéndulo.

06b Perfil de movimiento generado una vez activado el modo de amortiguamiento de oscilación en tres pasos con funcionalidad antipéndulo.

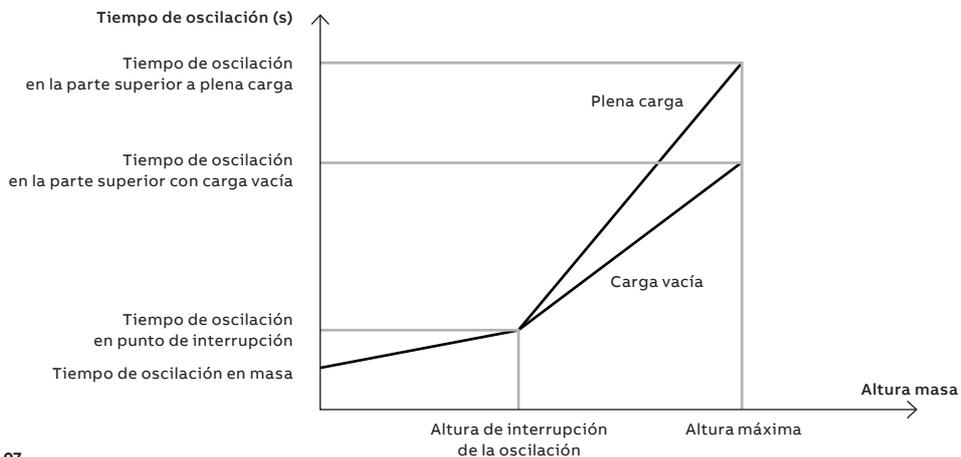
07 Curvas del período de oscilación de cargas vacías y llenas basadas en la altura objetivo de la grúa. Por debajo de la altura de interrupción de la oscilación, no se considera que la masa de la carga afecte al período de oscilación; por encima de la altura de interrupción de la oscilación, la masa de la carga tendrá un efecto proporcional en el período de oscilación.

El nuevo método de control de ABB para el posicionamiento punto a punto de la grúa apiladora incluye un input shaper →04a, planificación de trayectorias, con la cadena de control existente del programa de control de posición ACS880 (generador de perfiles de movimiento, controlador de posición y controlador de velocidad) [7,8].

Aquí pueden obtenerse nuevos parámetros del sistema durante los procedimientos de identificación del sistema durante la puesta en marcha del accionamiento ACS880: un beneficio directo para los clientes.

Los input shapers están diseñados de forma que una señal creada tiende a cancelar su propia vibración, reduciendo el balanceo residual de la estructura →05a [7]. Para ello, debemos conocer el coeficiente de amortiguamiento y la oscilación del sistema, a diferentes alturas de la unidad de elevación (determinadas en función de la frecuencia de resonancia dominante).

Dado que el input shaping y la inyección de amortiguamiento (que amortigua el balanceo residual existente una vez que la grúa ha alcanzado su posición objetivo) dieron buenos resultados, demostrando un rendimiento excelente incluso cuando solo había una función habilitada [7], los expertos de ABB solo incluyeron el input shaping (con un input shaper de tres pasos) en la función final de control antipéndulo, que está disponible actualmente →04-05 [8].



Una vez seleccionado y modificado el generador de perfiles de movimiento, ABB pudo diseñar e implantar con éxito los procedimientos de identificación del sistema para almacenar y obtener los parámetros necesarios del sistema, es decir, el coeficiente de amortiguamiento y el periodo de oscilación.

De este modo, el sistema de control diseñado por ABB coloca de forma soberbia y robusta la grúa apiladora con la dinámica deseada y una oscilación residual mínima.

#### **Función antipéndulo del control de posición ACS880**

El objetivo de ABB desde el principio era lograr una función antipéndulo práctica pero económica con un rendimiento excelente. Al diseñar una función de control con un modelo dinámico preciso de una grúa apiladora, ahora puede hacerse un cálculo preciso del movimiento →05b; el firmware

—  
Al reducir el tiempo necesario para estabilizar la estructura de aproximadamente 3,0 s a 0,25 s, se reducen los tiempos de ciclo de manipulación del material.

resultante del programa de control de posición ACS880 de ABB (+N5700) en una versión especial con función antipéndulo es la culminación de estos objetivos [8]. La estabilización del sistema ahora es posible en tan solo 0,25 s.

Aquí, se modifica el perfil de referencia de la posición estándar para eliminar las oscilaciones iniciadas por el propio perfil de movimiento a una carga, actuando como una masa oscilante →06. El rendimiento de la supresión del péndulo se basa en el periodo de oscilación calculado del sistema, el tiempo entre dos picos sucesivos de una vibración en decadencia, calculado para cada punto operativo por el sistema basándose en curvas (para cada masa y altura de la carga) →07, parámetros adicionales que el usuario debe establecer y el coeficiente de amortiguamiento, una constante dada por el usuario. El coeficiente de amortiguamiento  $\zeta$  se calcula mediante decaimiento logarítmico:

$$\zeta = \frac{\ln \frac{A_1}{A_2}}{2\pi}$$

donde  $A_1$  y  $A_2$  son las amplitudes de vibración en dos picos sucesivos de la vibración en decadencia; y el resto de parámetros se obtienen o aplican fácilmente, los clientes de grúas

apiladoras de ABB ahora podrán minimizar las oscilaciones no deseadas en todas las plantas de almacenamiento y cargas encontradas.

#### **Entrega de productos viables**

Tras la puesta en servicio del primer programa de control de posición ACS880 para grúas apiladoras en la primavera de 2019, ABB implementó el prototipo de función antipéndulo. Probado con éxito en el lugar de instalación del cliente final en el verano de 2020, se encargó y lanzó el primer programa de control de accionamientos ACS880 de versión limitada a nivel de producto con una función antipéndulo con software personalizado para un cliente de grúas apiladoras a principios de 2021. Actualmente se está desarrollando una nueva versión dirigida a los clientes generales de grúas apiladoras de ABB, cuyo lanzamiento está previsto para 2022.

Gracias a la estrecha colaboración con la industria y las universidades, ABB ha podido ofrecer a los clientes de grúas apiladoras un programa de control de posición ACS880 con una función antipéndulo que se adapta a sus necesidades. Los sistemas de grúas apiladoras ahora pueden desplazar las cargas con precisión y más rápidamente y, por lo tanto, de una forma más asequible sin temor a oscilaciones, incluso en los almacenes más altos →08. Al reducir el tiempo necesario para estabilizar la estructura de aproximadamente 3,0 s a 0,25 s, se reducen los tiempos de ciclo de manipulación del material.

Al ir más allá de los resultados teóricos para incluir iteraciones de pruebas y diseño, ABB convierte las ideas en productos tangibles e innovadores. Esta es una de las formas en la que ABB ayuda a sus clientes a gestionar su exigente actividad logística para alcanzar los difíciles objetivos económicos y de sostenibilidad tan importantes en el competitivo entorno empresarial actual. •

#### **Agradecimientos**

Este trabajo no habría sido posible sin la dedicación y los esfuerzos de investigación previos de muchas personas. Queremos expresar nuestro agradecimiento a Tobias Malzer, Markus Schöberl, Martin Staudecker, Matias Niemelä y Stefan Baum.



08

08 Con presión para reducir los tiempos de ciclo de manipulación del material en almacenes aún más altos, los clientes de grúas apiladoras ya pueden confiar en ABB para obtener soluciones viables e innovadoras, como la función antipéndulo, para satisfacer sus exigentes necesidades logísticas.

#### Referencias

- [1] M. Bachmayer, et al., "Flatness-based control of a horizontally moving erected beam with a point mass", *Math. Comput. Model. Dyn. Syst.*, vol. 17, no. 1, 2011, pp. 49–69.
- [2] G. Kostin, et al., "Optimal real-time control of flexible rack feeders using the method of integrodifferential relations", *Proc. 7th Vienna Int. Conf. Math. Modeling*, 2012, pp. 1147–1153.
- [3] D. Schindele and H. Aschemann, "Adaptive LQR-control design and friction compensation for flexible high-speed rack feeders", *J. Comput. Nonlinear Dyn.*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 1–9.
- [4] H. Rams et al., "Optimal Motion Planning and Energy-based Control of a Single Mast Stacker Crane", in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 2017, pp. 1449–1457.
- [5] M. Staudecker, et al., "Passivity based control and time optimal trajectory planning of a single mast stacker crane", *Proc. 17th IFAC World Congr.*, July 2008, pp. 875–880.
- [6] M. Staudecker, "Regelung einer elastischen mechanischen Struktur am Beispiel eines Regalbediengeräts für Hochregellager", *PhD thesis*, University of Linz, 2010.
- [7] M. Niemelä and S. Baum, "Stacker crane control design" *ABB internal report*, March 19, 2021, pp. 1–26.
- [8] J. Jurvanen, "ACS880 Position control, anti-pendulum", *ABB internal report*, March 19, 2021, pp. 1–8.



---

LOGÍSTICA

# Una visión más clara para los clientes con el widget mySpareParts

El innovador widget y proceso proactivo de ABB permite a los clientes disponer de una ventana a los datos de las piezas; esto promueve la planificación y la toma de decisiones avanzadas para reducir el tiempo de inactividad excesivo, las pérdidas de rendimiento del sistema y los costes imprevistos, evitando incluso fallos.



En el sector de los repuestos, demasiadas empresas siguen confiando en una estrategia de gestión de repuestos reactiva en la que las piezas se desgastan y acaban fallando; esto puede costar hasta cinco veces más que adoptar un enfoque proactivo [1]. ABB entiende que la digitalización puede fomentar la capacidad del cliente de asumir el control proactivo de la gestión de sus repuestos para reducir el riesgo de costes imprevistos, bajo rendimiento y tiempo de inactividad asociados a la gestión reactiva y superficial de las piezas [2]. Después de todo, ¿por qué esperar hasta que una pieza crucial falle para sustituirla? Y, ¿por qué no utilizar las capacidades técnicas que surgen de la digitalización para permitir que los clientes asuman el control de la gestión de sus piezas?

Ahora, los clientes pueden acceder a un conjunto de herramientas digitales de auto-servicio para sistemas de control, robots, accionamientos y otros productos de ABB a través de aplicaciones y widgets específicos de en el portal empresarial myABB. En 2020, ABB incorporó piezas a esta línea de productos introduciendo el widget mySpareParts. Este proceso de autoservicio permite a los clientes examinar el inventario de su planta a través del analizador mySpareParts Analyzer, compararlo con su base instalada en el gestor mySpareParts Manager y con lo que está disponible en la cadena de suministro global de ABB.



**Greg Parsons**  
ABB Process Industries,  
Process Automation  
San Diego, CA, Estados  
Unidos

greg.parsons@  
us.abb.com

### Reconocer los problemas

Con frecuencia, las empresas erróneamente tienen en cuenta las piezas independientemente del sistema en el que operan [1]. La realidad es que gracias a las cambiantes tecnologías en constante evolución, la gestión de repuestos requiere un enfoque sistemático y una visión sistémica. Solo entonces las empresas podrán evaluar y valorar adecuadamente la criticidad de los componentes del sistema. Además, no todas las piezas son iguales, algunas son más críticas que otras. El mal funcionamiento de ciertas piezas podría suponer un riesgo para la seguridad y dar lugar a una parada, mientras que el de otras podría simplemente reducir la velocidad de producción o afectar negativamente al rendimiento del sistema. Por consiguiente, es importante definir el riesgo intrínseco [1]. Para disponer de un nivel óptimo de repuestos críticos, los clientes necesitan tener una «vista de pájaro» de su ecosistema de activos y repuestos.

Al saber qué piezas están instaladas en su sistema, los clientes pueden evaluar y comprender plenamente la importancia y la interdependencia de cada pieza dentro del sistema y el impacto del fallo de una pieza individual en todo el sistema y en su rendimiento. Sin embargo, este enfoque estratégico hacia la gestión de repuestos es un acto de equilibrio; no es fácil establecer la importancia comparativa de las piezas y analizar la probabilidad de fallo o interrupción.

### Situación actual

Al basar sus decisiones principalmente en el coste de las piezas o en su uso histórico, muchas empresas subestiman sus existencias de repuestos críticos hasta en un 60 % [3]. No tienen en cuenta el coste potencial o las implicaciones financieras del fallo de los activos, el tiempo de inactividad de la producción o el daño a la reputación de una interrupción del «servicio normal». Este enfoque reactivo hacia la gestión de repuestos también puede tener consecuencias inesperadas debido a la imprevisibilidad potencial de la cadena de suministro. Normalmente, cuando el autor de este artículo pregunta a los clientes sobre la situación de repuestos, la res-

---

En 2020, ABB presentó el widget mySpare Parts como parte de sus herramientas digitales en el portal empresarial myABB.

puesta común es: «No necesitamos repuestos» y la respuesta del autor es: ¿y cómo lo sabes? A muchos les resulta difícil responder a esa pregunta porque tiene que haber cierta documentación del proceso para llegar a esa conclusión. En la práctica, observamos que hay lagunas que ABB puede colmar. Incluso hay casos en los que el cliente tiene todo lo que necesita, por lo que se presupone que lo están haciendo todo correctamente en la actualidad. Sin embargo, no se trata de un proceso estático, los ciclos de vida y las estructuras de soporte cambian. Esto es algo que debe evaluarse periódicamente.

La falta de planificación alimenta un potencial desperdicio de mano de obra, materiales y tiempo de máquina; y esto aumenta los costes de

los fabricantes y, en última instancia, el precio de un producto.

#### **Solución mySpareParts de ABB**

La solución a estos problemas pasa por adoptar un enfoque digital, global, proactivo y aún así personalizado, para la gestión de repuestos. Con un inventario detallado de la base instalada captado in situ, las empresas podrían definir

### — La gestión de repuestos requiere un enfoque sistemático y una visión sistémica.

mejor su estrategia de repuestos y aplicarla. Los clientes también ganan al medir el valor de las existencias de repuestos frente al coste del posible tiempo de inactividad, el rendimiento subóptimo y la pérdida de reputación si no pueden cumplirse los compromisos con los clientes. Al evaluar el sistema en condiciones operativas normales, los clientes pueden conocer las condiciones de la cadena de suministro antes de que se produzcan problemas costosos. Es evidente que un programa holístico para la gestión de repuestos debe conocer qué sucederá cuando una pieza falle, antes de que lo haga.

Le presentamos mySpareParts Manager de ABB, una plataforma de software patentada diseñada para generar información personalizada sobre repuestos recomendados, carencias y la cadena de suministro, junto con informes para la identificación de riesgos. Esto se logra analizando información importante que incluye:

- Base instalada actual
- Asociaciones entre artículos y piezas
- Inventario del emplazamiento
- Ciclo de vida del producto
- Información sobre el producto y la ubicación de piezas en el emplazamiento
- Nivel de riesgo de las piezas

#### **Widget mySpareParts**

El widget ofrece a los clientes una «vista de pájaro» de los datos necesarios para tomar decisiones proactivas que garanticen la disponibilidad de la producción y eviten o reduzcan las interrupciones relacionadas con las existencias. El widget mySpareParts es una plataforma centralizada que actualmente tiene tres vistas: mySpareParts Analyzer, Recommended Spares y Gap Analysis →01.

mySpareParts Analyzer es una herramienta de autoservicio que permite a los clientes cargar

su inventario de repuestos existente y permite a ABB analizarlo e informar a los clientes →02. Los clientes obtienen información sobre los factores de riesgo →03, el estado del ciclo de vida y las alternativas de reemplazo en base a las existencias del país, la sustituibilidad y la reparabilidad. Un elemento esencial del análisis de riesgos es la evaluación del riesgo de fallo →03. Este producto tiene en cuenta el «riesgo intrínseco» de cada elemento en la instalación del cliente. Para ello, ABB ha creado una biblioteca de riesgos de más de 1,5 millones de piezas basándose en un modelo bayesiano patentado desarrollado internamente.

El analizador mySpareParts Analyzer de ABB ayuda así a las empresas a identificar lagunas en su inventario de repuestos para evitar tiempos de inactividad, optimizar la producción y facilitar el pensamiento estratégico en torno a los inventarios de repuestos existentes.

El mySpareParts Manager combina las entradas de la herramienta mySpareParts Analyzer y la herramienta de gestión de la base instalada ServIS de ABB. Los clientes disponen de dos vistas adicionales: Recommended Spares y Gap Analysis →01. En Recommended Spares, el cliente ve una lista de artículos que ABB recomienda almacenar en función de la base instalada específica del emplazamiento del cliente e incluye datos importantes, como el riesgo para el proceso del inventario de repuestos y el ciclo de vida. Gap Analysis combina la información de Recommended Spares con la información del Analyzer Spare y busca proactivamente artículos de inventario que faltan o sobran. El usuario puede filtrar la información a voluntad. Por ejemplo, un cliente puede filtrar solo los elementos clasificados como de alto riesgo con estados de ciclo de vida avanzado. El cliente ve cuántas de estas piezas ABB recomienda almacenar. Estos informes se entregan en un documento denominado Parts Fingerprint.

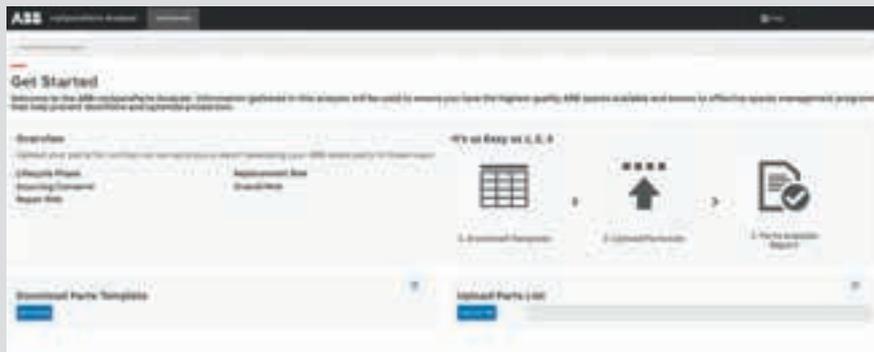
#### **Colaboración para una solución a medida**

ABB colabora con el cliente y con la herramienta MySpareParts Manager de ABB para editar toda la información específica del emplazamiento con vistas a identificar el camino a seguir. La complejidad en torno a los repuestos no desaparece una vez que se ha identificado el almacenamiento óptimo de estas. Es esencial contar con una solución de gestión de inventarios que sea sólida y eficaz para proteger estos activos. ABB puede diseñar a medida una solución de gestión de inventarios de repuestos que se adapte a los objetivos específicos, las estrategias de mantenimiento y las necesidades operativas del cliente; esto garantiza que los repuestos críticos estarán inmediatamente disponibles dónde y cuándo



01

01 Se muestra la vista inicial de la pantalla desde el portal de negocio myABB. Desde aquí, los clientes pueden introducir cualquiera de las tres pestañas tituladas: Analyzer, Recommended Spares y Gap Analysis.



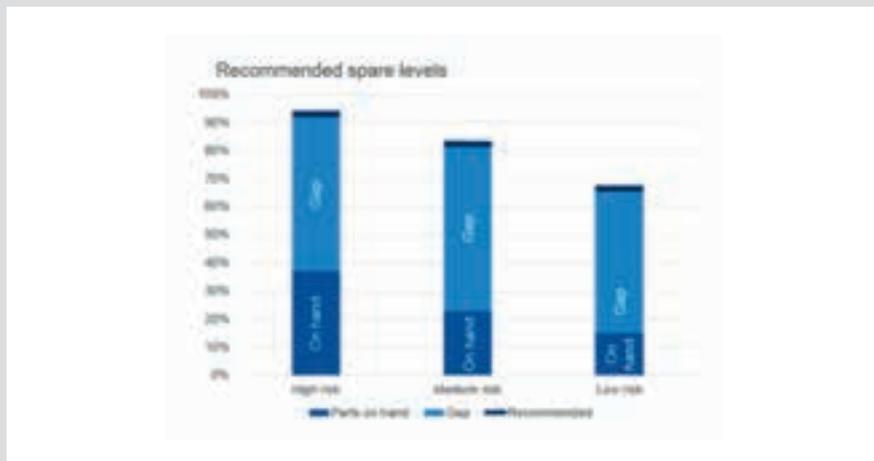
02

02 La página inicial que se muestra a los clientes de mySpareParts Analyzer puede validar fácilmente números de referencia de piezas y cortar y pegar rápida y eficazmente números de referencia y cantidades en Excel, recibir alertas sobre inquietudes relacionadas con datos, calificar información mediante 4 preguntas sencillas y enviar datos para cargar; con recepción de una confirmación.



03

03 Ejemplo de una pantalla de mySpareParts Recommended Spares; aquí se muestra a los clientes el riesgo de su inventario de repuestos en función de la gravedad, de forma visual y numérica. Los clientes pueden ver fácilmente otras pantallas, como el estado del ciclo de vida, el estado de las existencias en el país, sustituibles y reparables.



04

04 Una pantalla de análisis Parts Fingerprint Analysis de una empresa química en Luisiana, EE. UU., que muestra posibles lagunas en los niveles de inventario que podrían aumentar el riesgo de tiempo de inactividad del sistema de control (y de producción).

se necesiten. Aunque la opción principal de ABB siempre es proporcionar repuestos directamente al cliente, ocasionalmente puede preverse un sistema de inventario de repuestos gestionado por terceros en el marco de un contrato Service Care de ABB.

—

mySpareParts Manager de ABB genera información personalizada sobre repuestos recomendados, carencias y la cadena de suministro.

#### Un paso más allá en el análisis

La solución ABB Parts Fingerprint es un proceso sistemático en profundidad diseñado para ofrecer a los clientes una recomendación de mantenimiento de repuestos con el fin de llegar al mantenimiento de repuestos óptimo establecido. Informada y definida por la base instalada del cliente, el riesgo de fallo en el proceso de cada pieza, el entorno en el que opera la pieza y la cadena de suministro, esta solución permite a ABB compartir información sobre los repuestos del cliente, permitiendo así a los clientes asumir el control de su estrategia y gestión de repuestos.

Dada la experiencia y el conocimiento de sus propias piezas y equipos, ABB confía en un proceso iterativo de tres etapas para abordar la evolución de los ciclos de vida y la obsolescencia: evaluar, implementar y mantener. Los resultados incluyen informes de repuestos recomendados, análisis de carencias de repuestos y análisis de la cadena de suministro. El proceso captura configuraciones detalladas del equipo hasta el nivel del número de referencia de la pieza. Incluye una auditoría de las piezas existentes en el cliente y captura información de cantidad y calidad para facilitar recomendaciones de mejora. También promueve el análisis de la cadena de suministro e identifica proactivamente problemas con las piezas →04.

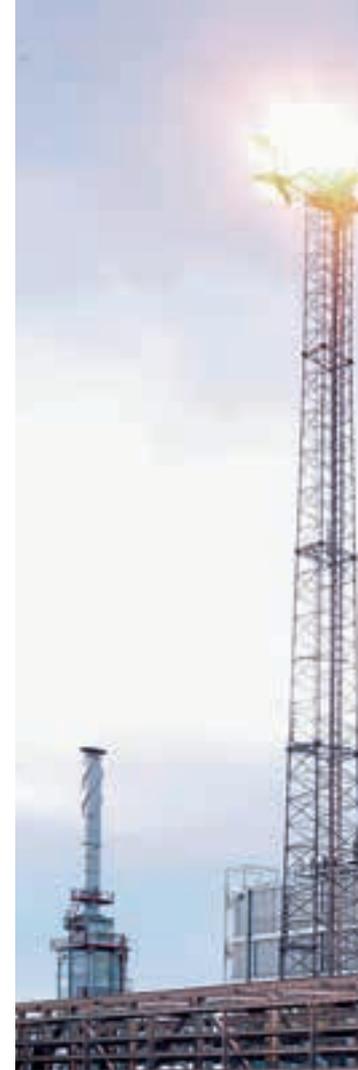
#### Casos prácticos de Parts Fingerprint

Los gestores en ABB de una empresa química en Luisiana, Estados Unidos, reconocieron que para garantizar la máxima producción necesitaban una disponibilidad óptima de su sistema de control existente. Tenían que saber si existían diferencias entre repuestos críticos con alto riesgo que pueden llegar a necesitarse y su

disponibilidad real en el emplazamiento. →03. Basándose en el informe Parts Fingerprint del ServicePro Service Management System de ABB, ABB ayudó a este cliente a conocer su situación de repuestos y a decidir si actualizar o no su sistema de control, garantizando así una alta disponibilidad de producción. En 2020, como parte de la iniciativa IAEN Service Account Management, ABB Malasia llevó a cabo un proceso integral de Parts Fingerprint para un cliente →05.

Partiendo de los datos recogidos del análisis SPDC del 800xA Power Management System de ABB y combinándolos con la información compartida por el cliente a través del Parts Analyzer. El informe Parts Fingerprint mostró la cantidad de componentes instalados y repuestos recomendados, asoció las recomendaciones con el inventario del cliente obtenido del Parts Analyzer, y puso de manifiesto las diferencias entre los repuestos recomendados y el inventario real. Tras una evaluación común del informe Parts Fingerprint, el cliente procedió a complementar sus existencias con los artículos acordados identificados que podían suponer un riesgo operativo potencial.

05





—  
05 Vista de una planta química en Luisiana, Estados Unidos, que fabrica productos utilizados en agricultura, cosméticos, alimentos y productos farmacéuticos. Con el análisis Parts Fingerprint, el cliente puede tomar una decisión acertada sobre si actualizar o no su sistema de control.

### Perspectivas de futuro

Está previsto que se publique una vista adicional del informe Supply Analysis en 2021. En este caso, las carencias identificadas se comparan con la cadena de suministro (en comparación con los centros de almacenamiento locales, regionales y principales) para desarrollar un plan de almacenamiento personalizado. Además, se podrá realizar un análisis más profundo del historial de pedidos de un cliente, fallos recientes, etc.

Con la solución de gestión mySpareParts, los clientes obtienen los datos que necesitan, incluidos elementos como el riesgo intrínseco, los planes principales de almacenamiento regionales y locales, el impacto del ciclo de vida en los productos y las piezas, todo ello en comparación con los productos y servicios según sus necesi-

—  
Con la solución de gestión mySpareParts, los clientes captan lo que se les recomienda, lo que facilita la toma de decisiones.

dades a lo largo del ciclo de vida de la planta y el producto. Además, los clientes captan lo que se les recomienda, junto con su situación actual, para crear un plan de acción, lo que facilita la toma de decisiones. Con la potencia analítica del conjunto de herramientas digitales de ABB, los clientes se ven fortalecidos por este enfoque proactivo hacia la gestión de sistemas y piezas para mitigar los riesgos. •

### Referencias

[1] Marshall Institute website: [Online] Disponible en: <https://www.marshallinstitute.com/> [Consultado el 6 de julio de 2021].

[2] J. Bughin et al., "Why Digital Strategies Fail" in McKinsey Quarterly, Jan. 25 2018, Disponible en: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/why-digital-strategies-fail> [Consultado el 5 de julio de 2021].

[3] GrowthPoint Marketing website: [Online] <https://growthpoint-inc.com/> [Consultado el 5 de julio de 2021].

## LOGÍSTICA

# Minería de flujos de trabajo de las pistas de auditoría del operador

A pesar de la amplia automatización de los procesos industriales, los operadores a menudo tienen que intervenir de forma manual. Estas intervenciones se registran en distintos lugares de almacenamiento, como el histórico de la planta. ¿Cómo pueden aprovecharse estos datos, que en la actualidad rara vez se reutilizan, para crear conocimiento operativo que pueda reutilizarse en el futuro?

—  
**Benedikt Schmidt**  
**Marco Gärtler**  
**Arzam Kotriwala**  
**Sylvia Maczey**  
**Reuben Borrison**  
 ABB corporate Research  
 Ladenburg, Alemania

benedikt.schmidt@de.abb.com  
 marco.gaertler@de.abb.com  
 arzam.kotriwala@de.abb.com  
 sylvia.maczey@de.abb.com  
 reuben.borrison@de.abb.com

Si bien la típica planta de procesos moderna está altamente automatizada, la intervención manual sigue siendo común, es decir, los operadores humanos supervisan continuamente el estado

—  
**Hay sistemas, como el histórico, que representan una fuente rica y sin explotar de datos potencialmente valiosos.**

de la planta y contrarrestan las situaciones anómalas que ponen en peligro la seguridad, la huella ambiental, la calidad y la eficiencia operativa cambiando a modo manual y tomando las medidas apropiadas. Los procedimientos de reparación y mantenimiento o las puestas en marcha o paradas periódicas también requieren una intervención manual. Las intervenciones pueden llevar minutos u horas y los operadores pueden realizar a menudo la misma intervención o una muy similar durante semanas, meses o años y tomar medidas similares cada vez.

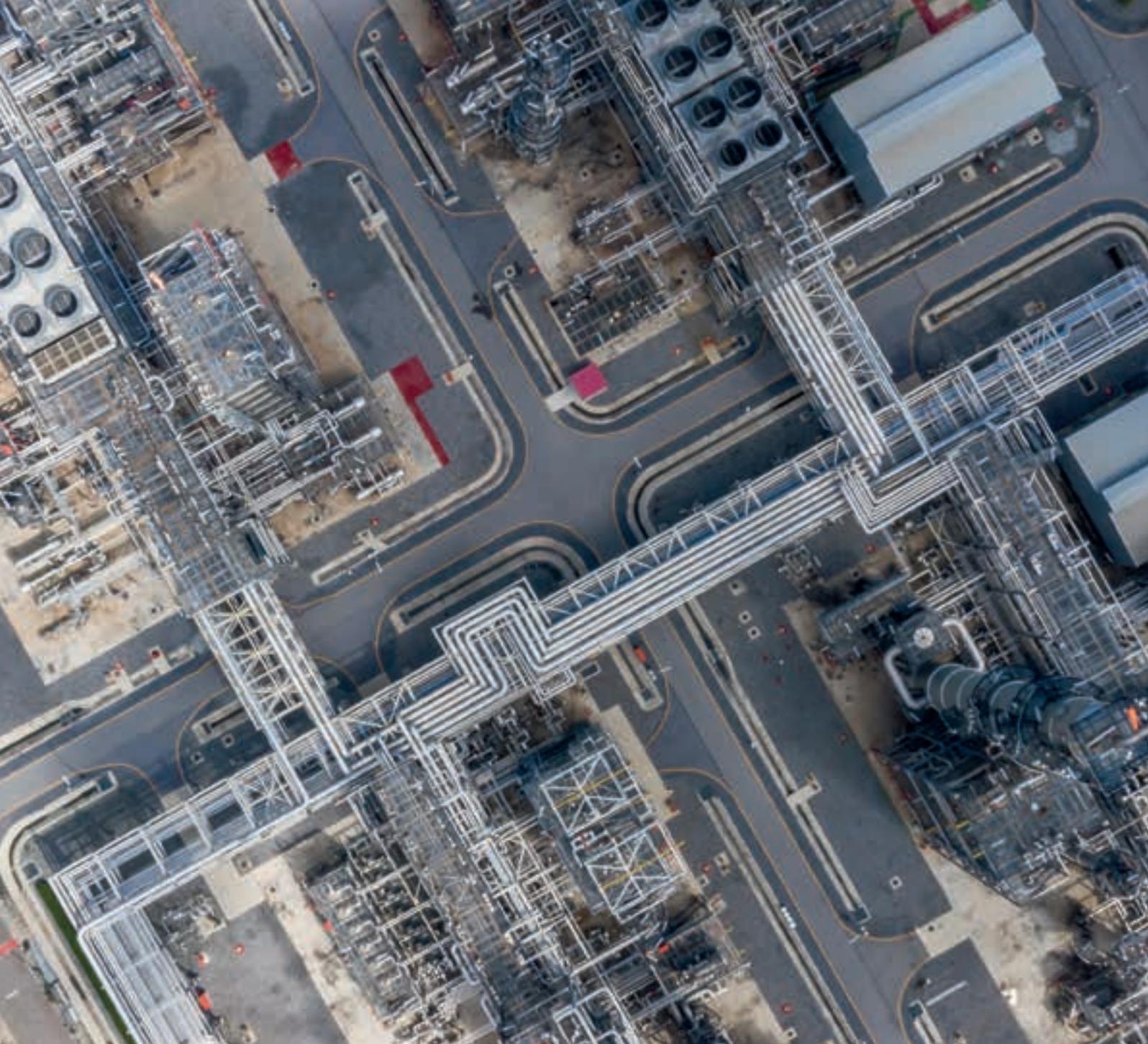
Por razones de cumplimiento con la normativa, la mayoría de las plantas de proceso tienen un

histórico centralizado que almacena los datos operativos del sistema de control. El histórico abarca datos de eventos y datos de señales generados por los controladores, actuadores y sensores. Las intervenciones manuales también suelen almacenarse en el histórico en forma de pistas de auditoría, es decir, un registro de eventos que registra cada interacción con el sistema de control, como cambios del punto de consigna, apertura y cierre de válvulas y arranque y parada del equipo.

Aunque cada intervención se almacena en el histórico, estos datos, debido en parte a su tamaño (y diferentes formatos), no suelen procesarse más. Incluso en las plantas pequeñas,



01



—  
01 La minería de flujos de trabajo de los datos históricos de las plantas que de otro modo quedarían infrutilizados puede ayudar a mejorar las operaciones.

—  
**La minería de flujos de trabajo de las intervenciones manuales almacenadas en el histórico puede ayudar a conocer mejor el comportamiento de una planta.**

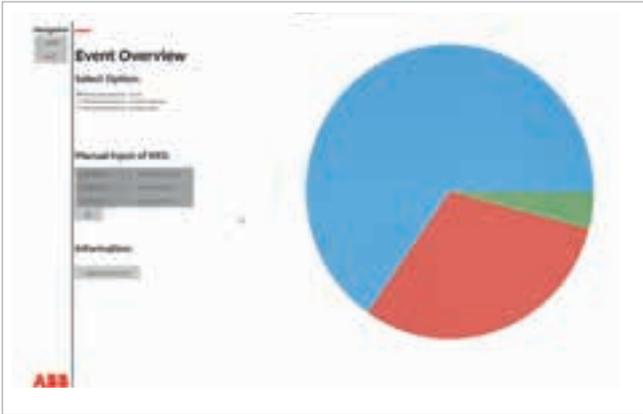
el histórico puede almacenar varios cientos de miles de eventos y señales de miles de sensores cada día, lo que a menudo supone cantidades de datos que rozan los terabytes.

Hay sistemas, como el histórico, que representan una fuente rica y sin explotar de datos poten-

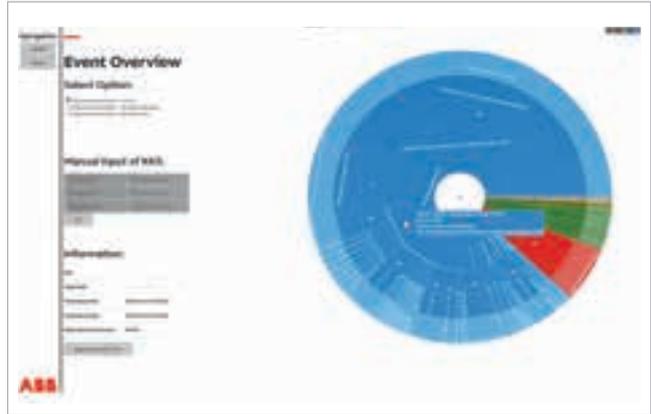
cialmente valiosos. La pregunta es: ¿pueden utilizarse estos datos para preservar el conocimiento operativo y reutilizarlo en el futuro? La respuesta es «sí». La minería de flujos de trabajo es la clave.

**Minería de flujos de trabajo**

La minería de flujos de trabajo de las intervenciones manuales almacenadas en el histórico puede ayudar a conocer mejor el comportamiento de una planta, proporcionar información sobre estrategias de soluciones y contribuir a evaluar la calidad de estas estrategias. La minería de flujos de trabajo también puede generar mejores prácticas estandarizadas. Dado que la información asociada a la intervención manual



02



03

está dispersa y no es necesariamente evidente qué datos asociados a la causa del caso pueden agruparse o tienen que ver con el caso en cuestión, la extracción de los casos de intervención manual del histórico del proceso es, en sí misma, un desafío.

En este artículo, la minería de flujos de trabajo en el histórico de la planta se analiza poniendo un foco específico en:

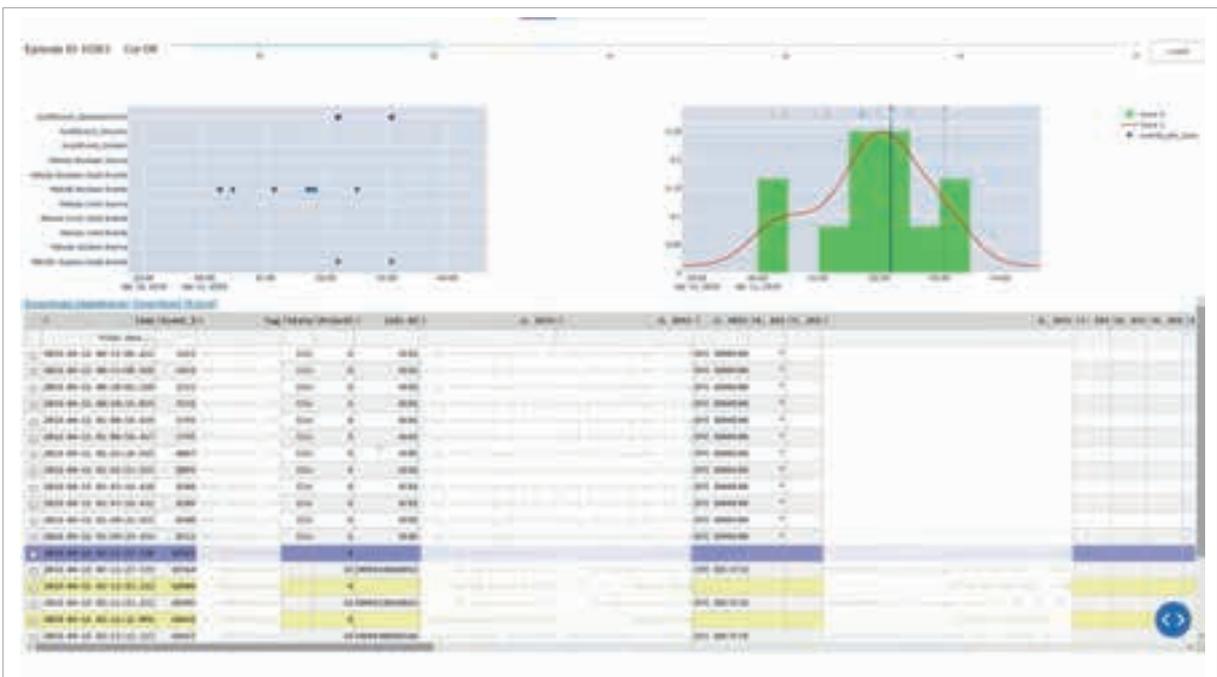
- Identificación de casos de intervenciones manuales.
- Identificación del estado de la planta que desencadenó el caso de intervención manual.
- Extracción de los tipos de casos, que se colocan en el pipeline de la minería de flujos de trabajo, dando lugar en última instancia a la orientación del operador.

**Análisis de las intervenciones manuales**

El primer paso es crear una herramienta para identificar y mostrar los casos de intervenciones manuales, así como su frecuencia y duración.

—  
El primer paso es crear una herramienta para identificar y mostrar las instancias, frecuencias y duraciones de las intervenciones manuales.

Esta herramienta consulta la base de datos de eventos y pistas de auditoría de la planta para proporcionar una lista de datos de intervención. A partir de estos datos, debe extraerse un «caso», es decir, un subconjunto de eventos de la



04

- 02 Número y duración de las intervenciones en varias zonas de la planta.
- 03 Puede seleccionarse una zona de la planta para ver dónde ocurren la mayoría de las intervenciones manuales.
- 04 Ejemplo de episodio extraído.
- 05 Ejemplo en relación con las señales de la planta y flujo de trabajo.

lista →02-03. El evento origen está incluido en el subconjunto, al igual que los eventos que ocurren durante un tiempo determinado antes y después

## El siguiente paso es la generación de instrucciones paso a paso para corregir la situación anormal en el futuro.

del primer y último evento, respectivamente. En otras palabras, la extracción de casos se basa en la noción de aislamiento temporal.

### Extracción de las causas del caso

Se supone que cada caso se desencadena por un estado de la planta, representado por valores de sensores, otra información relacionada con el proceso y alarmas activas o demás eventos. Por lo tanto, un análisis (un estudio «fingerprint») compara el estado general del sistema justo antes de que se produzca un caso con el estado «normal» para extraer la causa del caso. Esta actividad de fingerprinting depende en gran medida del sistema que se esté estudiando. Para la planta de procesos asociada con el trabajo aquí descrito, decidimos centrarnos en el estado de las señales que forman parte del caso.

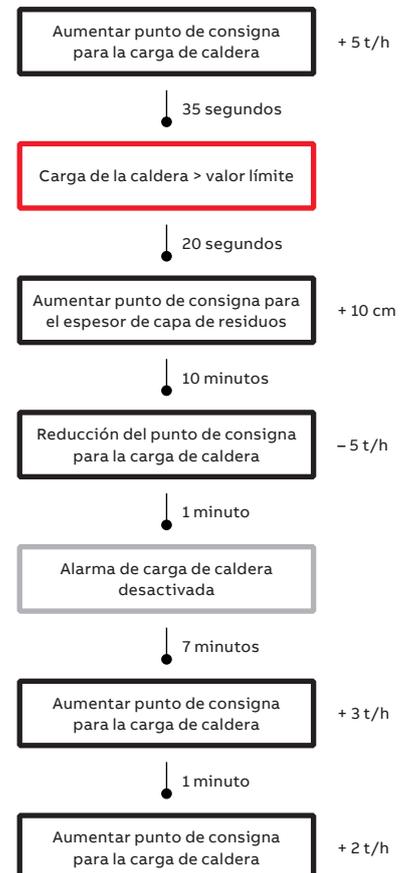
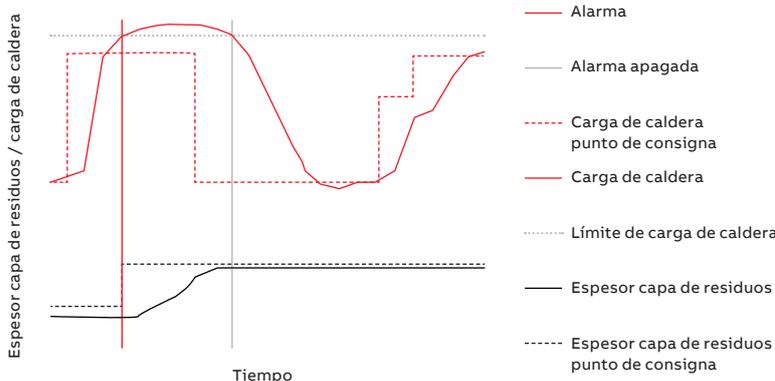
Para estas señales, se generan indicadores clave de rendimiento (KPI) en base a cálculos de la media variable. En otras palabras, se compara una fingerprint de los valores de sensores de la planta antes de la intervención manual con los valores de sensores medios «normales». Las señales que tengan una diferencia por encima de un determinado umbral en comparación con los KPI a largo plazo son candidatas a ser una causa del caso. Se añade información sobre la causa del caso a la información del caso.

### Agrupación de casos

Cada caso extraído presenta potencialmente una intervención manual diferente para resolver un problema específico siguiendo una estrategia concreta. Para preparar la minería de flujos de trabajo, se aplica una agrupación de los casos que representan estrategias similares.

### Búsqueda de soluciones

Una vez obtenida una visión general de las intervenciones manuales de la base de datos de pistas de auditoría y eventos, como se ha descrito anteriormente, pueden examinarse los procedimientos de solución, también denominados episodios. →04 muestra los cuatro elementos de pantalla de un episodio típico que se muestran en la herramienta que ABB ha desarrollado para esta tarea. En la parte superior hay una barra deslizante que define lo cerca que deben estar dos intervenciones para pertenecer al mismo



episodio. Ampliando esta ventana se captan más eventos, lo que da lugar a un procedimiento de solución mucho más largo. La optimización de la longitud de esta ventana de eventos está

—  
Cuando se produzca una situación anormal para la que se dispone de un flujo de trabajo, este se recomendará al operador.

en desarrollo. El elemento superior izquierdo en →04 muestra los tipos de eventos a lo largo del tiempo; el superior derecho es un gráfico de densidad de eventos a lo largo del tiempo; y la mitad inferior de la pantalla indica los eventos de la planta relacionados con el episodio.

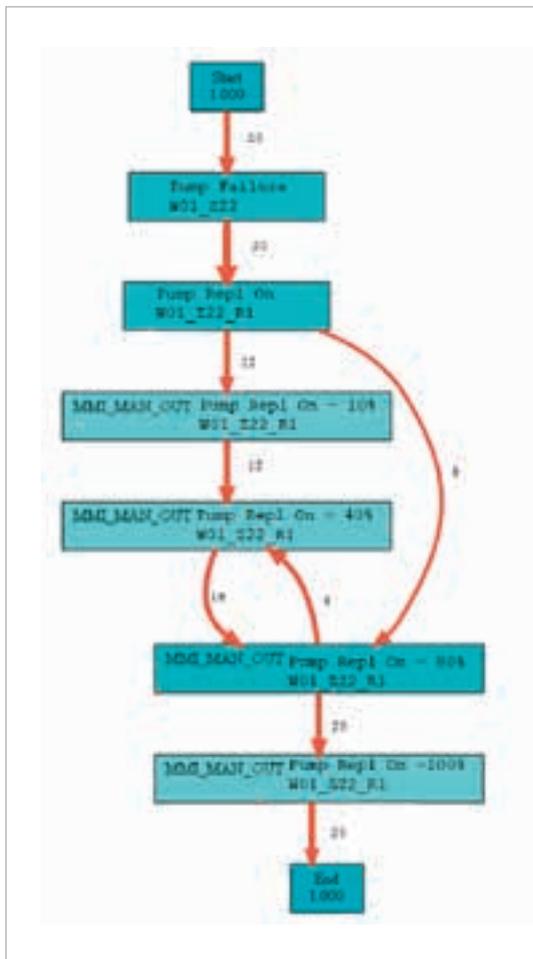
Una vez que la herramienta ha definido los episodios adecuados, el siguiente paso es la generación de flujos de trabajo: instrucciones paso a paso para que el operador corrija la situación anormal en el futuro. Se importan episodios similares que

representan soluciones para el mismo problema a una herramienta externa para generar un flujo de trabajo →05. Este flujo de trabajo muestra todas las diferentes medidas que se han adoptado para abordar el mismo problema; en este caso, la manipulación del quemador en un incinerador de residuos. →05 incluye pasos que rara vez se han llevado a cabo y pueden filtrarse para ofrecer una guía paso a paso formada por los pasos que se han llevado a cabo con más frecuencia →06. También puede generarse una guía de tiempos →07. Antes de publicarse, un experto comprueba el flujo de trabajo.

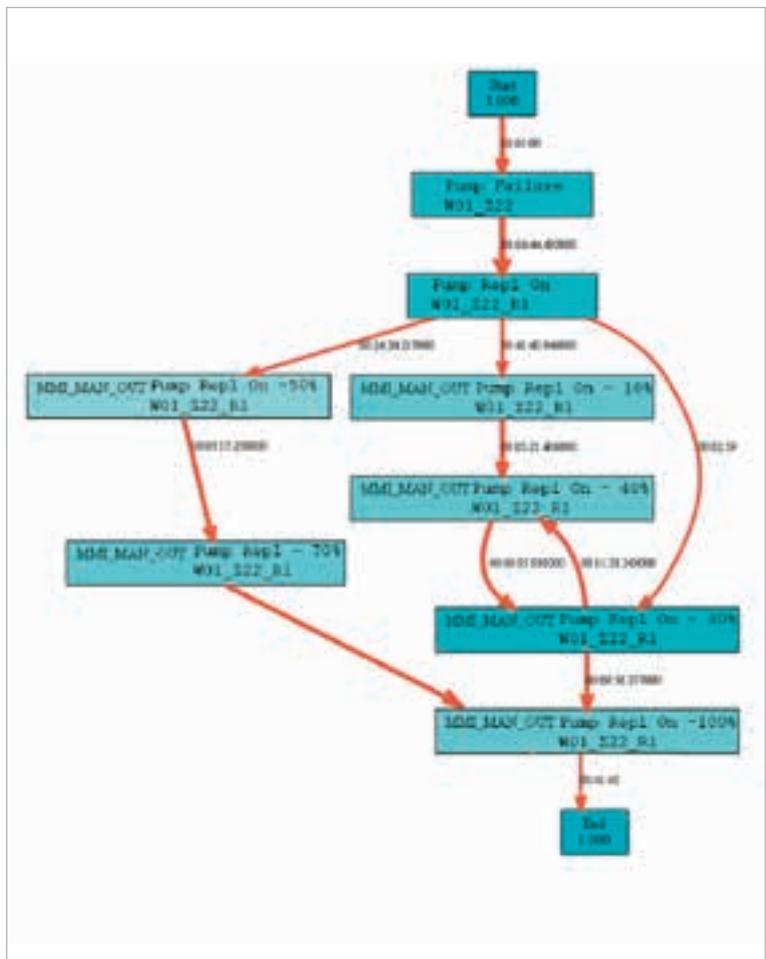
**Uso por parte del operador**

Sobre el terreno, cuando se produzca una situación anormal para la que se dispone de un flujo de trabajo, se recomendará este flujo de trabajo al operador. En el momento de la aceptación, el flujo de trabajo paso a paso se mostrará en una barra lateral.

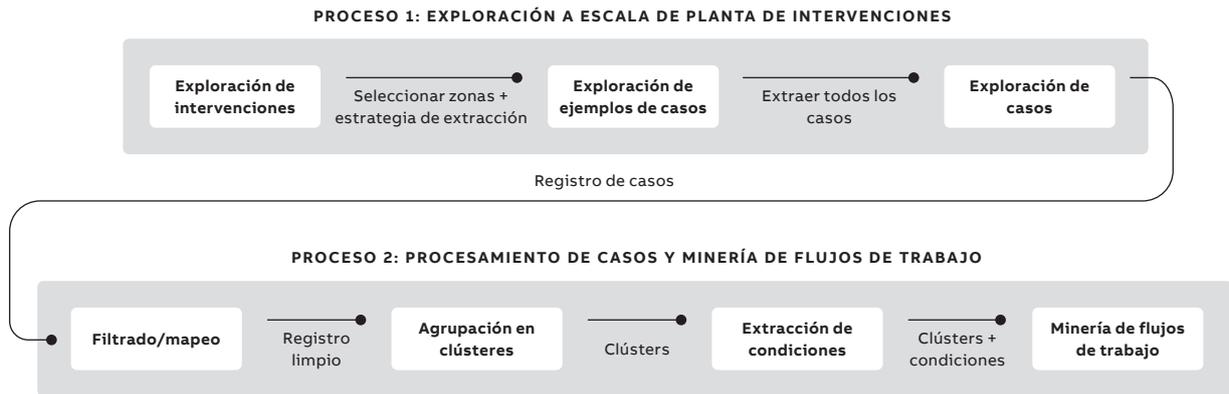
El proceso completo desde la selección del tipo de intervención, la extracción de casos, la extracción de causas de casos, la agrupación de casos y la minería de flujos de trabajo según se ha descrito anteriormente se resume en →08.



06



07



08

- 06 Los pasos menos utilizados pueden filtrarse.
- 07 También puede mostrarse el tiempo dedicado a los pasos.
- 08 Proceso aplicado de minería de casos y flujos de trabajo.
- 09 Recuento por tipo de evento. Las cifras proporcionan una idea aproximada de las dimensiones que se esperan del análisis y la actividad de extracción.

**Perspectiva desde una planta mediana**

Durante el proceso de desarrollo, el equipo trabajó con una copia del histórico de una central eléctrica mediana. La planta almacena 8000 señales en el histórico y genera aproximada-

Las mejoras en el futuro podrían ser enfoques de aprendizaje automático o la automatización completa del proceso de minería de flujos de trabajo.

mente 80 millones de eventos al año. Los eventos incluyen las pistas de auditoría del operador. Se utilizó el conjunto de datos de seis meses del histórico para probar diferentes enfoques. Los debates con expertos también contribuyeron al proceso de desarrollo.

→09 muestra el gran número de alarmas activas en la planta (no es raro tener cifras altas de alarmas). Los operadores conocen bien las alarmas y su relación con el estado de la planta.

**Funcionamiento mejorado de la planta de procesos**

Se pueden encontrar muchos datos valiosos en históricos aislados de plantas. Las técnicas de minería de flujos de trabajo aprovechan estos datos para aportar beneficios al funcionamiento de una planta de procesos. Pueden crearse sistemas en línea para ayudar a los operadores a la hora de enfrentarse a condiciones anormales y en un futuro se prevén mejoras a través de enfoques de aprendizaje automático y la auto-

Tipo de evento	Total
EventoAuditoría_Reconocer	70,000
EventoAuditoría_MedidaOperador	60,000
Alarmas	Varios cientos de miles
Eventos de auditoría	Varios cientos de miles
Eventos booleanos	15 millones
Limitar alarmas	Varios cientos de miles
Limitar eventos de auditoría	Pocos cientos de miles
Limitar eventos	Varios cientos de miles
Alarmas del sistema	Varios cientos de miles

09

matización completa del proceso de minería de flujos de trabajo.

Algunos temas relacionados requieren más investigación, como, por ejemplo, cómo realizar la localización de los eventos si no la facilita el esquema de etiquetado de la planta. O cómo evaluar la conformidad y la eficiencia de los flujos de trabajo extraídos, ya que los operadores pueden realizar acciones en contra de las directrices generales (por ejemplo, ignorar las secuencias recomendadas para el arranque o la parada de equipos).

La resolución con éxito de estos y otros asuntos permitirá a los operadores de plantas hacer un uso mayor de los datos que ya tienen para mejorar aún más el rendimiento de sus activos y mejorar sus resultados económicos. •

## LOGÍSTICA

# Electrificación de minas: abriendo camino hacia una mejor sostenibilidad

Las tendencias tecnológicas, medioambientales y sociales están transformando el mundo. La industria minera, si bien tradicionalmente se encuentra en un nivel bajo en la curva de la Industria 4.0, está ganando posiciones rápidamente, principalmente a través de la electrificación de las minas. eMine™ de ABB y su sistema de trolleys asociado, así como sus accionamientos sin engranajes y su experiencia en la automatización de sistemas transportadores, están ayudando a los clientes de minería a electrificar sus equipos desde la mina hasta el puerto con soluciones idóneas.

—  
01 El sistema de trolleys eMine™ de ABB permite a los vehículos funcionar con una línea auxiliar eléctrica de trolleys.

ABB tiene amplia experiencia en todo el mundo suministrando grandes soluciones eléctricas y de control integradas a clientes de minería y minerales. Además, la empresa contribuye a que las empresas mineras den el paso hacia una mina totalmente eléctrica. La empresa se compromete a colaborar con clientes y proveedores para reducir sus emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en al menos 100 megatonnes, lo que equivale a las emisiones anuales de 30 millones de coches de combustión, y lograr la neutralidad de carbono en sus propias operaciones en 2030. Actualmente, la minería es responsable de entre el 4 y el 7 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI), un área en la que los métodos actuales deben cambiar rápidamente para cumplir los objetivos, la normativa nacional y el Acuerdo de París.

Este artículo explora dos ejemplos en los que el camino hacia la mina totalmente eléctrica ya está en marcha. El primero examina la Copper Mountain Mining de Canadá, donde ABB ha instalado una infraestructura auxiliar de trolleys eléctricos. El segundo se refiere a la introducción del sistema transportador sin engranajes más potente del mundo, ubicado en la mina de cobre Chuquicamata en Chile.

## Una transformación eléctrica en Canadá

Sin la extracción de materiales no habría móviles, ordenadores, baterías ni parques eólicos. La transición hacia una mina totalmente eléctrica, que

permita extraer minerales con el menor impacto posible en el medio ambiente, requiere nuevas ideas, como pone de manifiesto eMine™ de ABB, un concepto recientemente lanzado, que ya está

—  
La minería es responsable de entre el 4 y el 7 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI).

ayudando a los clientes de minería a electrificar sus equipos desde la mina hasta el puerto con soluciones adecuadas para satisfacer las demandas operativas. Esta solución está respaldada por muchas décadas de experiencia de ABB en electrificación, automatización y conexión digital de equipos y operaciones de minas para mejorar el uso energético y el rendimiento general.

## Solución auxiliar completa de trolleys

Una de las soluciones clave de eMine es el ABB Ability™ eMine Trolley System →01 [1], que ya se ha implantado en varios países. La solución permite que los vehículos circulen por una línea auxiliar de trolleys eléctricos en lugar de utilizar combustible diésel. Más recientemente, eMine se implantó en Columbia Británica, Canadá, donde ABB trabaja con Copper Mountain Mining →02 [2].

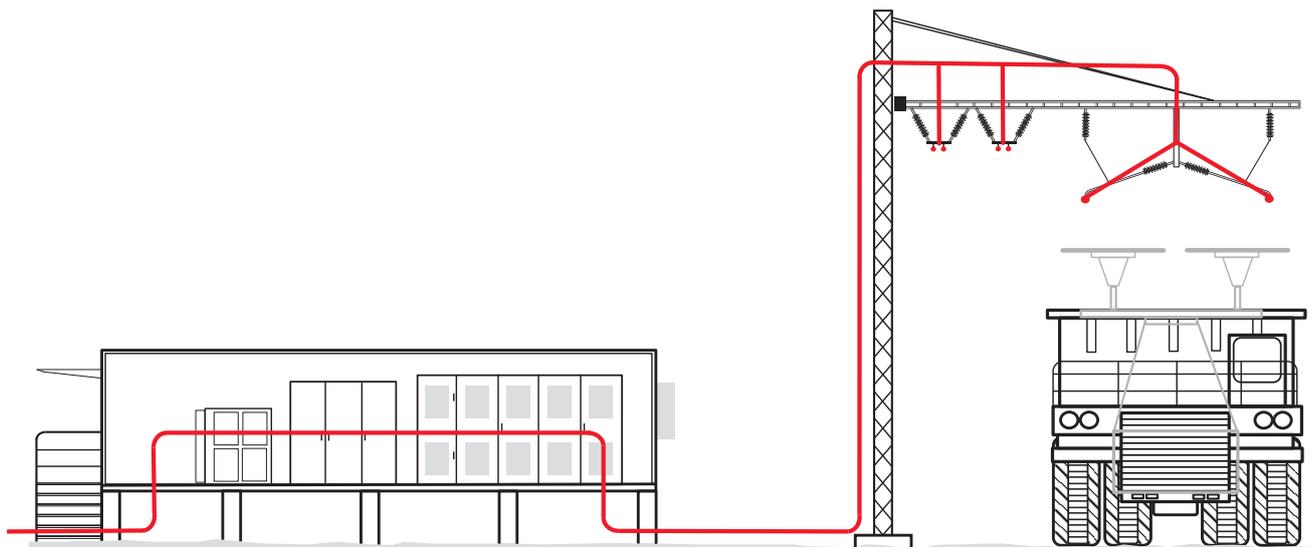


**Mehrzad Ashnagaran**  
Mine Electrification and  
Composite Plant  
Zúrich, Suiza

mehrzad.ashnagaran@  
ch.abb.com







03

— 02 Copper Mountain Mining se encuentra en Columbia Británica, Canadá.

— 03 La solución eMine™ de ABB reduce drásticamente el consumo y las emisiones de diésel frente a los camiones.

Aquí, donde una operación convencional a cielo abierto produce aproximadamente 45 000 toneladas métricas de equivalente de cobre al

## El sistema de control de trolleys permite una perfecta integración y supervisión de las operaciones de los trolleys y del consumo de energía.

año, ABB ofrece una solución auxiliar completa de trolleys →03. ABB es responsable de toda la infraestructura auxiliar de trolleys sin camiones, incluido el diseño de un sistema de catenaria aérea (OCS) y una subestación rectificadora que proporciona más de 12 MW de energía de CC, así como de la gestión de ingeniería, proyectos y construcción, el suministro de equipos y la puesta en servicio del sistema.

El sistema de control de trolleys puede proporcionar conectividad a la plataforma existente del sistema de control distribuido (DCS) ABB Ability™ 800xA, permitiendo una perfecta integración y supervisión de las operaciones de los trolleys y del consumo de energía. ABB también suministra componentes OCS personalizados para aplicaciones mineras.

Se espera que Copper Mountain reduzca inicialmente las emisiones en un 7 % durante la primera fase del proyecto, y se ha fijado el objetivo de lograr una reducción de CO<sub>2</sub> del 50 % en el plazo de cinco a siete años. También se espera que el nuevo uso de trolleys mejore la eficiencia; por ejemplo, los camiones estarán equipados con un

pantógrafo para recibir energía eléctrica externa, lo que les permitirá funcionar más rápido cuando se conecten al sistema de trolleys, al tiempo que consumen menos combustible y requieren menos mantenimiento. Como parte del concepto eMine™, ABB ha identificado seis elementos que serán esenciales para las operaciones totalmente eléctricas:

- **Interoperabilidad:** la capacidad de disponer de una infraestructura de carga versátil para todos los tipos de vehículos y fabricantes de equipos originales de vehículos eléctricos con batería (BEV)
- **Movilidad/flexibilidad:** la capacidad de implantar una infraestructura de punto de carga que permita a la mina adaptarse a medida que se desarrolla
- **Gestión de la energía:** la capacidad de combinar energía con control de procesos para minimizar los picos de carga y obtener un funcionamiento equilibrado
- **Interfaz de conexión:** la capacidad de operar con seguridad a altas intensidades gracias al uso de dispositivos de conexión automatizados resistentes para minas
- **Tecnología de trolleys y carga:** la capacidad de adaptar las infraestructuras de carga y trolleys a la capacidad de las baterías BEV para operaciones exigentes
- **Proceso favorable y desarrollo de minas:** la capacidad de utilizar enfoques alternativos para el desarrollo de las minas, tales como combinaciones de acarreo cuesta abajo y/o transportador o camión y grúa.

Los componentes anteriores, potenciados por ABB Ability™ MineOptimize [3], están diseñados para conseguir un diseño y unas operaciones óptimos mediante un uso equilibrado de la energía y los recursos.

### Referencias

[1] ABB, Trolley-assist solution for Copper Mountain Mining sustainable development – Canada | ABB [Consultado el 11 de junio de 2021].

[2] Copper Mountain Mining. The Copper Mountain mine, British Columbia, Canada. Disponible en: <https://www.mining-technology.com/projects/copper-mountain/> [Consultado el 11 de junio de 2021].

[3] ABB, ABB Ability™ MineOptimize. Disponible en: <https://new.abb.com/mining/mineoptimize> [Consultado el 11 de junio de 2021].

## IMPULSANDO UNA REVOLUCIÓN DE EFICIENCIA EN CHILE



**Ulf Richter**  
ABB Belt Conveyor  
Systems  
Cottbus, Alemania

ulf.richter@de.abb.com

En el remoto norte de Chile, ABB ha colaborado con la empresa industrial alemana TAKRAF en la mina Chuquicamata de Codelco, la mayor mina de cobre a cielo abierto del mundo. Allí, los accionamientos de transportadores sin engranajes (GCD) forman parte del sistema transportador más potente del mundo. También se han convertido en la solución preferida de muchos proyectos mineros a escala mundial.

Desde el diseño técnico hasta los equipos eléctricos para el suministro eléctrico y la distribución de energía, las tecnologías de ABB y los conocimientos necesarios para integrarlas quedan patentes en toda la planta de Chuquicamata →04. Sin embargo, es en la automatización de un nuevo sistema transportador subterráneo y aéreo donde destacan las ventajas del GCD de ABB →05[4, 5, 6].

El sistema transportador de la mina debe funcionar a alta capacidad a 2850 metros sobre el nivel del mar en el desierto de la región de Antofagasta. El sistema transportador tiene una longitud de 13 km y conecta las operaciones subterráneas directamente con el concentrador del emplazamiento. Cada uno de los dos transportadores TAKRAF de 20 MW elevan 11 000 toneladas por hora (tph) de mineral a más de 600 metros para llegar a la superficie desde la mina subterránea. La elevación total es de aproximadamente 1,2 km, tras la cual el mineral pasa a un transportador aéreo de 15 MW.

Los GCD son aptos para proyectos mineros que requieren una gran potencia. Ayudan a aumentar la eficiencia de los sistemas de cintas de más capacidad, aumentando así el posible rendimiento del mineral, reduciendo el uso de energía, reduciendo el tiempo de inactividad de los equipos y minimizando los costes de mantenimiento →06. Son la única forma económicamente viable de proporcionar energía suficiente para operar los transportadores de 20 MW de la mina

Chuquicamata. El límite de una caja de engranajes con piñón de entrada de un transportador es 3-4 MW, por lo que el sistema de cintas de la mina habría requerido ocho motores asociados a una caja de engranajes con un eje de salida o varios transportadores con menor potencia nominal y múltiples estaciones de transferencia. Cualquiera de los dos escenarios habría requerido significativamente más materiales, espacio, cavidades e infraestructura para proporcionar la potencia necesaria. Por lo tanto, los GCD eran la forma más sencilla de conseguir la producción que el cliente necesitaba, con la ventaja añadida de una reducción del mantenimiento y un aumento significativo de la eficiencia.

Teniendo en cuenta estos factores, ABB y TAKRAF implantaron el sistema GCD más potente del mundo. El sistema consta de 11 accionamientos con motores síncronos que funcionan a velocidades de 50-60 rpm y tienen una potencia nominal de 5 MW cada uno, lo que supone un par motor de unos 900 kNm. La potencia total instalada de todo el sistema, incluidos varios transportadores de alimentación, es de 58 MW.

Pasar de operaciones a cielo abierto con camiones y palas a operaciones subterráneas empleando el transportador TAKRAF con el GCD de ABB ayudará al propietario de la mina Codelco a ahorrar aproximadamente 130 millones de litros de gasolina al año →07. Esto se logrará eliminando la necesidad de 120 camiones grandes, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub> de la mina de 340 000 t por año a 100 000 t, lo que supone un ahorro estimado de aproximadamente un 70 %.

En Chuquicamata, la solución ABB/TAKRAF está conectada al sistema de control ABB Ability™ 800xA a efectos de la adquisición eficiente de datos, la evaluación de los equipos y la optimización de los procesos. El sistema 800xA supervisa y

### Referencias

[4] ABB. ABB completes commissioning of the world's most powerful conveyor system. Disponible en <https://new.abb.com/news/detail/68172/abb-completes-commissioning-of-the-worlds-most-powerful-conveyor-system> [Consultado el 8 de octubre de 2021].

[5] ABB. ABB gearless drives for TAKRAF's most powerful mining conveyors in Chile. Disponible en <https://new.abb.com/mining/reference-stories/underground-stories/takraf-underground-mining-conveyors-with-abb-gearless-drives-progressing-in-chile> [Consultado el 8 de octubre de 2021].

[6] ABB. Video of the world's most powerful Gearless Conveyor Drive system: <https://youtu.be/tYHsqwo4TJU> [Consultado el 19 de junio de 2021].





05

— 04 Mina de cobre de Chuquicamata en Chile. La puesta en marcha del sistema transportador con accionamientos sin engranajes más potente del mundo se completó en solo cuatro meses.

— 05 Fabricación de un accionamiento de transportadores sin engranajes.

— 06 Los accionamientos de transportadores sin engranajes presentan una tasa de fallos un 50 % menor que las versiones con engranajes. También tienen una vida útil más larga y una menor demanda de energía.

— 07 Un resumen estadístico del sistema de cintas transportadoras más potente del mundo para la minería subterránea.

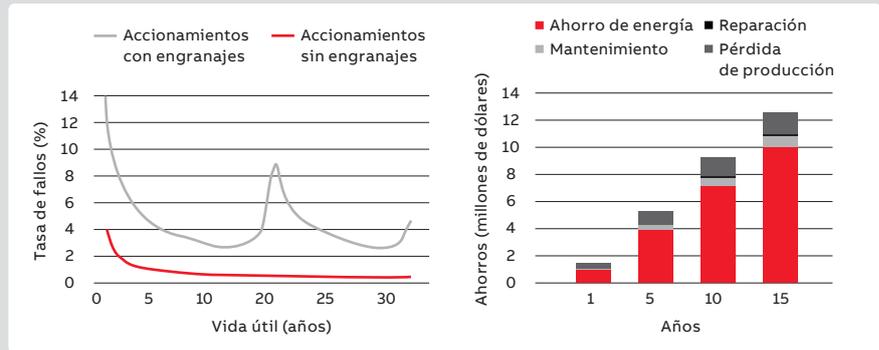
recopila datos de varios sensores integrados en el sistema de accionamiento del motor, detectando anomalías e identificando las necesidades de mantenimiento. Se espera que el proyecto amplíe sus operaciones a lo largo de los próximos 40 años.

Se espera que los requisitos de eficiencia para los GCD de potencia media en la gama de 1-10 MW (potencia total de transporte) aumenten en los próximos años. En vista de ello, ABB está respondiendo con tecnologías diseñadas para reducir el coste por tonelada de producción, ayudando así a los clientes a seguir siendo competitivos. En comparación con las soluciones con cajas de engranajes, los GCD son eficientes desde el punto de vista energético y producen menos ruido. Por otro lado, los accionamientos con cajas de engranajes tienen múltiples partes móviles girando a 1000 rpm o más y pueden ser muy ruidosos, con el riesgo de superar el límite de emisiones de ruido de 85 dB(A) (decibelios ponderados A) previsto por la UE.

Para evitar estos problemas, como parte de un proyecto de actualización en curso en la República Checa, ABB está instalando sus últimos GCD de media potencia. Al cambiar los accionamientos con engranajes montados en el eje de un sistema transportador existente equipado con GCD alimentados por motores síncronos de imán permanente, el propietario de la mina podrá cumplir los límites de emisión de ruido de la UE y

evitar los fallos frecuentes de los accionamientos existentes por problemas de vibración. El uso de GCD a unas 50 rpm con refrigeradores de bajo nivel de ruido limita las emisiones de ruido de la unidad motriz a menos de 75 dBA, lo que proporciona a la mina todas las ventajas de los accionamientos sin engranajes y evita la necesidad de soluciones de encapsulamiento del ruido (carcasas alrededor de toda la unidad motriz) o paredes de protección contra el ruido a lo largo del sistema transportador. Estos GCD son un 5-8 % más eficientes energéticamente y tienen menos emisiones de CO<sub>2</sub> que las soluciones con cajas de engranajes. Los GCD ofrecen también un mayor nivel de seguridad, ya que no necesitan combustibles ni líquidos peligrosos, como el aceite de la caja de engranajes, sino que utilizan un líquido refrigerante a base de agua.

Los GCD se utilizan en proyectos complejos y a menudo de categoría internacional. Pueden proporcionar muchos beneficios a los operadores de minas ayudándoles a aumentar la eficiencia y reducir el uso de energía, el tiempo de inactividad de los equipos, los costes de mantenimiento y el ruido. Junto con soluciones que incluyen aplicaciones de colaboración de realidad aumentada/mixta, análisis avanzado de datos, herramientas de IA y aprendizaje automático, las empresas de minería y sus socios tecnológicos están preparadas para aumentar aún más la eficiencia de las operaciones, por remotas o difíciles que sean. •



06





01

LOGÍSTICA

# Control de precisión de las emisiones marinas

La normativa que regula la eficiencia del combustible, las emisiones de gases de efecto invernadero y el tratamiento del agua de lastre del sector naval son cada vez más estrictas. ABB ofrece soluciones robustas basadas en sensores fiables, muy precisos y duraderos.

—  
01 ABB ofrece soluciones para el sector naval que van desde sistemas integrados de potencia y propulsión, gestión del combustible y la combustión, hasta la supervisión de las emisiones y el tratamiento del agua de lastre.

—  
02 Frente a la información de caudal volumétrico, se prefiere la información de caudal másico porque este no depende de influencias físicas.

Cada año se transportan unos 11 mil millones de toneladas de mercancías por barco, lo que supone unas 1,5 toneladas por persona según la población mundial actual [1]. Sin embargo, aunque el transporte marítimo es responsable de la emisión de menos gases de efecto invernadero (GEI) por tonelada-kilómetro de carga transportada que otras formas de transporte, los buques contribuyen aproximadamente al 2,9 % de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del mundo [2], un porcentaje que aumenta constantemente a medida que cada vez se transportan más mercancías por mar.

A la vista de estas tendencias, la Organización Marítima Internacional, una agencia de las Naciones Unidas encargada de regular el transporte marítimo, ha establecido el objetivo global de reducir las emisiones anuales en al menos un 50 % para 2050 en respecto a los niveles de 2008 [3]. Además, la propia industria naviera tiene razones sobradas para aumentar su eficiencia, a

—  
Los caudalímetros másicos de efecto Coriolis de ABB utilizan el efecto Coriolis para medir con máxima precisión el caudal másico de cualquier tipo de fluido.

la vista de que aproximadamente el 50 % de los costes operativos totales de un buque son costes de combustible [4]. Para gestionar el consumo de combustible de una manera responsable, teniendo en cuenta factores medioambientales, económicos y legales, se requieren innovadores sistemas de gestión del combustible y supervisión de emisiones basados en sensores que sean fiables, de alta precisión y duraderos →01 [5].

#### Caudalímetros másicos de efecto Coriolis

Para impulsar los enormes buques portacontenedores actuales se necesitan grandes cantidades de combustible. La cantidad de energía generada por ese combustible está directamente relacionada con su masa. Por lo tanto, cuando se trata de una gestión muy precisa de la energía, es fundamental la medición directa del caudal másico del combustible. Los caudalímetros másicos de efecto Coriolis de ABB son instrumentos de última generación que utilizan el efecto Coriolis →02 para medir con máxima precisión el caudal másico de cualquier tipo de fluido.

#### PRINCIPIO DE MEDICIÓN CORIOLIS

Quando se trata de calcular los costes y el equilibrio de materiales, en los procesos técnicos se prefiere la información de caudal másico porque no depende de las influencias físicas frente a la información de caudal volumétrico. La presión, la densidad, la temperatura y la viscosidad no alteran la masa. Por lo tanto, el caudal másico es la variable medida preferida. La masa solo puede medirse indirectamente, por ejemplo con la ayuda de la segunda ley del movimiento de Newton, que establece que una fuerza que actúa sobre una masa produce aceleración ( $F=ma$ ). ¿Cómo puede determinarse la masa de un líquido utilizando esta relación? Podemos acelerar el líquido en un sistema en rotación (u oscilante) y medir los efectos inerciales. Este efecto físico fue descubierto por el matemático francés Gustave-Gaspard Coriolis en 1835.

02

Aquí, un fluido fluye a través de tubos en vibración, generando una fuerza Coriolis que crea un desplazamiento de fase de la vibración entre la entrada y la salida. Como no hay piezas móviles en el líquido, no se produce desgaste y el mantenimiento se reduce al mínimo.

En el pasado, los caudalímetros a bordo tenían problemas relacionados con las vibraciones. Sin embargo, el nuevo CoriolisMaster utiliza altas frecuencias operativas que son impermeables a cualquier posible ruido vibratorio a bordo de los buques. Gracias a este desarrollo, se puede obtener la aprobación de DNV de los caudalímetros, incluso en entornos marinos agresivos.

Además, las posibles tensiones mecánicas de las instalaciones a bordo no afectan a la robusta carcasa del caudalímetro →03, diseñada para desacoplar fuerzas de instalación exteriores de hasta 40 toneladas. Además de las salidas tradicionales de corriente o impulso, tiene salidas rápidas de comunicación Modbus, lo que garantiza una perfecta integración con cualquier tipo de sistema de eficiencia de combustible de ABB. Este enlace de datos proporciona acceso directo a todo tipo de valores de medición, como

—  
**Frank Frenzel**  
ABB Flowmeters,  
Measurement & Analytics  
Goettingen, Alemania

frank.w.frenzel@  
de.abb.com

—  
**Stephen Gibbons**  
ABB Continuous Gas  
Analyzers, Measurement  
& Analytics  
Frankfurt, Alemania

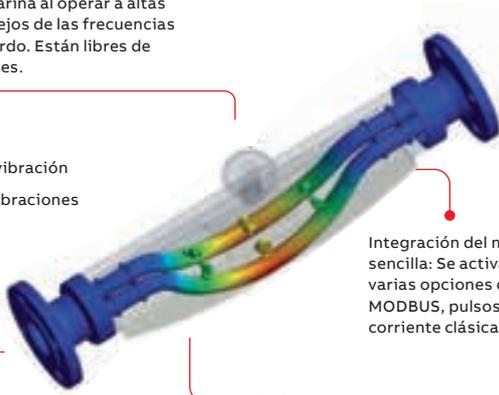
stephen.gibbons@  
de.abb.com

—  
**Uwe Mecke**  
ABB Electromagnetic  
Flowmeters,  
Measurement & Analytics  
Goettingen, Alemania

uwe.mecke@de.abb.com

Los caudalímetros másicos CoriolisMaster cumplen las normas de la clase marina al operar a altas frecuencias lejos de las frecuencias de ruido a bordo. Están libres de perturbaciones.

- Alta vibración
- Sin vibraciones



Integración del medidor más sencilla: Se activa mediante varias opciones de salida, como MODBUS, pulsos y salidas de corriente clásicas.

Fácil adaptación incluso en espacios reducidos gracias a las pequeñas dimensiones compactas de brida a brida.

La precisión del caudalímetro Coriolis sigue siendo alta porque su rígida carcasa exterior está diseñada para desacoplar fuerzas de instalación exteriores de hasta 40 toneladas.

03

caudal, densidad, temperatura y concentración, así como información de diagnóstico y acceso remoto.

#### Objetivos de descarbonización más estrictos

Solo un año después de que entraran en vigor los nuevos límites para las emisiones de azufre y óxido nitroso de la Organización Marítima Internacional en todo el mundo en enero de 2020, ABB lanzó una solución para la supervisión continua de las emisiones. Conocida como CEMcaptain [6, 7], la solución está diseñada para ayudar a la industria naviera a cumplir la nueva normativa, haciéndose así más sostenible y alcanzando nuevos objetivos de descarbo-

—  
CEMCaptain es un sistema analizador multicomponente que proporciona una medición continua y en tiempo real de las emisiones.

nización →04. Este paso pone el control de las emisiones marítimas de contaminantes atmosféricos en línea con la normativa para las centrales eléctricas, cementeras y refinerías de petróleo en tierra, áreas en las que se vienen utilizando CEMS desde hace décadas.

Diseñado pensando en personal atareado y tripulaciones cambiantes, CEMcaptain es un sistema analizador multicomponente que proporciona continuamente datos en tiempo real y ofrece una medición fiable y muy estable de las emisiones. Funciona incluso en las condiciones más extremas e integra módulos analizadores y componentes para la manipulación de muestras

en un armario independiente, lo que facilita la instalación.

CEMcaptain ha sido diseñado específicamente para entornos marinos y soporta temperaturas ambientes de hasta 55°C, además de ser muy resistente a las vibraciones. Está protegido contra la entrada de hollín mediante una innovadora solución de filtro y tiene una opción de retro-purgado para una fácil integración y alineación con los procedimientos de funcionamiento del depurador.

Equipado con el reconocido analizador de gases infrarrojos Uras26 de ABB, CEMcaptain mide simultáneamente y continuamente el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de acuerdo con los requisitos de la normativa. Cada analizador tiene dos rutas de gas distintas para permitir la medición de flujos separados, con hasta cuatro componentes diferentes por módulo analizador.

Las capacidades digitales y de medición de CEMcaptain aumentan la seguridad a bordo, optimizan los procesos y reducen sustancialmente los costes de propiedad. Con tiempos continuados de servicio del 98 % o más, el nuevo sistema no solo requiere un mantenimiento mínimo, sino que además ahorra tiempo que de otro modo se dedicaría a gestionar problemas de incumplimiento con la normativa. El sistema incluye innovaciones de servicios digitales in situ y remotos, proporcionando así al sector una caja de herramientas digital que aumenta el cumplimiento de la normativa y la eficiencia operativa.

Los servicios digitales in situ y remotos de CEMcaptain permiten la rápida notificación de fallos, diagnóstico y reparación, lo que contribuye a que los operadores tengan una disponibilidad cercana al 100 % para su instrumentación de análisis de gas. El panel de visualización del sistema integra los códigos QR dinámicos y toda la información de diagnóstico relevante puede recogerse del analizador mediante un código escaneado y transferirse al soporte de ABB. Esto significa que los técnicos de instrumentación marítima pueden enviar información en tiempo real a un experto de ABB para obtener orientación inmediata sobre el mantenimiento adecuado.

ABB Ability™ Remote Assistance con conectividad segura directa al soporte de ABB también puede dar soluciones a problemas en tiempo real. Estas características reducen la necesidad de formación de equipos nuevos; también reducen el número de expertos necesarios a bordo y aumentan la seguridad a bordo al reducir la exposición de la tripulación a las emisiones.

—  
03 Ventajas de la aplicación del caudalímetro másico de efecto Coriolis de ABB.

—  
04 CEMcaptain está diseñado para ayudar a la industria naviera a cumplir con la nueva normativa de emisiones.



04

ABB tiene más de 60 000 sistemas de supervisión continua de emisiones (CEMS) instalados en más de 100 países y cuenta con 60 años de experiencia en la supervisión de emisiones.

#### Tratamiento de aguas de lastre

Además de nuevas y más estrictas normas relativas a la eficiencia del combustible marino y las emisiones de azufre y óxido nitroso, la nueva normativa también ha impulsado la necesidad de tratar y medir el agua de lastre. El agua de lastre sirve para estabilizar los buques cuando no están totalmente cargados. Sin embargo, tomar agua de un puerto y descargarla en otro puede causar la introducción en los ecosistemas de organismos no autóctonos. En consecuencia, el agua de lastre no tratada está ahora muy regulada, lo que significa que todos los buques deben instalar un sistema de tratamiento de aguas de lastre.

—  
ABB tiene más de 60 000 sistemas de supervisión continua de emisiones (CEMS) instalados en más de 100 países.

Sin embargo, históricamente, estos sistemas han sido mecánicos y, por tanto, se han visto afectados negativamente por la presencia de moluscos, arena y otras partículas del agua de lastre. Esto limita la vida útil del caudalímetro y aumenta los costes de mantenimiento y sustitución. La solución de ABB es el caudalímetro electromagnético ProcessMaster [8], sin piezas giratorias en contacto con el tubo que puedan desgastarse y provocar una pérdida de presión. Además, el material de revestimiento del sensor altamente resistente a la abrasión hace que ProcessMaster sea ideal para el tratamiento del agua de lastre. •

#### Referencias

[1] International Chamber of Shipping. Shipping and world trade: driving prosperity. Disponible en: <https://www.ics-ship-ping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-driving-prosperity/>

[2] International Maritime Organization. Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020, page 19. Disponible en: <https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth>

%20 IMO %20GHG %20 Study %202020 %20 Executive-Summary.pdf

[3] International Maritime Organization. Reducing Greenhouse Gas Emissions from Ships. Disponible en: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx>

[4] ABB. CoriolisMaster for marine fuel consumption and energy management. Disponible en: Leaflet – CoriolisMaster for marine fuel consumption and energy management (abb.com)

[5] ABB. Marine Instrumentation and Analytical Solutions. Disponible en: <https://new.abb.com/products/measurement-products/marine-solutions>

[6] ABB. New ABB emission monitoring solution helps the maritime industry achieve decarbonization targets. Disponible en: <https://new.abb.com/news/detail/73608/new-abb-emission-monitoring-solution-helps-the-maritime-industry-achieve-decarbonization-targets>

[7] ABB. CEMcaptain Emissions Monitoring on Your Wavelength. Disponible en: <https://search.abb.com/>

library/Download.aspx?Doc-umentID=PB-CEMcaptain-EN&Language-Code=en&Document-PartId=&Action=Launch

[8] ABB. Trusted solutions for ballast water treatment applications. Disponible en: Ballast Water Brochure AD\_FEP500\_102-EN\_B.pdf

Todos los enlaces consultados el 1 de julio de 2021.

LOGÍSTICA

# Perfeccionando las investigaciones sobre pilas de combustible de hidrógeno

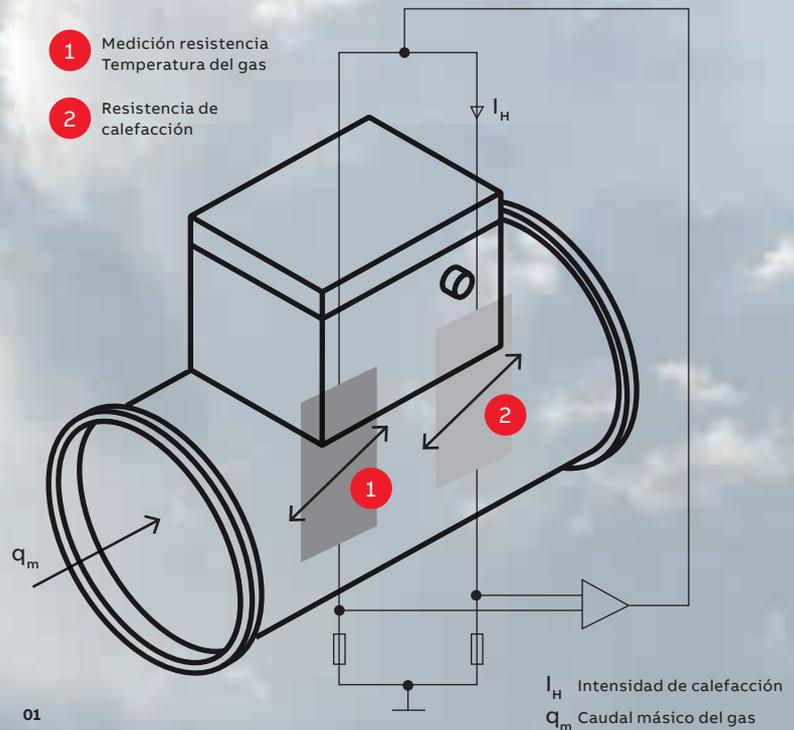
Mientras los gobiernos de todo el mundo buscan nuevas formas de descarbonizar el transporte, ABB ha desarrollado un producto que ayudará a la industria automovilística a optimizar el uso del hidrógeno para alimentar motores eléctricos.

## EL PRINCIPIO DE MEDICIÓN

Los caudalímetros másicos térmicos evalúan el enfriamiento dependiente del flujo de una resistencia calentada como señal de medición. El gas a medir fluye alrededor de dos resistencias sensibles a la temperatura, la resistencia de medición y la resistencia de calentamiento, que forman parte de un circuito puente eléctrico. Debido al ratio de resistencia seleccionado, la resistencia de calentamiento se calienta mediante la corriente de calentamiento  $I_H$ . La resistencia de medición asume la temperatura del gas. La corriente de calentamiento  $I_H$  está prefijada por un circuito de control

electrónico para que se establezca una diferencia de temperatura constante entre la resistencia calentada y la temperatura del gas.

La energía eléctrica generada en la resistencia de calentamiento compensa exactamente su pérdida de calor al flujo. Puesto que esta pérdida de calor depende del número de partículas que repercutan en la superficie de la resistencia de calentamiento, la corriente de calentamiento  $I_H$  representa una medida directa del caudal másico. No se requiere una compensación adicional de presión y temperatura.



—  
01 El hidrógeno ofrece una de las formas más prometedoras de eliminar las emisiones de carbono del transporte pesado, como los camiones y los autobuses.

—  
02 El nuevo caudalímetro de ABB mide la cantidad de aire que entra en una pila de combustible para combinarse con el hidrógeno.



02



**Gerrit Weppner**  
ABB Thermal Mass  
Flowmeters  
Göttingen, Alemania

gerrit.weppner@  
de.abb.com

#### Referencias

[1] ABB. New ABB flowmeter will aid hydrogen fuel cell research in automotive sector. Disponible en: <https://new.abb.com/news/detail/63902/new-abb-flowmeter-will-aid-hydrogen-fuel-cell-research-in-automotive-sector>. [Consultado el 2 de julio de 2021].

[2] ABB. Thermal mass flowmeter Sensyflow FMT700-P and FMT700-P Compact. Disponible en: <https://new.abb.com/products/measurement-products/flow/thermal-mass-flowmeters/sensyflow-fmt700-p>. [Consultado el 2 de julio de 2021].

El caudalímetro másico térmico compacto Sensyflow FMT700-P es la última incorporación a una gama de productos ya probada para medir el aire de admisión del motor en los bancos de pruebas [1]. Con una precisión del 0,8 % de lectura, en rangos de medición ampliables y ajustables, este nuevo caudalímetro es ideal para ajustar la eficiencia de las pilas de combustible que combinan hidrógeno y aire para producir energía eléctrica, emitiendo solo agua durante el proceso.

Desarrollado originalmente para probar turbocompresores y componentes convencionales, como válvulas de mariposa, ventiladores de admisión y filtros de aire, el caudalímetro P-Compact puede analizar el rendimiento de las pilas de combustible de hidrógeno y, por lo tanto, resulta muy interesante para la industria automovilística porque el hidrógeno ofrece una de las formas más prometedoras de eliminar las emisiones de carbono del transporte pesado, como los camiones y los autobuses →01.

El caudalímetro mide la masa de los gases en circulación directamente en la unidad en kg/h, lo que significa que los resultados son inmediatamente comparables porque no tienen que compensarse. El dispositivo también es muy preciso en un amplio rango de medición de 80 a 5000

kg/h para un dispositivo con un diámetro de 200 mm. En una prueba de pila de combustible de hidrógeno, medirá la cantidad de aire que entra en la pila de combustible para combinarse con el hidrógeno →02, y el tiempo de respuesta en menos de 25 milisegundos, lo que lo hace ideal para detectar cambios de carga rápidos.

El caudalímetro P Compact es compatible con otros productos de la gama Sensyflow y es ideal tanto para la investigación convencional de motores como para analizar el rendimiento de las pilas de combustible de hidrógeno. El diseño com-

—  
El caudalímetro mide la masa de los gases en circulación y es muy preciso.

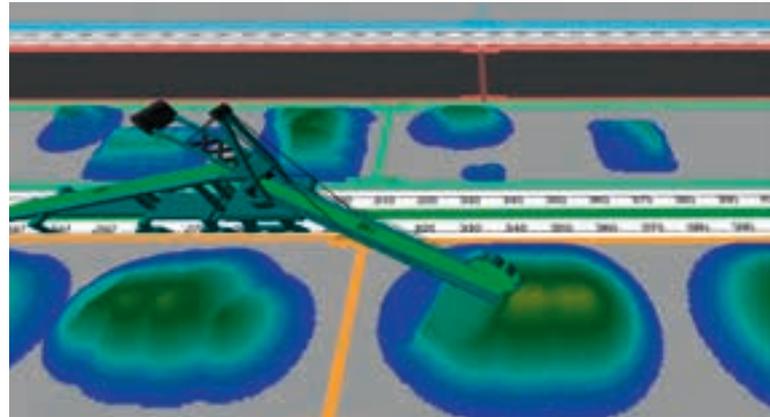
pacto del dispositivo integra funciones de suministro y evaluación, lo que facilita la instalación con un solo cable. Gracias a su tiempo de respuesta sin igual, los principales fabricantes de coches de todo el mundo utilizan el dispositivo para medir el aire de admisión [2] en términos de garantía de calidad, aplicaciones de banco de pruebas e investigación y desarrollo. •



—  
LOGÍSTICA

# Optimización de las operaciones de almacén

Los componentes inteligentes y el software de vanguardia de los almacenes recopilan datos sobre el estado, la salud operativa y la ubicación de máquinas y procesos. Los «gemelos digitales» resultantes (copias virtuales de máquinas, procesos e instalaciones completas) permiten supervisar en línea, planificar, elaborar informes automáticamente y simular depósitos, abriendo así la puerta al funcionamiento totalmente automatizado y autónomo.



01

— 01 Gracias al IIoT, los gemelos digitales tienen acceso a grandes conjuntos de datos.

Los almacenes conectan etapas consecutivas en las cadenas de transporte de materiales en minas, terminales ferroviarias, puertos y plantas →01. Estas instalaciones proporcionan una reserva de materiales entre las diferentes etapas de las cadenas de transporte y logística a escala mundial. También se utilizan para mezclar y combinar diferentes tipos o calidades de materiales para lograr las especificaciones requeridas.

Para poder gestionar estas instalaciones y procesos desde una sala de control central, el operador debe tener una visión general en tiempo real e ininterrumpida de la cantidad de material de determinado tipo y calidad en un punto determinado, ya sea en un silo, en una cinta o en una pila.

Para lograr una visión general con estas características, los sistemas, procesos y servicios físicos de un almacén deben contar con componentes inteligentes y software de supervisión de vanguardia. Estos componentes y software recopilan datos sobre el estado en tiempo real, las condiciones de trabajo y las ubicaciones de las máquinas y los procesos, y combinan los datos resultantes con las versiones virtuales de

las máquinas y sus instalaciones. Esto permite acceder a los datos almacenados en diferentes lugares desde un directorio gemelo digital común, abriendo así la puerta a la optimización en tiempo real, la notificación de trabajos, la reducción del tiempo de inactividad y el uso de simulaciones para planificar el futuro.

Aunque el uso de simulaciones no es nuevo, históricamente estas se han basado en conjuntos de datos relativamente pequeños o supuestos de las condiciones para hacer predicciones. Sin embargo, los gemelos digitales tienen acceso a grandes conjuntos de datos gracias al Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

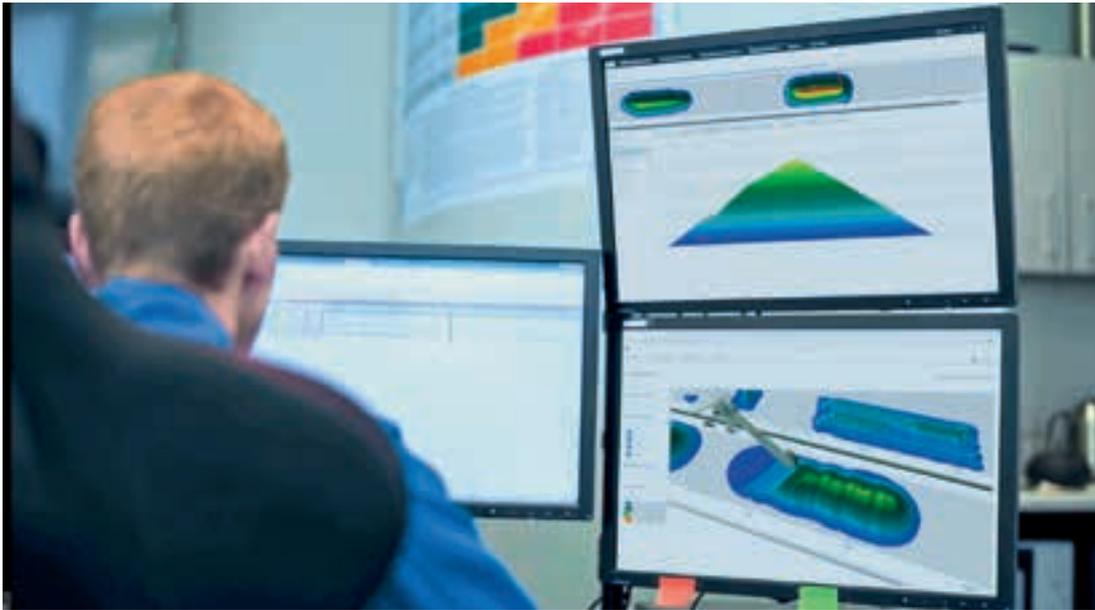
— **ABB Ability™ Stockyard Management System proporciona información en tiempo real sobre los materiales manipulados.**

ABB Ability™ Stockyard Management System (SYMS) proporciona información en tiempo real sobre materiales manipulados, verificación de los datos en tiempo real y soporte de primera categoría para que los operadores mejoren el rendimiento general →02. Se trata de un sistema configurable que puede proporcionar un gemelo digital de toda la cadena de manipulación de materiales de una instalación, incluido el estado de todas las máquinas conectadas y su infraestructura de transporte de materiales.

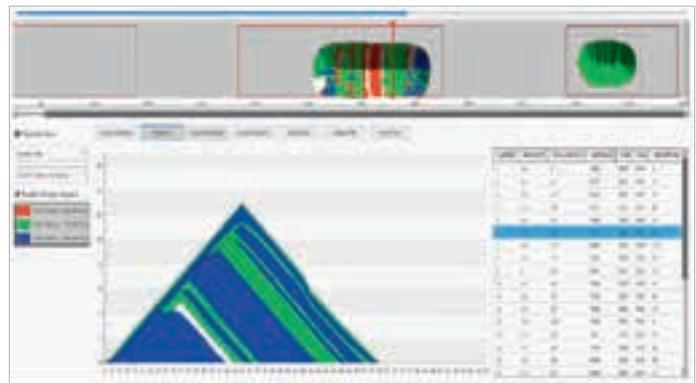


**Andre Herzog**  
ABB Process Industries /  
Digital Material Handling  
in Mining  
Cottbus, Germany

andre.herzog@  
de.abb.com



02



03

SYMS permite modelizar los flujos de distintos materiales en las cintas transportadoras y los equipos de transporte y combinarlos con propiedades de materiales e información de

—  
**Los datos generados por SYMS pueden utilizarse para la optimización operativa, como la mejora de la utilización y la planificación del espacio.**

calidad a través de interfaces de datos automatizadas. Además, todos los datos resultantes pueden utilizarse para la optimización operativa, como la utilización eficiente del espacio de un patio, una mejor planificación y programación, y procesos de mezcla y combinación más precisos. Otras ventajas incluyen una carga y descarga más rápidas, mayor seguridad, mayor precisión y menores costes de energía y mano de obra.

### De la NASA a los gemelos digitales

El concepto de crear una copia idéntica de un objeto real en el mundo virtual existe desde que la NASA aplicó la idea para averiguar cómo rescatar una misión espacial →04. Y gracias al IIoT ahora es rentable implantar un nuevo tipo de puente entre el mundo físico y el digital.

Un gemelo digital es un perfil digital en evolución del comportamiento de un objeto físico o un proceso, en el pasado y en la actualidad, que ayuda a optimizar los resultados empresariales. Los gemelos digitales se basan en mediciones de datos del mundo real, en tiempo real, masivos y acumulados en una serie de dimensiones.

Aplicados a la gestión de operaciones mineras, puertos o plantas siderúrgicas, los gemelos digitales de una cadena de manipulación de materiales proporciona al operador un inventario en tiempo real. El seguimiento de los materiales se realiza evaluando todos los datos de proceso disponibles a partir de los controladores de una instalación o del sistema de control central.

—  
02 SYMS es un sistema configurable que puede utilizarse para digitalizar toda la cadena de manipulación de materiales de una instalación.

—  
03 La función «slice view» de SYMS permite mirar dentro de una pila para comprobar la combinación y la calidad de los materiales.

—  
04 Evolución de la definición de gemelo digital.

Según la velocidad de los transportadores, los materiales se controlan por tonelaje o volumen de los segmentos de material.

Todas las propiedades de los materiales y la información de calidad disponibles pueden asociarse a cada material gracias a interfaces de datos automatizadas. A medida que esto sucede, se crea un modelo calculado de apilamiento basado en los segmentos de cinta supervisados que hace las veces de gemelo digital del almacén en la base de datos. Este gemelo digital proporciona al operador una visión general del

comprobar la combinación y la calidad de los materiales. Si las propiedades del material han cambiado como resultado de un almacenamiento excesivamente largo, aparecerá un aviso.

Conceptos como «just in time» y «just in sequence», que han llevado a la industria automovilística a niveles cada vez mayores de eficiencia, están ahora al alcance de la logística de manipulación de materiales a granel gracias a la continua evolución y al refinamiento del ABB Ability™ Stockyard Management System.

En definitiva, SYMS permite a los usuarios optimizar sus operaciones mediante el seguimiento de los materiales y la predicción de sus flujos. Esto permite planificar la manipulación de los materiales, incluida su mezcla y combinación en cintas.

El sistema genera informes automatizados, lo que permite evaluaciones de turnos y desempeño más sencillas y personalizadas para el cliente. Ofrece una arquitectura de servicio distribuido que permite interfaces parcialmente estandarizadas, funciones de funcionalidad totalmente configurables y personalización del usuario. La gestión de usuarios puede integrarse con la infraestructura existente de la planta, lo que permite la sincronización perfecta de todos los usuarios y sus derechos.

Por último, en caso de que algo no salga como se esperaba, una herramienta estandarizada para la gestión de planes permite a los usuarios recibir planes, comprobar sus detalles, poner planes alternativos en cola y aplicarlos si procede. •

—  
**SYMS genera informes automatizados, lo que permite evaluaciones de turnos y desempeño más sencillas y personalizadas para el cliente.**

—  
**Referencias**

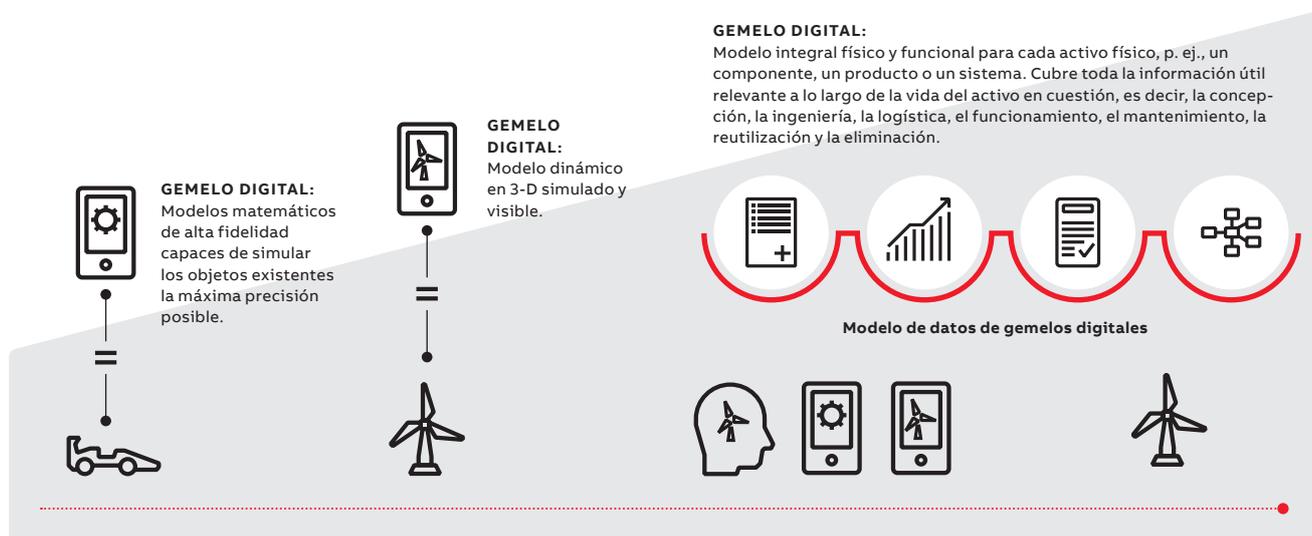
[1] ABB, ABB Ability Stockyard Management System. Disponible en: <https://new.abb.com/mining/mineoptimize/digital-applications/operations/abbability-stockyard-management-system> [Consultado el 9 de junio de 2021].

[2] ABB, Digital twin of material handling chain. Disponible en: <https://new.abb.com/mining/mineoptimize/digital-applications/operations/abbability-stockyard-management-system/digital-twin-of-material-handling-chain> [Consultado el 9 de junio de 2021].

inventario en cualquier momento, sin necesidad de realizar ninguna consulta adicional.

**Seguimiento de materiales y predicción de flujos**

Para cumplir objetivos como el uso optimizado de los almacenes, la planificación, la programación y, en última instancia, una operación totalmente autónoma de las máquinas en los almacenes, SYMS proporciona una visión general del almacén y un intuitivo cliente 3D multifunción. Por ejemplo, la función de «slice view» de SYMS →03 permite mirar dentro de una pila para



## LOGÍSTICA

# Minería: cómo la información está transformando la manipulación de materiales

Si bien la tecnología de simulación no es ninguna novedad, históricamente se ha basado en conjuntos de datos relativamente pequeños a la hora de hacer predicciones. Pero gracias al ABB Ability™ Stockyard Management System (SYMS), que es esencialmente un gemelo digital de una instalación, los operadores tienen acceso a grandes conjuntos de datos que permiten al cliente combinar cada metro cúbico de material procesado con información sobre la calidad y la ubicación del material, así como el consumo de energía en tiempo real. El resultado es una tecnología que ya es un imperativo comercial para las industrias de procesamiento y manipulación de materiales: una gran mejora con respecto a las aplicaciones de software «boutique» de la competencia.

**AR** ¿Cómo complementa ABB Ability™ Stockyard Management System las demás soluciones para clientes de la empresa?

**AH** ABB ha participado en la gestión de almacenes aproximadamente desde el año 2000, cuando desarrolló una solución personalizada para combinar diferentes tipos de carbón. Desde el principio, la idea era tener un sistema de software que fuera un facilitador de la automatización y la electrificación y que complementara nuestra experiencia en la gestión de máquinas enormes, excavadoras y apiladoras/recogedoras.

A lo largo de los años, ABB ha alcanzado un nivel completamente nuevo en esta tecnología gracias a su Stockyard Management System (SYMS). En la actualidad, la empresa ofrece muchas capaci-

—  
**ABB no solo presta servicios al sector minero, sino también a fundiciones de acero, productores de cemento y fertilizantes e incluso a operadores portuarios.**

dades que van mucho más allá de mezclar productos para centrales eléctricas. Su oferta ahora no solo está orientada al sector minero, sino también a fundiciones de acero, productores de cemento, productores de fertilizantes e incluso operadores portuarios. Muchos clientes utilizan SYMS junto con sus sistemas de ejecución de fabricación (MES). Esto hace que ABB esté en condiciones no solo de proporcionar conocimientos sobre automatización, sino también sobre gestión de operaciones e instrumentación.

**AR** ¿Cómo se compara el ABB Ability™ Stockyard Management System con otros sistemas de la competencia en términos de ventajas para el cliente?

**AH** El único argumento de venta de ABB es que, en lugar de considerar una operación en términos de máquinas individuales, ofrece un gemelo digital de toda una operación de almacén, incluso para clientes que tienen varias instalaciones. Nuestra perspectiva se adapta principalmente



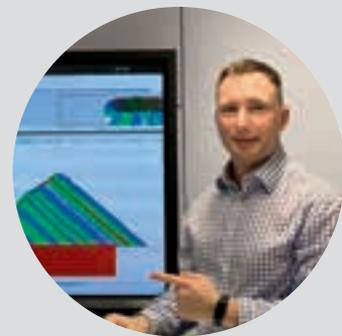
a los clientes que quieren optimizar el uso de su almacén, así como la calidad de sus materiales. También nos dirigimos a clientes que están invirtiendo en almacenes totalmente automatizados y/o operados en remoto.

Estos clientes tienen dos opciones. Pueden recurrir a un software «boutique» que solo supervisa lo que hacen los sistemas automatizados y calcula las cantidades de materias primas

—  
El cliente puede combinar cada metro cúbico con información sobre la calidad de los materiales y el consumo de energía en tiempo real.

en cuestión, o pueden recurrir a ABB y obtener el gemelo digital más preciso y validado de sus instalaciones: un gemelo digital, por cierto, que puede actualizarse hasta el funcionamiento autónomo de la máquina.

SYMS calcula todo por cada metro cúbico utilizando un modelo cuboide y lo conecta con los datos generados por instrumentación



### **Andre Herzog**

BB Process Industries /  
Digital Material  
Handling in Mining  
Cottbus, Alemania

Andre Herzog es licenciado en ingeniería eléctrica. Antes de incorporarse a ABB en 2009, trabajó en GE y KSB en la dirección de proyectos y desarrollo empresarial. En la actualidad, Andre es jefe de producto de Digital Material Handling para ABB y es responsable de aplicaciones digitales que optimizan la manipulación de materiales, principalmente en operaciones de almacenes.

conectada como, por ejemplo, un escáner láser altamente personalizado. Estos dos conjuntos de datos se comparan, dando lugar a un alto nivel de precisión. Es la diferencia entre un sistema de comprobaciones y equilibrios y una estimación confusa. Además, con la solución de ABB, el cliente puede combinar cada metro cúbico con información sobre la calidad de los materiales y el consumo de energía en tiempo real.

- AR** La cuantificación de la demanda de energía que representa cada tonelada o metro cúbico debe implicar el seguimiento de la eficiencia operativa individual y colectiva de muchas máquinas en tiempo real. ¿Es eso lo que hace SYMS?
- AH** El software puede rastrear cuánta energía se necesita para mover los materiales dentro de un almacén. Además, el Performance Analyzer

—

Con cada vez más información histórica, los operadores podrán hacer predicciones que respalden la planificación futura.

de ABB puede evaluar la eficiencia de todas las máquinas de un emplazamiento. Si una máquina empieza a funcionar por debajo de sus especificaciones, se avisa a Mantenimiento. El software está preparado para funcionar de forma autónoma, lo que significa que si el usuario decide operar las máquinas de forma autónoma, no necesita un software nuevo, solo algunos complementos. Esta es una enorme ventaja que estará disponible este año. Los nuevos emplazamientos tendrán la opción de ser totalmente autónomos desde el primer día. Los emplazamientos más antiguos podrán actualizarse hasta un nivel en el que un sistema informático utilice maquinaria en lugar de una persona.

- AR** A medida que se alcanzan niveles crecientes de autonomía en el almacén, ¿pueden los operadores esperar una disminución de los costes de mantenimiento?
- AH** El sistema autónomo de ABB cuida muy bien las máquinas y sus movimientos. Tenga en cuenta que un operador puede estar manejando una

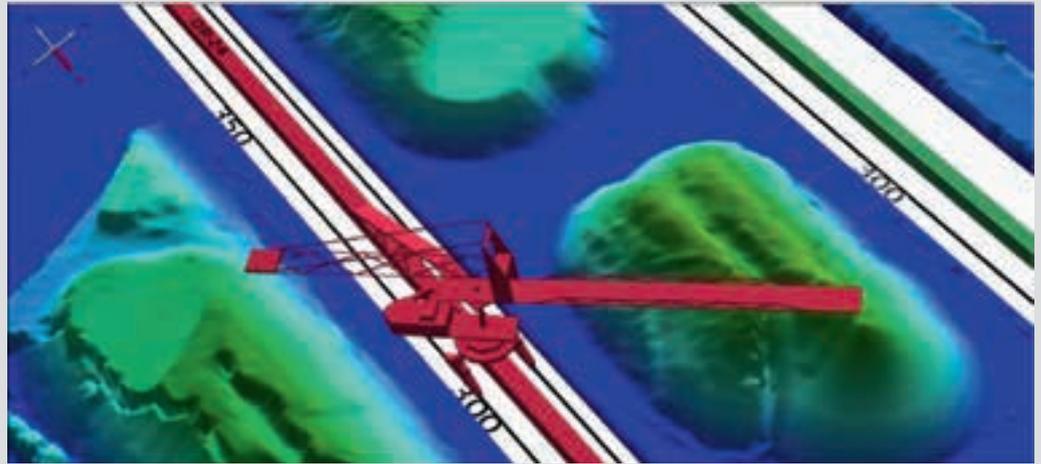
máquina de 20 millones de dólares, así que si él tiene un mal día, la empresa y sus propietarios pueden tener un mal año. SYMS hace que los movimientos de la maquinaria sean mucho más suaves y, en cuanto reconozca un peligro, detendrá toda una secuencia de movimientos.

Además, con ABB Ability™ Performance Optimization, mencionado anteriormente, podemos rastrear y evaluar las operaciones de cada máquina desde una perspectiva histórica. Los datos resultantes permiten a los operadores identificar las máquinas que no funcionan como deberían. Esto le da al almacén una enorme ventaja porque es como tener un médico constantemente rastreando las constantes vitales del paciente. Los KPI se establecen y supervisan en el entorno del Stockyard Management System. Además, a medida que se desarrolle más y más información histórica, los operadores podrán hacer predicciones que respalden la planificación futura desde diferentes perspectivas.

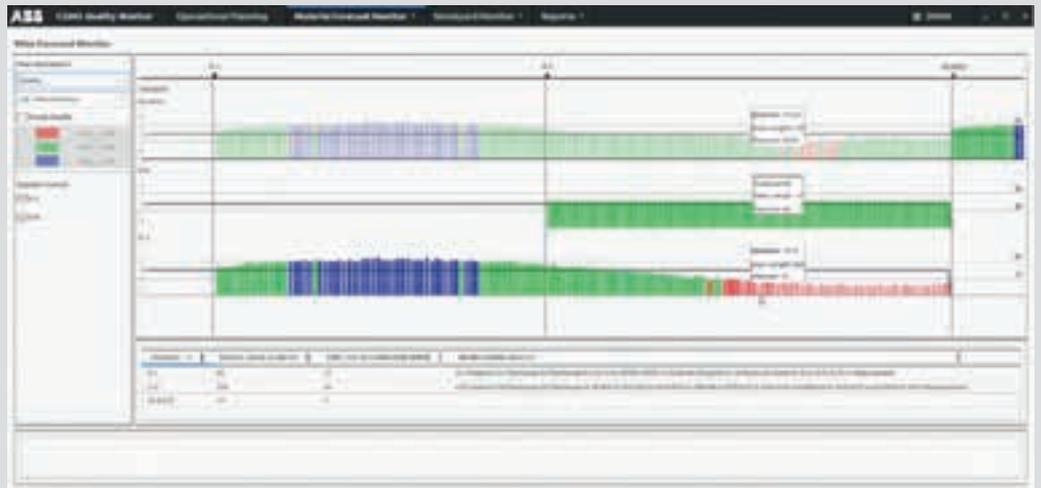
- AR** Hablando de planificación, ¿dónde encaja el «gemelo digital» de ABB?
- AH** El Stockyard Management System de ABB es, en esencia, un gemelo digital de un almacén. Se trata de un perfil digital en evolución del comportamiento histórico y actual de una instalación y sus procesos que se basa en mediciones de datos masivas, acumulativas, en tiempo real y en el mundo real en una variedad de dimensiones, todas ellas diseñadas para optimizar el rendimiento comercial.
- Los datos almacenados en diferentes lugares pueden consultarse desde un directorio del gemelo digital común para realizar una optimización en tiempo real, evitar tiempos de inactividad y planificar de cara al futuro mediante simulaciones. Aunque las simulaciones no son nada nuevo, históricamente han dependido de conjuntos de datos o hipótesis relativamente pequeños a la hora de hacer predicciones. Sin embargo, los gemelos digitales tienen acceso a grandes conjuntos de datos gracias al Internet Industrial de las Cosas (IIoT). Se han convertido en un imperativo comercial en las industrias de procesamiento y manipulación de materiales, incluida la minería y los metales.
- AR** ¿Tiene previsto integrar SYMS con socios upstream o downstream?

—  
01 Perfilado y visualización de pilas en 3D, proceso de apilado.

—  
02 Seguimiento de materiales, indicando la carga de trabajo en tiempo real de tres cintas transportadoras, incluido el grado de calidad. Verde = ok; azul = mejor de lo necesario; rojo = no cumple el requisito.



01



02

—  
Cuando se trata de paneles e informes, todo puede configurarse para satisfacer las necesidades específicas de un cliente.

**AH** Sí. Desarrollamos interfaces en las que, por ejemplo, si hay una empresa ferroviaria que necesita entregar datos, SYMS es capaz de proporcionar una interfaz que conecte esta información con cualquier proveedor. Depende del proyecto, pero podemos recoger esta información e integrarla en la base de datos de SYMS. Hablemos por un momento sobre la experiencia del usuario y la digitalización. ¿Qué hace ABB para simplificar el trabajo del operador?

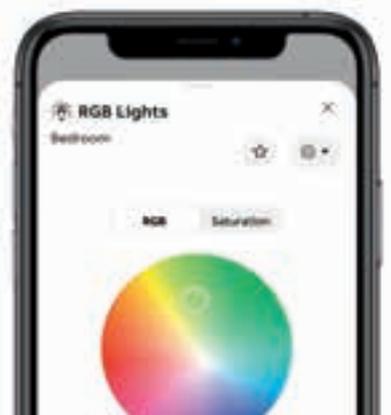
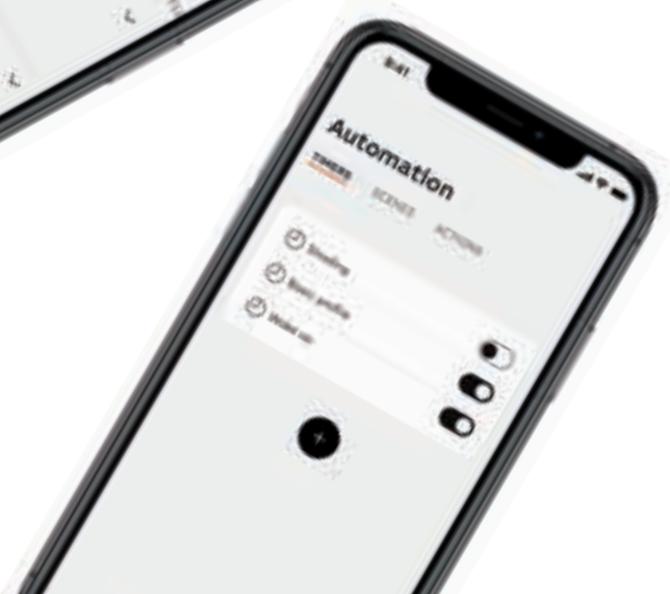
En Asia, por ejemplo, tenemos un cliente que, hasta hace poco, rellenaba casi 2000 páginas de

formularios por cada buque que se descargaba. Ahora, pueden hacer casi todo digitalmente. Hemos tenido un gran impacto en la digitalización de sus rutinas operativas diarias. Cuando se trata de paneles e informes, estamos mejorando todo con vistas a crear una experiencia más intuitiva. Hemos mejorado todo nuestro sistema de informes para los clientes. Todo puede configurarse y personalizarse para satisfacer las necesidades específicas de la organización de un cliente.

**AR** ¿A qué distancia estamos de las operaciones totalmente autónomas en el área de la minería y los metales?

**AH** Tenemos un almacén piloto que probablemente pasará a ser totalmente autónomo a finales de este año. •

# Eficiencia y productividad



El soporte y los controles autónomos están cada vez más integrados en las operaciones diarias industriales y de negocio. ABB combina su profundo conocimiento del dominio con su amplia experiencia en soluciones digitales en rápida evolución para ofrecer una caja de herramientas sofisticada y flexible capaz de ofrecer eficiencia y productividad a sus clientes.

- 60 ABB Ability™: cinco años superando los límites de la tecnología
- 62 Un sistema de domótica orientado hacia la sencillez
- 66 System pro M compact® InSite para una gestión escalable de la energía y los activos





EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD

# ABB Ability™: cinco años superando los límites de la tecnología

En octubre de 2021, ABB celebra un hito clave en su trayectoria de innovación: el quinto aniversario del lanzamiento de ABB Ability™, la cartera insignia de soluciones digitales de la empresa.

El 4 de octubre de 2016, en su Día de los Mercados de Capitales, ABB presentó su cartera de soluciones digitales bajo la marca ABB Ability™. Con una base instalada de más de 70 millones de dispositivos conectados, ABB ya llevaba décadas trabajando con clientes en el ámbito digital. El lanzamiento de ABB Ability, que aunaba todos estos esfuerzos digitales en una única plataforma, fue aclamado como un «salto cualitativo» para la empresa y sus esfuerzos digitales. En física, los saltos cualitativos implican cambios fundamentales de un estado a otro, una analogía adecuada para lo que ha ocurrido dentro de ABB y con sus clientes en términos de creación de valor a través del Internet Industrial de las Cosas (IIoT).

A esto le siguió el lanzamiento comercial de ABB Ability y su gama inicial de soluciones en marzo de 2017 en el ABB Customer World en Houston. En el mismo evento, la empresa anunció también una nueva alianza estratégica con Microsoft para crear un enfoque común en la nube para la cartera, basado en Microsoft Azure. Las soluciones ABB Ability combinan capacidades tecnológicas y capacidades de plataforma como servicio (PaaS) de Microsoft Azure con el conocimiento de dominio único de ABB de entornos industriales y comerciales, para potenciar nuevos conocimientos y aprovechar el valor del IIoT. Conectar las operaciones del dispositivo al borde de la nube significa que los clientes pueden utilizar información a nivel de sistema y mejorar la flexibilidad y sostenibilidad de sus operaciones.

Durante los cinco años siguientes, ABB Ability se ha convertido en un motor de innovación digital dentro de la empresa, a medida que la cartera y sus tecnologías habilitadoras han adquirido importancia. En la actualidad, ABB comercializa más de 200 soluciones digitales ABB Ability en sus cuatro áreas de negocio y en las 21 divisiones que comprenden. El 60 % del gasto de ABB dedicado a I+D y más de 4000 desarrolladores de software están dedicados a soluciones digitales, que en total actualmente representan cerca de la mitad de los nuevos pedidos de ABB.

Con ABB Ability, la empresa ha ampliado su gama de socios digitales para incluir a algunos de los principales actores de TI, como Ericsson, Hewlett Packard Enterprise, Huawei e IBM, dando acceso

a ABB a nuevas funcionalidades y capacidades digitales –5G, centros de datos basados en el borde, análisis en la nube e inteligencia artificial, entre otros– y nuevas vías de innovación para crear información operativa para los miles de clientes que utilizan las soluciones ABB Ability™ en todo el mundo.

Detrás de la cartera hay un conjunto de tecnologías facilitadoras comunes que dan soporte a los desarrolladores de ABB, que incluyen

—  
Ha sido un gran viaje y nos esperan muchas más innovaciones pioneras.

interfaces comunes de programación de aplicaciones (API), contenedores y estándares universales de ciberseguridad, una caja de herramientas integrada que impulsa la sinergia y una rentabilidad más rápida para los clientes. Una arquitectura abierta y modular que evita el «bloqueo» y prioriza la flexibilidad del modelo de consumo permite a los clientes y a sus proveedores de TI conectar las aplicaciones de forma segura con las soluciones ABB Ability™ y crear capacidades personalizadas que se adaptan a las necesidades únicas de los procesos empresariales de una organización. Los paneles y las tecnologías aumentadas permiten a los clientes de ABB conocer y actuar en base a grandes cantidades de telemetría gracias a la tecnología operativa y a los datos almacenados en los sistemas de la empresa.

Ha sido un gran viaje y nos esperan muchas más innovaciones pioneras. En la edición 1/2022 de la Revista ABB repasaremos algunas de las soluciones ABB Ability más interesantes y cómo las despliegan los clientes en el mundo real para tomar mejores decisiones en sus empresas y lograr mayor agilidad, resiliencia y eficiencia energética. ABB Review también presentará una nueva e importante investigación sobre el estado de la toma de decisiones industriales. El número 2/2022 estará dedicado a ABB Ability, y algunos de los nuevos avances que la empresa está consiguiendo. •



**James Macaulay**  
ABB Corporate  
Communications  
Vancouver

james.macaulay@  
ca.abb.com

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD

# Un sistema de domótica orientado hacia la sencillez

La demanda de sistemas de domótica está creciendo a pasos agigantados. Sin embargo, a medida que estos sistemas incorporan capacidades, también se vuelven cada vez más complejos. Con el objetivo de proporcionar la interfaz de usuario más sencilla y fácil de gestionar, ABB ha introducido un sistema de domótica que ya ha ganado el premio internacional Red Dot Design Award por su diseño de la interfaz de usuario.



**Alexander Grams**  
ABB Aesthetical and UX Design, Smart Buildings, Electrification  
Lüdenscheid, Alemania

alexander.grams@de.abb.com



**Til Martensmeier**  
ABB UX/UI Design, Smart Buildings, Electrification  
Lüdenscheid, Alemania

til.martensmeier@de.abb.com



— 01 Detrás del desarrollo de la función mejorada de experiencia de usuario de ABB hay una propuesta directa: utilizar la simplicidad para ocultar la complejidad.

Desde casas de lujo hasta «especiales para manitas», la gente está construyendo y mejorando sus casas con sistemas de domótica. De hecho, se prevé que el mercado mundial de la domótica crezca de 40 800 millones de dólares en 2020 a 63 200 millones en 2025 [1]. Estos sistemas no solo ofrecen comodidad, sino que además ahorran energía y mejoran la seguridad. Además, dependiendo del sistema, también pueden reducir los costes del seguro y mejorar las comunicaciones. Por otra parte, impulsada por la creciente urbanización y el aumento de la riqueza, la tendencia de la domótica se está extendiendo a muchos países en desarrollo.

Pero a medida que proliferan estos sistemas, los consumidores demandan interfaces que sean

sencillas y evidentes →01. En vista de ello, ABB ha presentado recientemente su última oferta de domótica, la aplicación ABB-free@home® Next →02, diseñada para controlar el sistema ABB-free@home® de una forma rápida e intuitiva.

Esta aplicación es el primer producto que se lanza bajo las nuevas directrices de ABB sobre experiencia del usuario (UX) para el diseño digital de experiencias de marca. Las directrices, que aprovechan las entrevistas y los comentarios de los usuarios, definen en términos generales las características de la experiencia de marca, como la presentación de información, la arquitectura y la navegación. Detrás del desarrollo de la función de experiencia de usuario mejorada hay una propuesta directa: Utilizar la sencillez para ocultar la complejidad. Las directrices están diseñadas para transmitir a los usuarios un sentimiento de empoderamiento y control. Estos objetivos están respaldados por un conjunto estandarizado de componentes de software y pictogramas que se utilizan de manera consistente y repetitiva en toda la aplicación con vistas a crear un entorno de usuario predecible y fácil de entender.

En el diseño de la interfaz ABB-free@home, los diseñadores se enfrentaron a un reto único: Aunque el aspecto del producto debía ajustarse a los fundamentos de la experiencia de marca digital de ABB, en términos de diseño e implemen-

— Se prevé que el mercado mundial de la domótica crezca de 40 800 millones de dólares en 2020 a 63 200 millones en 2025.

tación también debía ajustarse a los requisitos establecidos por Busch-Jaeger, bajo cuya marca se vende la oferta de domótica de ABB en Alemania, Austria y los Países Bajos. En todos los demás países, la oferta lleva la marca ABB.

La aplicación móvil ABB-free@home permite a los usuarios controlar la domótica y los accesorios como electrodomésticos, persianas, luces, color de iluminación, música, calefacción, aire acondicionado y calendario. La aplicación utiliza el software MyBuildings de ABB para conectarse



a Internet, lo que permite a los usuarios comprobar y gestionar cómodamente sus hogares desde cualquier lugar con solo hacer clic en «estado de casa». La experiencia del usuario se mejora con una funcionalidad compatible con todos los principales dispositivos de control por voz.

Además, al comprobar el «estado», los usuarios pueden ver exactamente cuántas luces están

Hasta la fecha, se han instalado más de cinco millones de componentes de ABB-free@home en hogares de todo el mundo.

encendidas, cuántas persianas están subidas, si las ventanas están abiertas y si se ha activado el sistema de alarma. Los dispositivos pueden activarse o desactivarse con solo pulsar un icono. Un icono de tiempo proporciona información de la estación meteorológica free@home de ABB, y un icono «Next switching times» muestra funciones que están a punto de encenderse o apagarse automáticamente. Todos estos eventos pueden suspenderse o reprogramarse mediante un control deslizante.

La navegación por la aplicación es intuitiva. Los usuarios pueden configurar la aplicación ellos mismos, lo que facilita la clasificación y organización de dispositivos, como persianas, luces y música, por habitaciones, así como el acceso a los mensajes de estado y las próximas acciones del sistema. Todos los dispositivos se ordenan en función de su clase, como luces, persianas, etc. Los dispositivos también se muestran según las ubicaciones en las que estén instalados.

Lanzada en mayo de 2020, desde entonces, la aplicación ha recibido un premio Red Dot [2,3], una nominación al premio de diseño UX, una mención especial al premio de diseño alemán para 2021 y, gracias a su excelente interfaz de usuario, ha quedado finalista en el premio de diseño IF 2021.

Los Red Dot Design Awards reconocen logros extraordinarios en el diseño de productos y comunicaciones. Este año, el panel de expertos internacionales de diseño del jurado de Red Dot hizo especial hincapié en diseños revolucionarios, destacando el trabajo de diseño que mejor demostraba una interactividad progresiva.

Hasta la fecha, se han instalado más de cinco millones de componentes ABB-free@home® en hogares de todo el mundo, transformando así los hogares convencionales en edificios inteligentes integrados con el Internet de las cosas. •



reddot winner 2020



—  
02 La nueva aplicación de ABB ha recibido el premio Red Dot, que reconoce logros extraordinarios en diseño de productos y comunicaciones.

—  
**Referencias**

[1] MarketsandMarkets, "Home Automation System Market worth \$63.2 billion by 2025." Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/home-automation-control-systems.asp>. [Consultado el 1 de julio de 2021].

[2] Red Dot. Disponible en: <https://www.red-dot.org/>. [Consultado el 1 de julio de 2021].

[3] ABB, "ABB's smart home app wins Red Dot Design Award." Disponible en: <https://new.abb.com/news/detail/65893/abbs-smart-home-app-wins-red-dot-design-award>. [Consultado el 1 de julio de 2021].



---

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD

# System pro M compact<sup>®</sup> InSite para una gestión escalable de la energía y los activos

Al permitir a los clientes adaptar el uso de recursos a los objetivos de sostenibilidad, el sistema totalmente integrado de ABB para la subdistribución de energía eléctrica hace posible la interacción digital sin fisuras, la recopilación de información y el control seguro en cualquier momento y en cualquier lugar.



—  
01 La solución System pro M compact® InSite es escalable, flexible y transparente y ofrece ventajas para edificios públicos y comerciales, desde pequeños comercios hasta rascacielos, tal y como se describe aquí.

—  
**Paweł Ludowski,**  
**Grzegorz Moliński**  
**Jerzy Wasacz**

ABB Electrification/  
Smart Buildings  
Cracovia, Polonia

pawel.ludowski@  
pl.abb.com  
grzegorz.molinski@  
pl.abb.com  
jerzy.wasacz@pl.abb.com

**Luciano Di Maio,**  
**Sebastiano Paganini,**  
**Gabriele Bressan,**  
ABB Electrification/  
Smart Buildings  
Vittuone, Italia

luciano.di\_maio@  
it.abb.com  
sebastiano.paganini@  
it.abb.com  
gabriele.bressan@  
it.abb.com

La digitalización está cambiando el mundo de la distribución de energía, haciéndolo más seguro, más inteligente y más sostenible. Ahora que recoger y analizar datos es pan comido, las soluciones basadas en la conectividad pueden incrementar el conocimiento de recursos y los comportamientos de los procesos. Optimizar la gestión de activos a través del control y la supervisión de operaciones y costes puede dar lugar a un uso más consciente de los recursos y la eficiencia energética. La gama de soluciones de gestión energética y de activos para la subdistribución System pro M compact® InSite de ABB lo consigue siendo inteligente y escalable, energéticamente eficiente y permitiendo la continuidad del funcionamiento.

Escalable, flexible, transparente y conforme con las normas energéticas, este sistema ciberseguro recopila datos de dispositivos, por ejemplo, contadores de potencia y energía; los analiza y

—  
**Optimizar la gestión de activos a través del control y la supervisión de operaciones y costes conduce a la eficiencia energética.**

los pone a disposición de innumerables maneras; y, por último, permite un análisis de optimización y un control automatizado sobre el terreno. Los edificios públicos, comerciales o industriales de cualquier tamaño pueden conectarse fácilmente a la nube →01; el servidor web InSite y las instalaciones existentes pueden renovarse rápidamente sin sustituir componentes existentes. El tiempo de instalación y configuración se reduce drásticamente, minimizando así el tiempo de inactividad y los costes.



## SYSTEM PRO M COMPACT® INSITE

System pro M compact® InSite ofrece capacidades de gestión de la energía para edificios de cualquier tamaño. Las instalaciones existentes en edificios comerciales pequeños, como tiendas, hoteles, oficinas y restaurantes, pueden actualizarse fácilmente con un montaje plug and play. Al proporcionar una transparencia total de todo el sistema de distribución de energía y del consumo de suministros, como el gas y el agua, se mejora la gestión de la energía y los costes operativos pueden reducirse considerablemente.

Además, esta solución permite gestionar de forma más eficiente grandes edificios comerciales, como torres de oficinas, edificios comerciales de uso mixto, aeropuertos, centros comerciales, hospitales u hoteles grandes. La submedición y la distribución de costes energéticos entre los diferentes ocupantes (por ejemplo, tiendas individuales en un centro comercial) pueden supervisarse para optimizar el uso energético o los procesos de mantenimiento mediante el servidor web local o la plataforma en la nube que gestiona el emplazamiento en general.

Los edificios industriales y las aplicaciones eléctricas críticas, como hospitales y centros de datos, tienen asegurados la continuidad del servicio y el mantenimiento predictivo, especialmente cuando es importante reducir o evitar interrupciones imprevistas y costes asociados. La solución System pro M compact® InSite puede integrarse sin problemas en los sistemas de supervisión en uso en la instalación, como el control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) o los sistemas de gestión del edificio (BMS).

Gracias al diagnóstico y a las notificaciones en tiempo real, se garantiza la total transparencia del rendimiento del sistema. Además, la conformidad con la normativa de eficiencia energética y el control del consumo de las instalaciones se traducen en un ahorro energético de hasta el 20 %, una ventaja para aquellos clientes que aspiran a los máximos objetivos de sostenibilidad.

**System pro M compact® InSite**

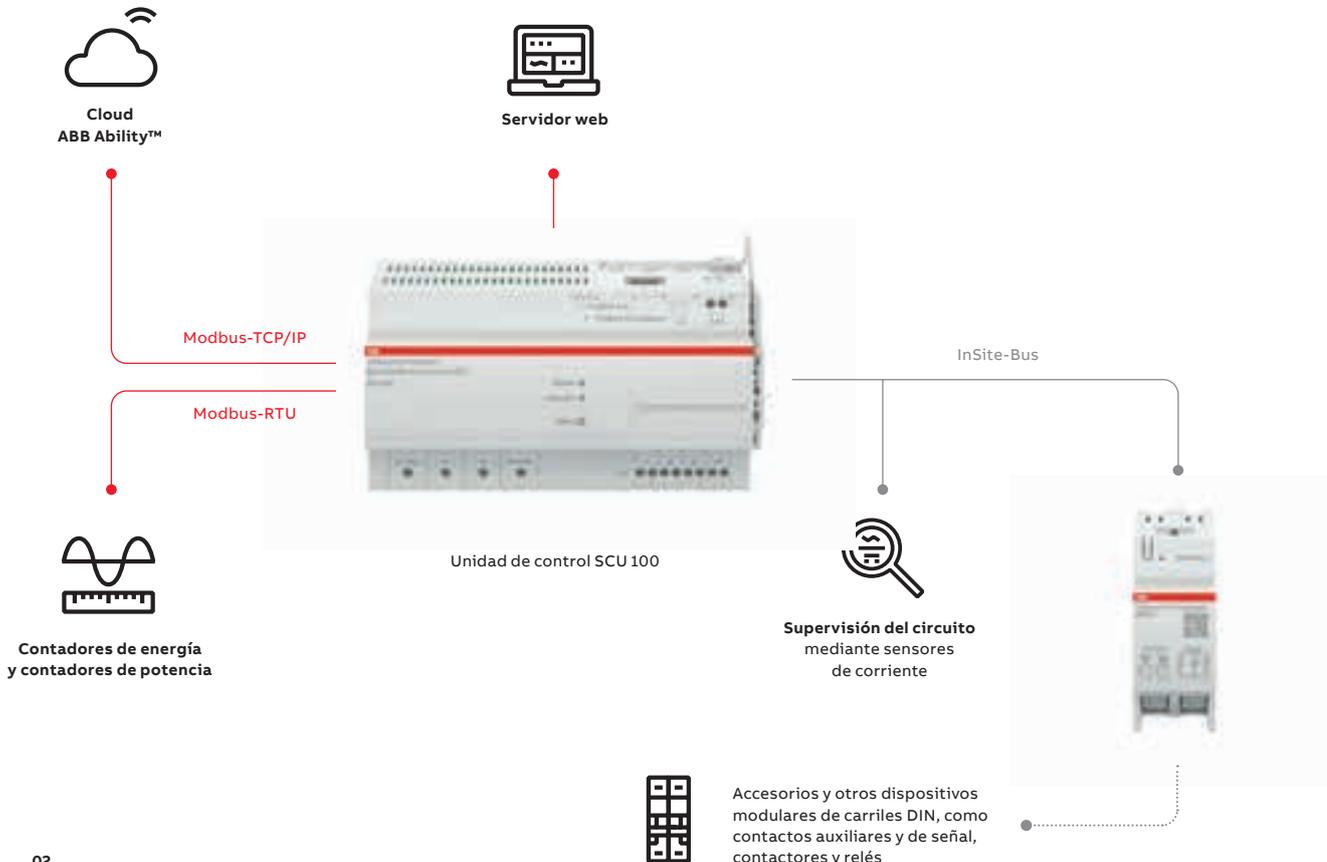
Con una gama de dispositivos conectados que respaldan la gestión energética y de activos en la distribución eléctrica →02, System pro M compact® InSite puede instalarse como solución independiente o integrarse en cualquier infraestructura de TI, como la plataforma ABB Ability™ basada en la nube; lo que facilita el cumplimiento de la normativa sobre eficiencia energética.

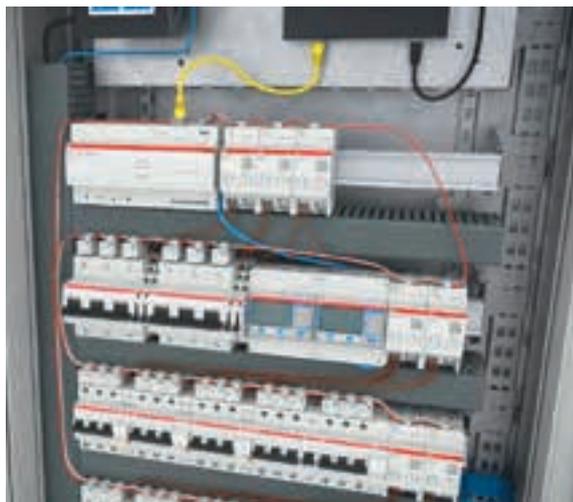
La unidad de control SCU100 del sistema es clave →03; mejora el conocimiento de la distribución del consumo de energía eléctrica al permitir una mejor gestión energética y de activos en cuadros

de subdistribución: pueden recopilarse datos de hasta 16 contadores de energía y potencia, el sistema puede conectarse a hasta 96 sensores de corriente para medir derivaciones, la SCU100 puede controlar todo el sistema de distribución de energía con módulos digitales de entrada y salida (E/S): la interfaz entre el equipo primario DIN-rail, las protecciones y la unidad de control SCU100 →02, y conectarse fácilmente a acceso-

—  
 La arquitectura de software modular permite una comunicación eficaz entre procesos, así como más rendimiento y fiabilidad.

rios clásicos (MCB y RCD) y otros productos DIN-rail. El módulo de entrada puede configurarse para leer contadores de impulso →02.





03

— 02 Se muestra un esquema de la arquitectura de System pro M compact® InSite.

— 03 Se detalla un ejemplo de instalación del sistema que incluye: la unidad de control, los módulos digitales de E/S, sensores de corriente y cables planos.

— 04 La unidad de control SCU100 (mostrada) es fundamental para la supervisión y el control; gracias a ella los clientes pueden implementar estrategias energéticas y alcanzar objetivos.

Los datos recogidos por la SCU100 pueden mostrarse en cualquier ordenador personal o dispositivo móvil gracias a una interfaz gráfica de usuario (GUI) intuitiva que permite la puesta en servicio, la supervisión y el control; lo que facilita la reducción del consumo de energía y la identificación de posibles riesgos. Los usuarios pueden personalizar alertas y configurar acciones automáticas para optimizar la gestión energética y de activos.

#### La supervisión y el control son sencillos gracias a la unidad de control SCU100

El cerebro de la gama System pro M compact® InSite, la unidad de control SCU100 →04, se basa en el hardware probado de la unidad de control CMS-700 con cuatro puertos para bus/contadores InSite y una mayor frecuencia de CPU. Las nuevas características del sistema con funciones

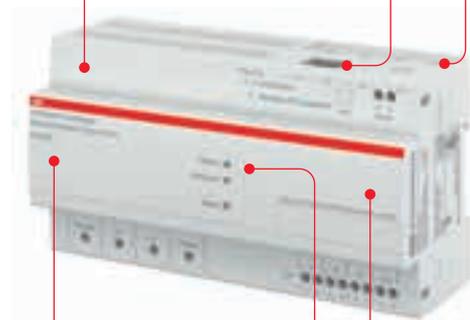
La unidad de control SCU100 del sistema es clave: trabaja para mejorar el conocimiento de la distribución del consumo de energía eléctrica.

mejoradas hacen intuitiva la supervisión exhaustiva del sistema de distribución eléctrica. Además, la SCU100 incluye soporte para los módulos digitales de E/S InSite PRO-M y una completa interfaz de datos preconfigurada para toda la familia de contadores de energía de ABB (series A, B y C) y contadores de potencia (series M4M, M2M, M1M, IM300, DTDME) mediante un sencillo protocolo de comunicación Modbus RTU.

Modbus TCP/IP y RTU para comunicarse con el sistema de supervisión, permitiendo la disponibilidad remota de los datos recogidos

Cuarto puerto para Modbus RTU para permitir la conexión de contadores

Punto de acceso único en el panel de distribución secundario, agregador de datos y colector desde dispositivos de campo



Actualización del firmware para comunicarse con:

- Accesorios clásicos conectados mediante módulos de E/S
- Sensores, contadores de energía y potencia en Modbus RTU
- Sensores de corriente

Alimentación interna para permitir la comunicación y el correcto funcionamiento de sensores y módulos de E/S

LED para detectar visualmente la instalación y el funcionamiento correctos/incorrectos

04

La arquitectura modular del software permite una comunicación eficaz entre procesos, así como más rendimiento y fiabilidad. Así, la incorporación de paquetes de software no afecta a los módulos preexistentes de un dispositivo, lo que mejora la eficiencia del proceso de actualización y se traduce en menos tiempo de inactividad porque solo los componentes nuevos y actualizados se distribuyen con una imagen actualizada; el resto permanece sin cambios.

El sistema operativo, basado en el kernel de Linux, se construyó utilizando Yocto Project: un proyecto de colaboración de código abierto que permite la creación de sistemas personalizados basados en Linux independientemente de la arquitectura de hardware. Aquí, la construcción del sistema operativo, el software InSite y los componentes adicionales de código abierto se unifican mediante recetas que describen la configuración, compilación e implementación de cada componente. Un código Python interno prepara las recetas y genera imágenes de salida. El software creado realiza un seguimiento de las versiones de los componentes de software; incorporando a la imagen del cliente solo los nuevos o actualizados en comparación con la versión de referencia soportada.

ABB se basó en el enfoque de experiencia de usuario y análisis heurístico de la usabilidad para diseñar la interfaz WUI del software [1] →05. Al aplicar reglas, definidas por Jakob Nielsen, para determinar la usabilidad de la interfaz, identificar problemas y posibles soluciones, ABB garantizó una experiencia de usuario excelente.

Los defectos pueden detectarse de forma temprana y la calidad del proceso de desarrollo de software y la estabilidad del producto pueden mejorarse continuamente porque las fases de creación y prueba de software están totalmente automatizadas en una plataforma dedicada según la práctica de integración continua. La plataforma se controla utilizando contenedores de Docker para crear, desplegar y probar el software. Los artefactos de software se validan mediante pruebas automatizadas escritas en Python y framework py.test. Además, las características del sistema (mediciones, protocolos de comunicación y comportamiento de WUI) se prueban de forma iterativa, lo que garantiza una regresión completa en cada etapa intermedia de liberación del SW hasta el despliegue del producto final. Esto permite un tiempo de comercialización rápido y cubrir demandas cambiantes.

#### Más inteligente con módulos de entrada/salida

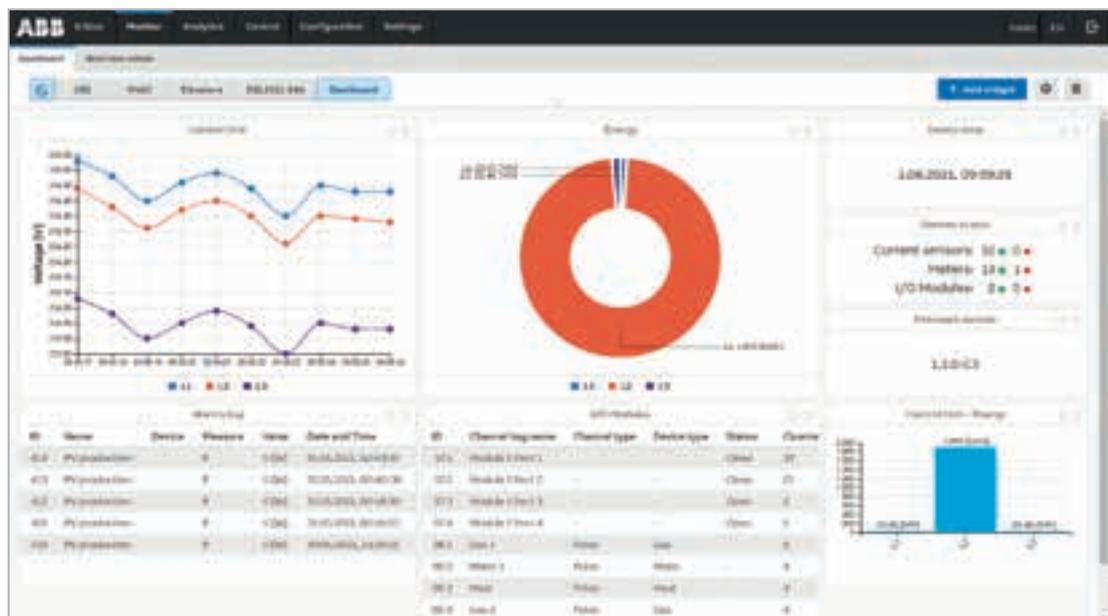
Además de los sensores de corriente CMS, ABB ha introducido nuevos periféricos para la gestión de señales digitales de entrada/salida (E/S) y salidas pulsadas para contadores de caudales, calor o energía. Esto amplía las capacidades del sistema para adquirir más información con vistas al control total de los armarios de subdistribución y distribución final y el consumo energético

de los suministros conectados. SCU100 presenta cuatro puertos para conectar hasta 24 IO digitales, con cuatro canales cada uno. Los módulos

Ahora puede obtenerse más información para un control exhaustivo gracias a las nuevas características del sistema.

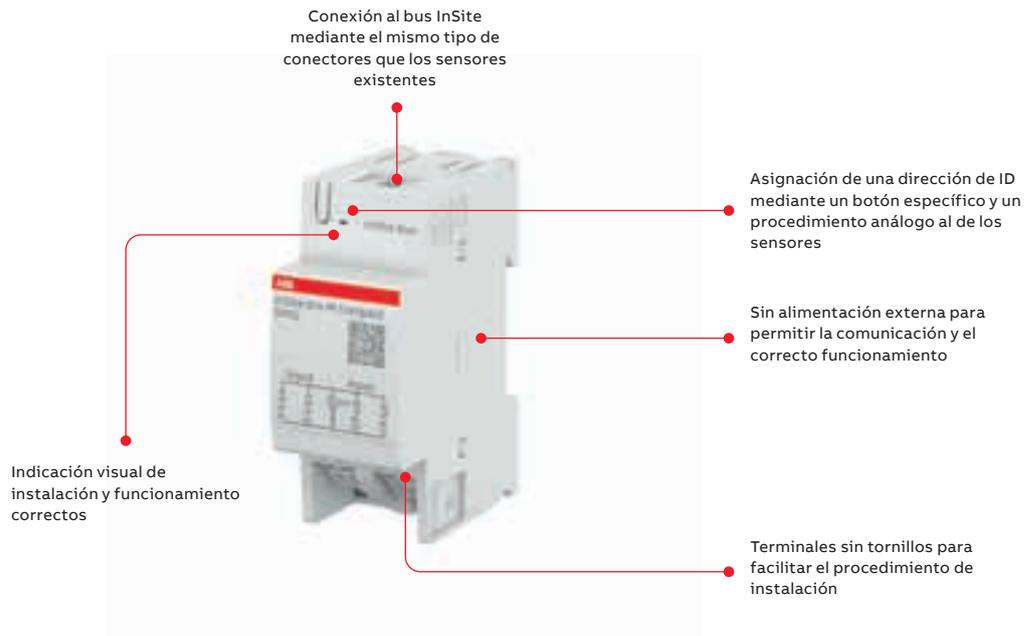
digitales E/S están disponibles en tres variantes: cuatro entradas, cuatro salidas y dos entradas/dos salidas.

La arquitectura de los módulos de E/S, basada en el microcontrolador M cortex ARM rentable y de bajo consumo, permite un funcionamiento rápido y fiable →06. Los canales de entrada pueden configurarse de dos modos: entrada digital o entrada de impulso. Las entradas activas proporcionan 5 mA de corriente a 24 V para funcionar con salidas de tipo relé sin necesidad de alimentación externa adicional. Cada entrada está aislada galvánicamente del bus de comunicación. Los canales de salida pueden programarse para controlar dispositivos, por ejemplo, dispositivos a motor (gammas de productos de ABB S2C-CM, F2C-CM y DS2C-CM) o dispositivos de disparo en derivación para los que el módulo de 2E/2S encaja perfectamente. En función del contacto seco, las salidas requieren una alimentación externa para alimentar el accesorio conectado (24 V CC hasta 230 V CA).



—  
05 Se muestra un ejemplo de la pantalla WUI de la unidad de control SCU-100. Los clientes se benefician enormemente de su usabilidad.

—  
06 La conectividad y la compatibilidad garantizan un funcionamiento rápido y fiable con módulos de E/S.



06

Para garantizar un funcionamiento suave con otras fuentes de alimentación, cada canal está aislado galvánicamente del bus de comunicación y otros canales.

#### Más seguro con ciberseguridad

El sistema System pro M compact® InSite se sometió a un proceso de evaluación de la ciberseguridad exhaustivo y riguroso: una revisión externa de la superficie de ataque y posibles vectores que podrían vulnerarse mediante un acceso no autorizado de usuarios. El Cyber Defense Evaluation Center (CDEC) y el Device Security Assurance Center (DSAC) de ABB realizaron pruebas completas de ciberseguridad del sistema.

Las pruebas confirmaron la solidez y resiliencia de las funciones de ciberseguridad de la SCU-100: paquetes invadiendo diferentes capas, modelo OSI (Open Systems Interconnection) – ataques de denegación de servicio (DoS) y vulnerabilidades conocidas de protocolos de comunicación compatibles.

Además, los protocolos Ethernet, ARP, ICMP, IP, TCP y UDP se han sometido a pruebas de resistencia para evaluar posibles vulnerabilidades ocultas en las pilas de software.

Y, dado que la unidad de control SCU-100 admite protocolos HTTPS y SNMPv3 cifrados, la comunicación segura está asegurada. Equipado con un firewall interno basado en un filtro de paquetes de red nftables, el sistema solo permite tráfico de entrada y salida en los puertos configurados, con los protocolos de comunicación habilitados,

o tráfico perteneciente a las conexiones iniciadas por la unidad de control, por ejemplo, cuando se conecta al servidor de Network Time Protocol (NTP) para actualizar la hora del sistema. Además, como las reglas incluyen definiciones de limitador de velocidad, el dispositivo está protegido contra ataques DoS. Es importante destacar que todos los paquetes no válidos se eliminan antes de que lleguen al servicio objetivo y provoquen un mal funcionamiento.

La WUI de la SCU-100 admite autenticación y autorización para tres tipos de funciones de acceso. Las técnicas de hardening, como los intentos de inicio de sesión fallidos o el aumento de la demora entre intentos, disuaden a los posibles hackers del acceso no autorizado mediante ataques de fuerza bruta en la aplicación web. Se asegura una mayor protección; solo puede

—  
Las exhaustivas pruebas realizadas por el CDEC y el DSAC de ABB garantizan que el sistema es ciberseguro.

actualizarse el software a través de una cuenta de administrador protegida con contraseña. La imagen del cliente se entrega con firma incluida, que se verifica en el dispositivo durante el proceso de actualización. Esto garantiza que no pueda instalarse ninguna imagen mal formada, alterada o infectada por virus.



**Punto de acceso al sistema**

**Unidad central y módulos digitales de E/S**  
System pro M compact® InSite recoge datos de dispositivos como contadores de energía y electricidad, analizadores de red y dispositivos de protección que están equipados con sensores de corriente y la integración de módulos de entrada y salida digitales adicionales.

**Cuadro de distribución secundario**  
El sistema pro E® energy incluye láminas de acero montadas en la pared y en el suelo que ofrecen grados de protección contra el polvo y el agua hasta IP43 e IP55, así como un accesorio interior común y barras de bus.

La gama es sencilla en la planificación, rápida en el montaje y segura en la aplicación. Permite a los usuarios crear paneles de distribución de hasta 800 A.

Con nuestra plataforma digital, ABB Connect Partner Hub System pro E® puede configurar la energía más rápido y con toda la información relevante a mano.

—  
07 Cuadro de subdistribución System pro M compact® InSite.

### Flexibilidad de integración con sistemas de terceros en la nube

Desde la versión 1.1.0 del software, la SCU100 admite la interfaz API REST y se ofrecen conexiones seguras VPN mejoradas. Ahora pueden conectarse varias unidades de control a través de VPN a un único punto de acceso con un servidor VPN en el lado del cliente. Un túnel privado virtual seguro puede transportar la información entre las unidades de control y un servidor situado en diferentes ubicaciones.

La aplicación gateway API REST de InSite Pro M está diseñada para facilitar la integración del sistema con la nube del cliente, incluido el acceso seguro a las unidades de control sobre el terreno mediante el despliegue de esta aplicación en la plataforma en la nube del cliente (disponible bajo solicitud como imagen de contenedor de Docker). La gateway gestiona la recuperación de datos desde las unidades de control mediante consultas preprogramadas RESTful y presenta los resultados en formato JSON.

Esta técnica de integración se ha probado con éxito con socios de ABB y se ha desplegado en aplicaciones de submedición para recopilar datos de plantas fotovoltaicas y comunidades de consumidores, agregando y almacenando datos en blockchains de terceros.

### Más integración con ABB Ability™ Energy and Asset Manager

El sistema InSite pro M está ahora integrado en el nuevo SaaS ABB Ability™ Energy and Asset Manager →07. La conexión es posible con la nueva gateway IoT E-Hub 2.0 o la gateway ABB Ability™ Edge Industrial y la herramienta de puesta en servicio Ekip Connect o la herramienta de aprovisionamiento en la nube Ability™ Energy and Asset Manager. La visualización de los datos de InSite en la plataforma de computación en la nube Energy and Asset Manager es posible mediante widgets dedicados que muestran los datos de medición recopilados del sistema InSite Pro M. La solución en la nube es adecuada para plantas pequeñas y medianas, centros comerciales o de datos, lo que permite que los clientes ahorren hasta

un 30 % en sus facturas de energía y hasta un 40 % en costes de mantenimiento [2].

### Lanzamiento del producto y oportunidades de mercado

Lanzada a escala mundial en 2020, la gama System pro M compact® InSite impulsa la oferta de gestión energética y de activos de ABB hacia una cartera más digital enfocada a la subdistribución y distribución final de energía eléctrica. Al introducir un sistema totalmente integrado capaz de una interacción digital per-

System pro M compact® InSite de ABB permite la gestión energética y de activos en toda la subdistribución de energía eléctrica.

fecta, la recopilación de información y el control seguro de todos los principales componentes eléctricos típicos de la distribución eléctrica, ABB es líder en adaptar el uso de recursos con los objetivos de sostenibilidad.

Con cada vez más éxito y más reconocimiento en el mercado, el sistema se ha implantado en varias aplicaciones y configuraciones innovadoras, tales como: soluciones Blockchain en unidades de comunicaciones de viviendas residenciales para gestionar la medición y facturación de la electricidad autoproducida a partir de plantas solares; centros de datos, en varias configuraciones, para controlar el rendimiento eléctrico y proporcionar mayor seguridad; y en empresas de telecomunicaciones, para controlar y analizar el consumo eléctrico.

La gama System pro M compact® InSite de ABB ofrece a los clientes escalabilidad, flexibilidad y transparencia, así como un medio ciberseguro para la gestión energética y de activos conforme con la normativa para toda la subdistribución de energía eléctrica, hoy y en el futuro, ayudándoles así a una hacer un uso más consciente de los recursos y lograr la eficiencia energética. •

#### Referencias

[1] J. Nielson, "10 Usability Heuristics for User Interface Design", in NN/G Nielson Norman Group, April 24, 1994, [Online] Disponible en: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

[2] ABB, "ABB offers innovative integrated energy and asset management as Software-as-a-Service", ABB Press release, Oct. 19, 2020, [Online] Disponible en: <https://new.abb.com/news/detail/68793/abb-offers-innovative-integrated-energy-and-assetmanagement-as-software-as-a-service/>



ETERNOS PIONEROS

# Propulsión Azipod®: más de 20 millones de horas de potencia bajo las olas

En 1991 tuvo lugar una (silenciosa) revolución marina. ABB introdujo en el mundo del transporte marítimo la tecnología Azipod®, un sistema de propulsión sin engranajes para buques.



**Michelle Kiener**  
ABB Review  
Zurich, Suiza

michelle.kiener@  
ch.abb.com

Conocida como propulsión tipo pod porque el sistema está basado en un motor eléctrico, el motor más sencillo del mundo, que está alojado en un pod fuera del casco del buque, el sistema no requiere oxígeno para funcionar y genera cero gases de escape. Mientras haya electricidad, el motor puede colocarse prácticamente en cualquier lugar del buque o, en el caso de la unidad de propulsión Azipod®, ni siquiera a bordo del buque, sino debajo de él →01.

Desde la primera instalación en crucero hace 25 años, las unidades Azipod® han ahorrado aproximadamente 1 000 000 toneladas de combustible solo en el segmento de cruceros, y han registrado más de 20 millones de horas de funcionamiento a una impresionante tasa de disponibilidad del 99,9 %.

## Navegando a través del hielo

Un buque de apoyo de los canales navegables helados de Finlandia se convirtió en el primer buque equipado con propulsión Azipod® en 1991. Las primeras pruebas demostraron una notable capacidad para navegar a través del hielo con propulsión Azipod®, y las imágenes de un gran buque cisterna equipado con propulsión Azipod® «persiguiendo su propia cola» en aguas libres impresionaron al mundo marítimo y sirvieron de inspiración para el paso a los cruceros, así como a muchos otros tipos de embarcaciones.

—  
01 Unidad de propulsión Azipod® de ABB instalada debajo el rompehielos Polaris.





02

Hoy en día, la propulsión Azipod® permite a los buques navegar de forma segura por hielo de hasta 2,1 metros de espesor 02. Para romper el hielo en condiciones particularmente difíciles, los buques propulsados por Azipod® navegan con la popa hacia delante. Las hélices muelen la parte submarina de la capa de hielo para abrir un paso; el flujo de agua generado por la hélice recubre el casco, lo que permite que el buque avance con facilidad.

A mediados de la década de los 90, el Carnival Elation de Carnival Cruise Line se convirtió en el primer crucero equipado con propulsión Azipod®. El sistema confirió al buque una maniobrabilidad sin precedentes, recortando el radio de giro del Elation a la mitad, al tiempo que ofrecía a los pasajeros al trayecto más silencioso de sus vidas.

En 1997 llegó una orden de Royal Caribbean International, con tres unidades Azipod® instaladas en el crucero más grande de su época: el Voyager of the Seas. Le siguieron otras grandes líneas de cruceros, que optaron por la propulsión Azipod® por sus altos niveles de rendimiento y fiabilidad. El espacio que se ahorra al situar el motor fuera del casco del buque permite un diseño más flexible y libera espacio para camarotes, carga u otras prestaciones →03.

Además de ahorrar espacio a bordo, la propulsión Azipod® también ayuda a reducir el ruido y las vibraciones a bordo de los buques, algo crucial para el confort de los pasajeros y la tripulación. Los pasajeros notan la diferencia especialmente en las operaciones en áreas confinadas y durante

las maniobras en puerto. Esta mejora de la comodidad se debe a varios factores, como la ausencia de engranajes generadores de ruido, y a que el motor en el pod está situado completamente fuera del casco del buque.

El sistema Azipod® puede girar 360 grados, lo que aumenta la maniobrabilidad y permite hasta a los buques más grandes atracar en puertos con radios de giro limitados.

---

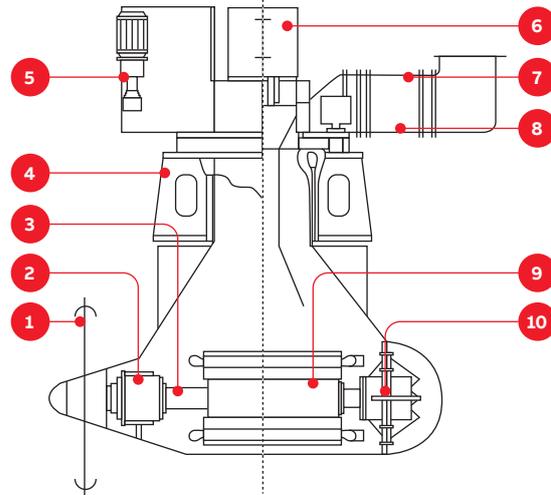
La propulsión Azipod® mejora la eficiencia operativa, aumenta el rendimiento hidrodinámico y reduce el consumo de combustible.

Fundamentalmente, la propulsión Azipod® también mejora la eficiencia operativa, potenciando el rendimiento hidrodinámico del buque y reduciendo el consumo de combustible hasta en un 20 % en comparación con la configuración tradicional de línea de ejes.

Debido a las características antes mencionadas, la propulsión Azipod® se ha ganado a pulso su posición líder en el mercado de cruceros de reciente construcción, impulsando algunos de los buques más grandes en el agua, incluido el mayor crucero del mundo, Symphony of the Seas, que está equipado con tres unidades Azipod® de 20 MW.

—  
02 La propulsión Azipod® permite a los buques navegar de forma segura por hielo de hasta 2,1 metros de espesor.

—  
03 Principales componentes de una unidad de propulsión Azipod®.



#### PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA UNIDAD AZIPOD®

- 1 Hélice de paso fijo
- 2 Cojinete, juntas del eje
- 3 Línea de ejes
- 4 Bloque de instalación
- 5 Unidad de dirección hidráulica
- 6 Unidad de deslizamiento (transmisión de potencia/datos)
- 7 Unidad de ventilación
- 8 Refrigeración por aire
- 9 Motor eléctrico
- 10 Cojinete

#### IMAGINE AZIPOD®

Para hacerse una idea de la inmensa robustez de la propulsión Azipod®, recordemos que fue concebida para cortar capas de hielo de más de dos metros de espesor. Para entender la discreción del sistema, no olvidemos que su misión era transportar seres humanos, el más precioso de todos los cargamentos.

El sistema de propulsión tipo pod se basa en un motor de CA (de una o dos bobinas), el motor más sencillo del mundo, que no requiere oxígeno para funcionar y genera cero gases de escape. La potencia y el empuje proceden de un motor de imán permanente accionado por el probado convertidor refrigerado por agua de ABB. También incluye tecnología de control directo del par (DTC) de ABB, que permite un control preciso tanto de la velocidad del motor como del par sin realimentación del codificador de impulsos del eje del motor.

Mientras haya electricidad, el motor puede colocarse prácticamente en cualquier lugar del buque o, en el caso de la unidad de propulsión Azipod®, ni siquiera a bordo del buque, sino debajo de él. Esto, a su vez, permite conectar la hélice directamente al motor, en lugar de a través de las líneas del eje o de

las cadenas de tracción mecánicas. El motor está controlado por un convertidor de frecuencia que genera el par nominal completo en cualquier dirección y en toda la gama de velocidades, incluido el punto muerto. También puede utilizarse un exceso de par, por ejemplo, para navegar por el hielo.

Juntas, estas prestaciones permiten que el motor y la hélice giren 360 grados, tirando del buque en cualquier dirección, proporcionando la revolucionaria maniobrabilidad que ha hecho de la propulsión Azipod® una leyenda en la industria marítima. La potencia eléctrica minimiza también el ruido y las vibraciones del motor y garantiza una marcha más suave y silenciosa. Además, la propulsión silenciosa del motor eléctrico del sistema cumple las normas internacionales de ruido radiado bajo el agua.

La seguridad de los buques con propulsión Azipod® también es mayor: a diferencia de los buques con sistema de línea de ejes convencional, estos buques pueden maniobrarse durante todo el período de «parada por impacto» y necesitan un 50 % menos de tiempo para detenerse por completo.

En 2001 se lanzó el Compact Azipod®: una versión desarrollada especialmente para plataformas y otros buques, como los ferris. Su gama de potencias de 1 a 5 MW satisface la creciente demanda del mercado de una mejor maniobrabilidad y economía operativa.

#### Ideal para ferris

En 2020, ABB suministró un sistema de propulsión Azipod® para el nuevo ferri Viking Glory de la Viking Line →04. Refiriéndose a este buque, Jan Hanses, presidente y director ejecutivo de Viking Line, dijo que las expectativas de Viking Line eran que fuera el ferri de cruceros más eficiente del Báltico, si no del mundo.

La decisión de Viking Line de optar por el sistema Azipod® se produjo después de que ABB equipara un modelo virtual del Viking Glory con propulsión Azipod® e invitara al capitán a realizar el recorrido en un simulador, comparándolo con un ferri con propulsión convencional. El capitán consiguió consistentemente un ahorro de tiempo de 30 minutos gracias a la mayor maniobrabilidad en puerto. Esto le permitió reducir la velocidad en aguas libres, lo que redujo el consumo de combustible.

En 2020, incorporamos a la cartera la propulsión Azipod® de media potencia. Con una potencia de entre 7,5 y 14,5 MW, la propulsión Azipod® de media potencia está diseñada para ofrecer ventajas operativas a los propietarios y operadores de ferris, buques de construcción offshore más

Hasta el 95 % por ciento del material utilizado en la producción de las unidades Azipod® es reciclable.

grandes, cruceros de tamaño medio y buques lanzadera. El sistema está diseñado para una baja altura a bordo, lo que permite colocar las unidades Azipod® bajo la cubierta de coches de los ferris de vehículos y pasajeros, de modo que no se ocupa espacio en la cubierta y no se obstaculiza el movimiento de los vehículos.

En la actualidad, más de 25 tipos de buques confían en la tecnología Azipod®, desde cruceros y buques de pasajeros hasta buques de carga, rompehielos y superyates.

#### De la fábrica al astillero

Las unidades Azipod® se producen en tres fábricas: las de Helsinki y Hamina, en Finlandia,



04

se encargan de las unidades de propulsión y dirección para los modelos más grandes, respectivamente →05, mientras que las unidades compactas se fabrican en las instalaciones de Shanghai, China, que cumplen 10 años de funcionamiento en 2021.

Todas las fábricas destacan como modelos de limpieza y seguridad. Durante la producción, las unidades gigantes se transportan entre las estaciones de trabajo en plataformas móviles con cámaras de aire. Con las torres de las grandes unidades sobresaliendo, las cápsulas parecen submarinos ingravidos deslizándose silenciosamente por la planta.

Las unidades Azipod® llegan al astillero completamente montadas y listas para su instalación, a falta de conectarlas al casco del buque. Si bien la construcción de grandes buques de pasajeros puede llevar más de dos años, el sistema de propulsión Azipod® puede montarse mecánicamente en cuestión de días. La rápida instalación de las unidades hace que los astilleros normalmente instalen el sistema Azipod® apenas una o dos semanas antes del lanzamiento del buque.

#### A prueba de futuro

Hasta el 95 % del material utilizado en la producción de las unidades Azipod® es reciclable, fiel ejemplo de la perspectiva de ciclo de vida sosten-



05

nible que guía el desarrollo y la aplicación de esta impresionante tecnología.

Un reciente estudio independiente reveló que la propulsión Azipod® para ferris podría ahorrar casi dos millones de dólares en costes anuales de combustible por buque [1]. El menor consumo de combustible también se traduce en una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de

04 Unidad de propulsión Azipod® instalada en el ferri Viking Glory.

05 Fábrica de unidades de propulsión Azipod® en Helsinki, Finlandia.

aproximadamente 10 000 toneladas por buque y año, lo que equivale a la cantidad de CO<sub>2</sub> que emiten unos 2200 turismos al año.

La propulsión Azipod® se debe al trabajo de innovadores creyentes en la búsqueda de una solución nueva y mejor para propulsar buques. Las capacidades del sistema a prueba de futuro permiten a los propietarios invertir hoy para anticiparse a las soluciones eléctricas del mañana. El sistema Azipod® puede alimentarse con electricidad generada a partir de cualquier fuente de energía, incluidas las baterías y pilas de combustible, e incluso está diseñado para adaptarse a fuentes de energía aún por descubrir.

Las unidades de propulsión Azipod® pueden instalarse en un buque existente para sustituir al sistema de línea de ejes tradicional.

La propulsión Azipod® no solo es adecuada para buques nuevos, sino que también puede montarse en buques existentes para sustituir al sistema de línea de ejes tradicional. Esto prolonga la vida útil de los buques existentes, al tiempo que aumenta su eficiencia, y permite que los recursos existentes se utilicen con mayor eficacia y durante más tiempo.

Disponibles en la gama de potencias de 1 a 22 megavatios, la propulsión Azipod® ha cumplido 30 años de servicio en el sector naval, ahorrando combustible y reduciendo las emisiones al tiempo que deleita tanto a capitanes como a pasajeros con su rendimiento suave, preciso y potente. Con la capacidad incorporada de afrontar nuevos desafíos a medida que el transporte marítimo mira hacia un futuro sostenible, las próximas décadas de la propulsión Azipod® prometen ser igual de gratificantes. Feliz cumpleaños, propulsión Azipod®. •

#### Referencias

[1] Deltamarin Ltd., Report for Project 7107: Marine Study on

Azipod M® – Comparison of Azipod and diesel-mechanical

shaftline propulsion systems, 5 June 2018.



DESMITIFICACIÓN DE TÉRMINOS TÉCNICOS

# Transporte marítimo autónomo

A medida que el sector naviero se prepara para un futuro de buques inteligentes y cada vez más automatizados, ABB Review analiza qué significa y qué no significa el transporte marítimo autónomo.



**Capt. Eero Lehtovaara**  
Head of Regulatory Affairs  
ABB Marine & Ports  
Helsinki, Finlandia

eero.lehtovaara@fi.abb.com

Se espera que las soluciones autónomas transformen el transporte marítimo internacional en las próximas décadas, consiguiendo operaciones diarias más seguras, eficientes y productivas para las tripulaciones, independientemente de dónde se encuentren. Pero, ¿qué significa realmente el término «transporte autónomo»?

## **Autónomo, pero no sin tripulación**

Quizá el aspecto más importante sea que, en un futuro próximo, los buques que naveguen solos seguirán siendo un espejismo más que una realidad: un buque autónomo no significa un buque sin tripulación.

La navegación autónoma está llamada a revolucionar la industria marítima no por sustituir a los seres humanos a bordo de las embarcaciones, sino por aumentar sus capacidades cognitivas para incrementar el potencial de los operadores de los buques.

A modo de ejemplo, se considera que el oficial de guardia es el que se enfrenta a los problemas, siendo responsable de garantizar la navegación segura del buque mientras vigila desde el puente. Este oficial no solo debe lidiar con turnos de trabajo y ratos de cansancio y aburrimiento, sino también con fenómenos

en el puente durante los cuales la visibilidad puede verse afectada por oscuridad, niebla o mal tiempo. En estos casos, los sistemas autónomos que complementan el radar del buque, que incluyen cámaras y sensores, podrían mejorar significativamente el conocimiento de la situación, facilitando el trabajo, reduciendo el estrés y la tensión y mejorando la seguridad.

## **Las tecnologías ya existen, ahora se necesita normativa**

A día de hoy ya hay disponibles tecnologías para la navegación autónoma para casi cualquier tipo de buque. Por ejemplo, ABB Ability™ Marine Pilot Control, un sistema inteligente de maniobra y control de nueva generación, está diseñado para optimizar la capacidad de respuesta, la eficiencia y la seguridad del buque a lo largo de todo el perfil operativo. El sistema permite el despliegue de un control con joystick para maniobrar en todo momento, incluso durante el atraque. Simplifica la maniobra del buque reduciendo la carga de trabajo al automatizar ciertas tareas de navegación y permite a los oficiales de puente concentrarse en el control general y la posición del buque.

Lo que sigue faltando, sin embargo, es un marco normativo tanto a nivel internacional, a través de la Organización

Marítima Internacional (OMI), como para las aplicaciones locales, por parte de las autoridades regionales. ABB está colaborando estrechamente con organizaciones clave del sector y responsables políticos para promover la definición de estos marcos normativos.

## Un buque autónomo no significa un buque sin tripulación.

Es fundamental que en el sector se llegue a un acuerdo sobre las definiciones y que se establezca un marco normativo sólido que respalde el ritmo del desarrollo tecnológico.

### Hacia un transporte marítimo autónomo, pero paso a paso

La creación de un transporte marítimo autónomo implica empezar con algo sencillo e ir subiendo en la escala paso a paso, para verificar que cada capa tecnológica funciona antes de abordar el siguiente nivel. Como se indica en el libro blanco B0 de ABB, un puente no vigilado, bajo determinadas condiciones y de manera periódica, permitiría a la tripulación gestionar sus horas de trabajo de otra manera en aguas libres.

Podrían ahorrarse aburrimiento y cansancio, y al mismo tiempo podrían atender otras tareas prácticas, mientras que los sistemas autónomos mantienen el rumbo del buque y detectan peligros potenciales.

Si existiera una normativa adecuada, los sistemas autónomos tripulados podrían utilizarse en operaciones tanto costeras como en aguas profundas. Mientras tanto, los remolcadores y buques de servicio podrían funcionar con asistencia remota desde el puerto, igual que el control del tráfico aéreo. Además los buques totalmente autónomos podrían realizar desplazamientos de carga de corto recorrido o cruces de ferris entre dos puntos fijos.

### El panorama del futuro

La próxima generación de buques será eléctrica, digital y conectada, a medida que la industria avanza hacia nuevas fuentes de energía y operaciones navales cada vez más autónomas. Con el tiempo, las tareas a bordo cambiarán, pero la tripulación y el capitán seguirán teniendo funciones cruciales y trabajarán mano a mano con la tecnología. Los buques a prueba de futuro se construirán sobre la base de la digitalización y transformarán eficazmente la industria con operaciones verdaderamente colaborativas y automatizadas. •

### SUSCRIPCIÓN

#### Cómo suscribirse

Si desea suscribirse, póngase en contacto con el representante de ABB más cercano o suscríbese en línea en [www.abb.com/abbreview](http://www.abb.com/abbreview) ABB Review se publica cuatro veces al año en inglés, francés, alemán, español y chino. 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 <http://www.abb.com/abbreview> y no vuelva a perderse ningún número.



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

**Bernhard Eschermann**  
Chief technology officer, ABB Process Automation

**Amina Hamidi**  
Chief technology officer, ABB Electrification

**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)

**Editor**  
ABB Review es una publicación del ABB Group.

ABB Ltd.  
ABB Review  
Affolternstrasse 44  
CH- 8050 Zürich  
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 Ltd.  
Zürich, Suiza

**Impresor**  
Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
6850 Dornbirn/Austria

#### Diseño

Publik. Agentur für Kommunikation GmbH  
Ludwigshafen/Alemania

#### Ilustraciones

Indicia Worldwide  
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/abbreview](http://abb.com/abbreview)





**01|2021**

## Impulsados por el conocimiento



**02|2021**

## Máquinas con inteligencia

### Lo más destacado en innovación 2021

- 08 Breve descripción 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 industrias digitales
- 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 MP3C para dispositivos eléctricos
- 74 Robots en el montaje de automóviles

### Desmitificación de términos técnicos

- 78 Análisis con «golden batch»

### Máquinas con inteligencia

- 08 El Programa Lighthouse digital
- 14 Detección autónoma de anomalías
- 18 Máquinas y robots
- 22 Solución integral
- 24 Inteligencia artificial explicable
- 31 Análisis con «golden batch»
- 36 Humanizar la tecnología

### Sensores y análisis

- 40 De los sensores al conocimiento profundo
- 46 Servicios digitales para analizadores de gases

### Energía para la acción

- 52 Pruebas dieléctricas por ordenador
- 58 Carga de VE
- 62 El interruptor digital Tmax XT
- 68 ReliaGear® neXT y ReliaGear® SB
- 72 Seccionador de potencia tipo puffer
- 78 Sensores de Rogowski

### Desmitificación de términos técnicos

- 82 Materiales inteligentes



## 03|2021

### Activos y conectividad

#### Activos digitales

- 08 ABB Ability™ Genix
- 14 Entrega más rápida de herramientas digitales
- 20 El gemelo digital
- 26 Gemelo digital del producto
- 32 Mantenimiento predictivo híbrido

#### Productividad

- 42 Motores síncronos de reluctancia IE5
- 46 Una nueva clase de compañero de trabajo
- 52 Acerías

#### Conectividad

- 60 Ethernet-APL con OPC UA
- 68 Nuevo interruptor
- 74 Un futuro más limpio para buques y puertos

#### Desmitificación de términos técnicos

- 78 Simulación multicuerpo



## 04|2021

### Logística

#### Premio de investigación

- 06 Premio Hubertus von Grünberg

#### Logística

- 10 ACOPOS 6D
- 16 ACS880 con función antipéndulo
- 26 Widget mySpareParts
- 32 Pistas de auditoría del operador
- 38 Electrificación de minas
- 44 Control de las emisiones marinas
- 48 Investigaciones sobre la pila de combustible de hidrógeno
- 50 Optimización de las operaciones de almacén
- 54 Sistema de gestión de almacenes

#### Eficiencia y productividad

- 60 ABB Ability™
- 62 Sistema de domótica
- 66 System pro M compact® InSite

#### Eternos pioneros

- 74 Propulsión Azipod®

#### Desmitificación de términos técnicos

- 80 Transporte marítimo autónomo

---

Próximo número 01/2022

## **Inspirados por la tecnología**

**¿Cuál será el tema principal de la innovación en los próximos años? ¿La eficiencia energética? ¿La reducción de residuos? ¿Qué tecnologías de almacenamiento de energía tendrán el mayor impacto? ¿Las baterías, el hidrógeno, o algo totalmente distinto? ¿Cómo se convertirá, se conectará y se transformará la energía? El próximo número de ABB Review, el número anual sobre innovación, explorará algunas de las respuestas más recientes de ABB a estas preguntas.**