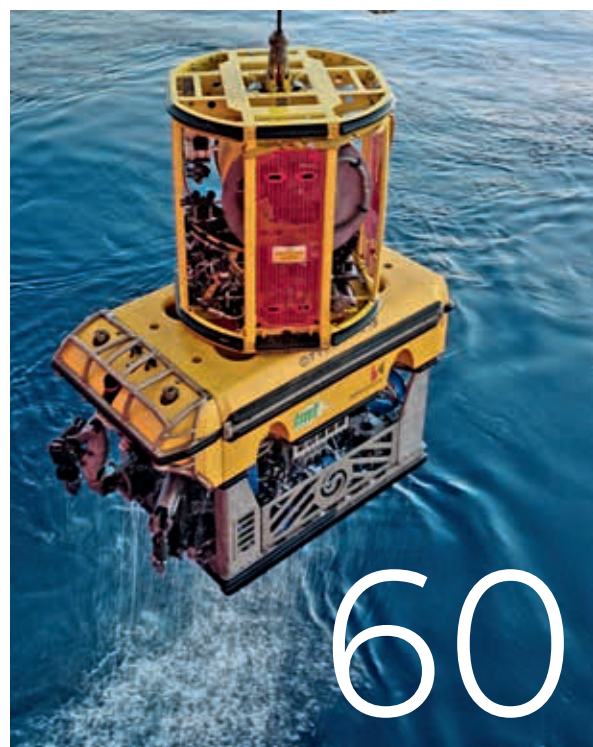


# review

África

02|2017 es



- 
- 06–27 África
  - 28–43 Diseñado para la seguridad
  - 44–57 Análisis digital
  - 58–71 Energía



18

Electrificación de una línea ferroviaria remota

Electricidad fiable a 3000 m de profundidad



60



66

Alternativa al SF<sub>6</sub> respetuosa con el medio ambiente





**Microrred híbrida  
para el CICR**

**Modelización del  
aislamiento en  
subestaciones de AT**




---

## 05 Editorial

---

## África

- 08 Energía para África
- 13 Microrred híbrida para el CICR
- 16 Transformadores de tensión de servicio
- 18 Electrificación de una línea ferroviaria remota
- 23 Un modelo para mejorar la planificación de la electrificación

---

## Diseñado para la seguridad

- 30 Factor humano y seguridad de la planta
- 35 Espacio de trabajo adaptado para los operarios
- 38 Modelización del aislamiento en subestaciones de AT

---

## Análisis digital

- 46 Sistema de control de la distribución
- 53 Seguridad física de los transformadores

---

## Energía

- 60 Electricidad fiable a 3000 m de profundidad
- 66 Alternativa al SF<sub>6</sub> respetuosa con el medio ambiente

- 
- 71 Consejo editorial

---

**África es el segundo continente más poblado del mundo. Según las previsiones, crecerá casi dos veces más rápido que el resto y alcanzará una población de 4400 millones en 2100. En la actualidad, 500 millones de personas viven sin electricidad. Los costes de energía y transporte están entre los más altos del mundo. ABB está allí, colaborando con sus clientes para innovar e impulsar una nueva era de desarrollo industrial y éxito económico. Este número de ABB Review recoge algunas de nuestras últimas noticias e ideas.**

**Agradecemos sus comentarios.  
[abb.com/abbrevreview](http://abb.com/abbrevreview)**

EDITORIAL

# Energía para África



Estimado lector:

África presenta enormes oportunidades y retos formidables. Solo la mitad de la población del continente tiene acceso a la electricidad. Y solo un tercio en el África subsahariana. Siendo la electricidad esencial para casi todas las actividades comerciales, resolver este problema puede liberar un enorme potencial humano y económico. Para proporcionar acceso a la electricidad hay que conocer los equipos y tecnologías necesarios y los requisitos y el potencial de las localidades a las que se presta servicio. En este número de ABB Review, dos colaboradores analizan métodos y herramientas para la planificación geográfica del suministro eléctrico, incluida la selección de la mejor forma de suministro, desde la generación autónoma hasta la conexión a la red, pasando por las microrredes. Aunque algunas de las tecnologías aquí presentadas pueden ser exclusivas para África, otras también son aplicables a otros lugares. Reflejan la capacidad de ABB para sacar partido de su rica experiencia en la creación de soluciones innovadoras en todo el mundo. Que disfrute de la lectura.

Bazmi Husain  
Director de Tecnología



# África





08

Los proyectos que ABB lleva a cabo en África son muy diversos. Los problemas empiezan con la financiación y las características únicas de la infraestructura y la geografía y continúan con las necesidades de servicio, asistencia y expansión posterior. Pero esos proyectos crean oportunidades para mejorar la productividad industrial y económica y, en definitiva, las condiciones de vida. La presión para obtener buenos resultados es, por tanto, enorme, y por eso ABB colabora con sus clientes y socios para aportar su experiencia a cada proyecto.

- 08 Entrevista a un invitado: Energía para África
- 13 Una microrred híbrida para el CICR
- 16 Transformadores de tensión de servicio en estaciones para aplicaciones de baja potencia
- 18 Innovación en las conexiones de Etiopía con el resto del mundo
- 23 Artículo de colaborador: Un modelo para mejorar la planificación de la electrificación



18

## ENTREVISTA

# Energía para África



## Mark Howells

El profesor Mark Howells ocupa la presidencia de Análisis de sistemas de energía del Real Instituto de Tecnología de Suecia. También es profesor adjunto honorario de la Universidad de Tecnología de Sidney y editor jefe de Energy Strategy Reviews. Entre sus temas de investigación se incluyen el desarrollo y la aplicación de modelos cuantitativos para ayudar a los gobiernos a responder preguntas difíciles sobre política e inversión →1. En esta entrevista, el profesor Howells analiza algunos de los retos que plantean la electrificación y el desarrollo en África.

Si desea formular alguna pregunta a ABB, contacte con Alexandre Oudalov, [alexandre.oudalov@ch.abb.com](mailto:alexandre.oudalov@ch.abb.com)

**AR** **ABB Review (AR):** Tratar de consolidar la sostenibilidad en el contexto de una demanda de energía creciente es un problema para el mundo entero. ¿Cuáles son las particularidades de esta situación en África?

**MH** **Mark Howells (MH):** La sostenibilidad económica es un problema clave. Las empresas necesitan tener la certeza de obtener beneficios. Esto es difícil en el contexto de instituciones con recursos insuficientes, políticas poco acertadas y capacidad de planificación limitada. Pero se están adoptando muchas medidas importantes para abordar esta situación. También hay numerosas iniciativas privadas e informales que están sacando partido del avasallador crecimiento del continente.

**AR** La energía sostenible suele desarrollarse principalmente en lugares donde los organismos públicos ofrecen incentivos para apoyarla. ¿Es lo que está ocurriendo en África?

**MH** Sí, los gobiernos nacionales, el Banco Africano de Desarrollo, la NEPAD, la Unión Africana (UA) y otros organismos han acometido iniciativas importantes. Ejemplo de ello es la Agenda de la UA para 2063, un marco estratégico para la transformación socioeconómica del continente durante los próximos 50 años. Se basa en agilizar la ejecución de iniciativas continentales de crecimiento y desarrollo sostenible pasadas y presentes. Pero la ejecución y la dotación de recursos prácticos para el desarrollo de los mercados, las finanzas y las políticas es difícil para los gobiernos.



**01 Los modelos de desarrollo apoyan la electrificación.**

01a Reparto tecnológico óptimo para la electrificación según OnSSET (arriba). Coste promedio de la electricidad obtenida con la tecnología seleccionada (abajo).

01b Resultados OSeMOSYS para la combinación de generación óptima para la red nacional de Kenia (2012–2030).

**LOS MODELOS DE DESARROLLO APOYAN LA ELECTRIFICACIÓN**

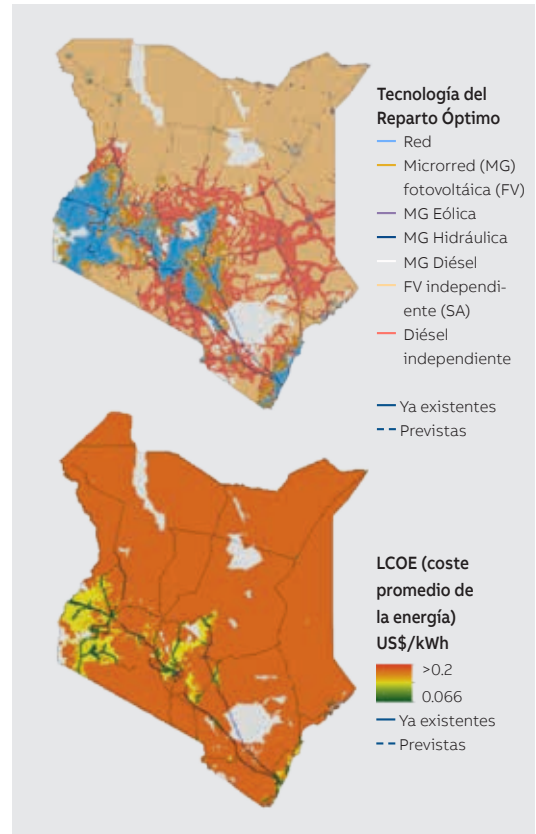
Las decisiones deben basarse en el conocimiento, en particular cuando se trata de inversiones complejas y caras, como el desarrollo y la expansión de la red eléctrica. La construcción de infraestructuras nuevas en áreas que carecían de ellas no se hace en el vacío. Las condiciones geográficas y económicas afectan a la efectividad del proyecto. La división de Análisis de sistemas de energía (dESA) del Real Instituto de Tecnología de Estocolmo (KTH), dirigida por el profesor Howells, ha creado herramientas para apoyar tales decisiones. El grupo colabora con ABB y ha realizado modelos y estudios de casos junto con la empresa.

OnSSET (herramientas Open Source de electrificación espacial [2]) y OSeMOSYS (sistema Open Source de modelización energética [3]) son dos herramientas de optimización diseñadas para estudiar sistemas de energía. OnSSET ejecuta un análisis basado en la demanda eléctrica doméstica con el objetivo de una electrificación del 100 por cien en un año determinado. Es ajustable por los distintos objetivos de electrificación.

La otra herramienta, OSeMOSYS, modela la demanda eléctrica total (no solo residencial) y proporciona el coste de la combinación de generación óptima sobre una base anual para las opciones de conexión a la red y distribuidas.

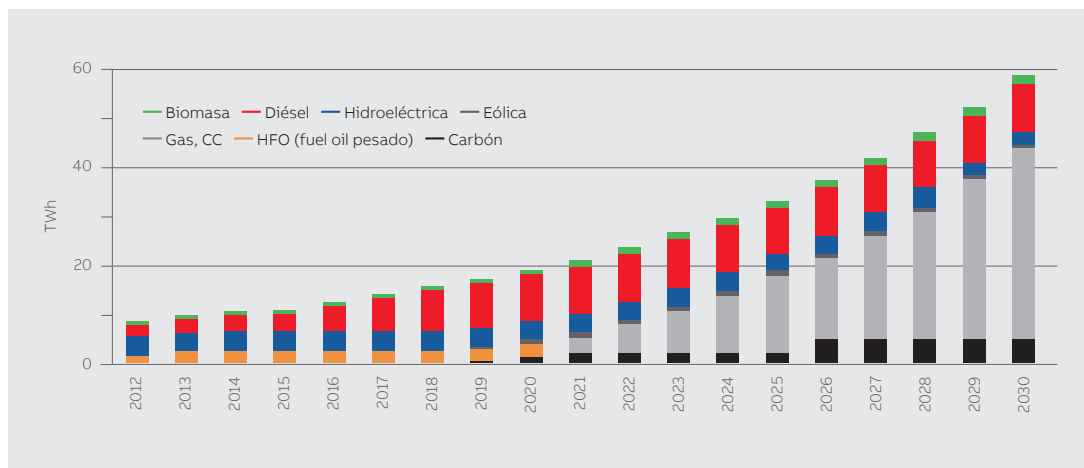
Aunque las herramientas pueden usarse de forma independiente, su interacción determina un método más holístico, cuyos resultados ayudan a orientar las inversiones a largo plazo.

Un ejemplo es el de Kenia. La iteración con las dos herramientas mostró que la electrificación universal para 2030 es factible →1a. El estudio propuso entregar 1800 kWh/año y 2195 kWh/año, respectivamente, a todos los hogares rurales y urbanos en 2030. Alrededor del 84 por ciento de la población estaría servida por la ampliación de la red nacional, y los sistemas sin red cubrirían alrededor del 16 por ciento de la demanda (9 por ciento con microrredes y 7 por ciento con sistemas autónomos, sobre todo generadores fotovoltaicos y diésel). La capacidad que había que añadir a la red sería de 26 GW, procedentes sobre todo



01a

de centrales de carbón y gas natural →1b, que exigirían aumentar la capacidad de transporte en alta tensión en 21,6 GW. El coste total del plan se estimó en 46.310 millones de dólares [4] [5].



01b

Por lo general, los gobiernos desconocen las opciones disponibles en relación con la tecnología, los mercados y las políticas. Al no conocer los beneficios, les resulta complicado determinar las prioridades correctas.

**AR** ¿Cuáles son las principales fases de desarrollo en términos de electrificación rural y acceso a la electricidad?

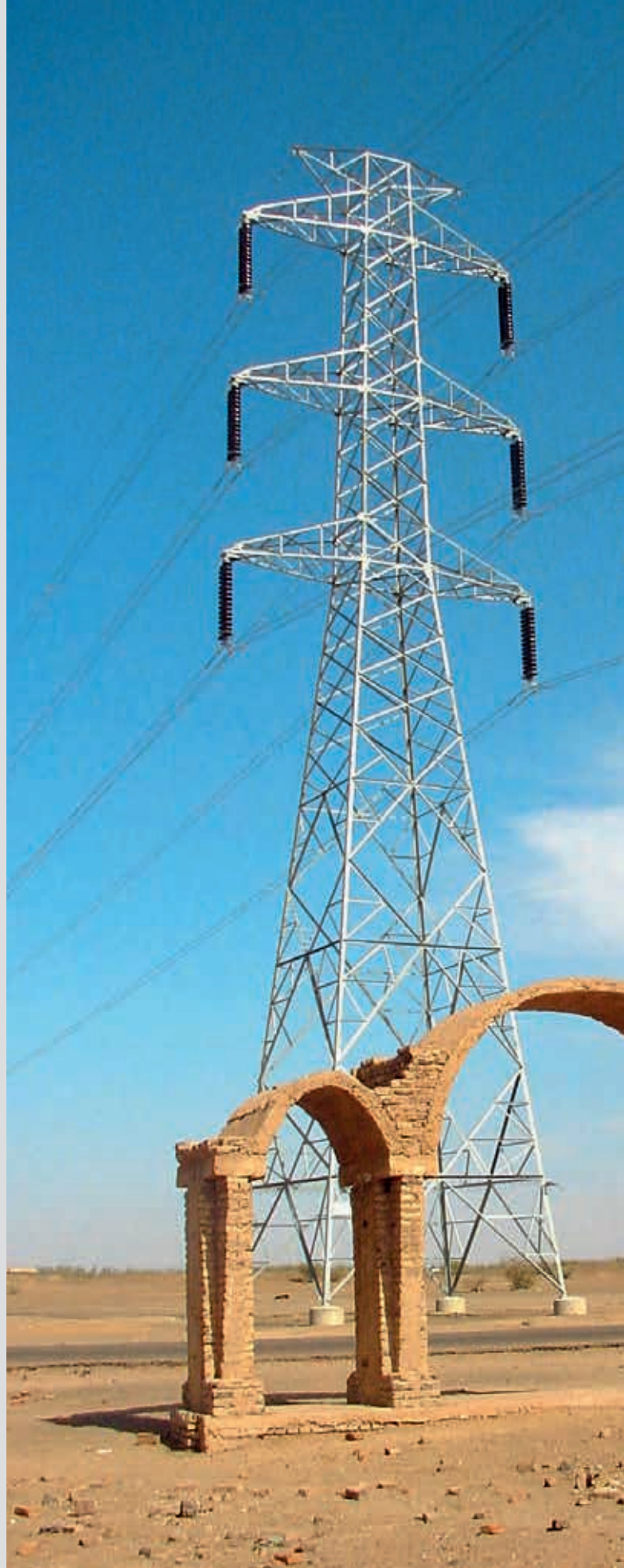
**MH** Aparte de algunos desarrollos tecnológicos, se han resuelto problemas similares en Los Angeles, Londres o Lagos. En los primeros años de la red eléctrica, Estados Unidos adoptó un planteamiento que permitió formar cooperativas a las minas, la industria y las explotaciones agrícolas. El desarrollo y la puesta en funcionamiento de la red se produjeron rápidamente. En el Reino Unido, gran parte de la red se desarrolló durante una época de regulación severa. Al gobierno le preocupaba el abuso del mercado y las tarifas injustas para los pobres. Ello condenó a la quiebra a muchos productores y dio lugar a la nacionalización del servicio. La red se transformó en un sistema de planificación centralizada que suministraba electricidad fiable al Reino Unido. Cuándo, dónde y cómo debe intervenir el estado no son preguntas fáciles de responder, y la respuesta depende de las particularidades locales.

—

El gobierno de Ghana subvenciona la diferencia entre la tarifa y el precio de producción, y fomenta así la creación de minirredes.

Pero hay algunas observaciones interesantes. Si pueden obtenerse beneficios, asistimos al auge de la autogeneración. Si se permite la distribución con remuneración basada en el mercado, se forman minirredes. Si se imponen tarifas bajas, el desarrollo de las minirredes se retrasa, porque los productores tienen pocos incentivos.

En Ghana se ha desarrollado un interesante – y eficaz – modelo híbrido de minirredes que permite que las subvenciones públicas compensen la diferencia entre la tarifa y el precio de producción de una manera efectiva. Hay programas de concesiones que garantizan que la competencia fomente la bajada de precios, siendo la adminis-



—  
02 Línea de transporte  
de 110 kv de Eid Babkir,  
en Sudán.

tración (normalmente en forma de central pública) la encargada de la coordinación y la financiación. En otros casos, como el de Sudáfrica, los programas de electrificación basados en la red promovidos y ejecutados por el gobierno han conectado a millones de consumidores.

Aunque algunos elementos de la electrificación no son nuevos, hay dinamizadores que sí lo son. África oriental se ha convertido en una referencia para el desarrollo de modelos de negocio fuera de la red y el fomento de la innovación. No por casualidad la banca móvil prevalece también en esa región. Estos programas propician flujos financieros, economías de escala y un conjunto de servicios complementarios ofrecidos junto con la electricidad. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) inteligentes y las finanzas ocupan un lugar importante y respaldan a los emprendedores locales creativos. De repente, pequeñas compañías eléctricas se convierten también en proveedores de ocio, crédito y otros servicios. Además, los bienes que pueden producirse en microindustrias se comercializan fácilmente y proporcionan más ingresos al comprador de electricidad. Una vez más, los pagos con el móvil facilitan esta transformación.

**AR** ¿Y qué hay de los proyectos energéticos a gran escala, como la energía solar por concentración (CSP)? ¿Tienen sentido? ¿Qué obstáculos impiden que salgan adelante más proyectos de este tipo?

**MH** En un mercado que funciona con reglas claras y riesgo bajo, pueden tener sentido los proyectos de capital intensivo. Pero se trata de casos excepcionales. Estos proyectos exigen contratos de compra de electricidad, financiación de concesionarios y otras garantías para reducir los riesgos. En África, las grandes distancias complican la situación →2. La oferta, la demanda y la compensación eléctricas suelen encontrarse en lugares distintos. La red y los mercados de electricidad aún se encuentran en vías de desarrollo. A pesar de ello, se están produciendo movimientos importantes. En los sistemas eléctricos más desarrollados de África, asistimos a la inyección a gran escala en el sistema de renovables fluctuantes, como la CSP. Sudáfrica y Egipto son ejemplos notables de ello.



—  
03 Número y proporción de personas sin acceso a la electricidad por país, 2012 [1].

**Referencias**

[1] A. Al-Saffar, et al., "Africa Energy Outlook," Int. Energy Agency, World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014. pp. 445.

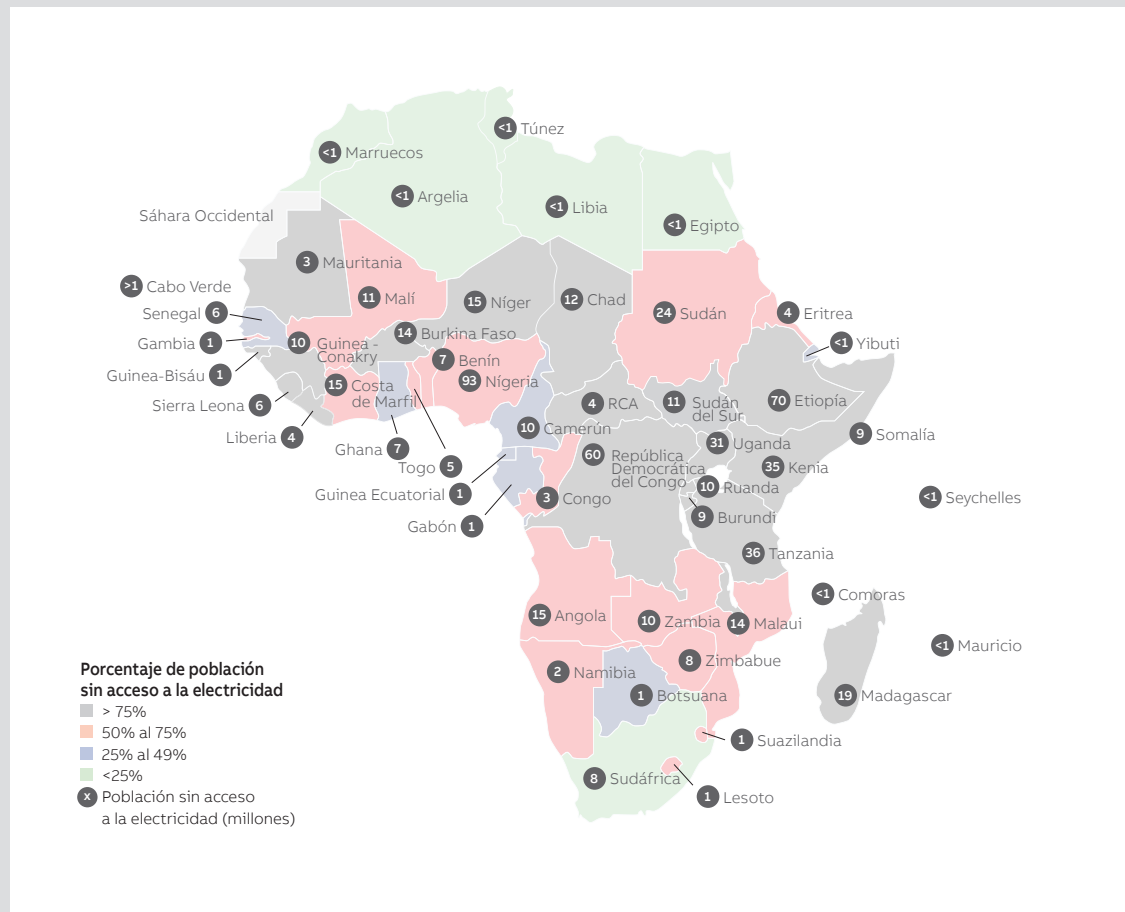
[2] Howells, M., et al., 2011. OSeMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development, Energy Policy, vol. 39 (10): 5850–5870.

[3] Mentis, D., et al.. A GIS-based approach for electrification planning – A case study on Nigeria. Energy for Sustainable Development, 29: 142–150, 2016.

[4] Moksnes, N. UN Sustainable development goals from a Climate Land Energy and Water perspective for Kenya [Online]. Disponible en: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:946269/FULLTEXT01.pdf>

[5] UN Department of Social and Economic Affairs, Universal access to electricity, Electricity paths [Online]. Disponible en: <http://un-desa-modelling.github.io/electrification-paths-presentation/>

03



Cabe destacar que el continente alberga algunos de los mejores regímenes solares y eólicos del mundo. También cuenta con recursos sin explotar que exigirán la extracción, el tratamiento y la exportación de grandes volúmenes de energía con beneficios. Por lo tanto, hay importantes factores de dinamización.

**AR** ¿Qué destrezas o puntos fuertes cree que ABB puede aportar para respaldar el desarrollo en África?

**MH** ABB está excepcionalmente bien posicionado como proveedor de conocimientos, sistemas de gestión y tecnología. Desde pequeños sistemas de control y gestión susceptibles de ampliarse en el caso de los microsistemas (y los microcréditos) hasta instalaciones a escala nacional y software de gestión de mercados de intercambio de energía.

Además, cuenta con tecnologías fundamentales y en desarrollo que favorecen la integración de redes híbridas de CA y CC (y mucho más) con transporte

a gran escala. Estas cobrarán importancia a medida que los sistemas basados en la red y fuera de la red empiecen a entretrejerse.

Un reto importante es el de la asociación, la comunicación y la creación de capacidades. Los responsables políticos y los emprendedores suelen desconocer el despliegue tecnológico, el control y los mercados que serán necesarios para apoyar el potencial de crecimiento de África →3. O las ventajas que un camino puede tener sobre otro. En efecto, el análisis de la viabilidad y la transferencia de los conocimientos que respaldan estas decisiones requerirán algo más que un simple argumento de ventas. Harán falta iniciativas coordinadas y creativas. Pero, como ya ocurrió con muchos retos que otros consideraban insuperables en el pasado, ABB ha abierto el camino...

**AR** Gracias por esta entrevista. ●

---

 ÁFRICA

# Una microrred híbrida para el CICR

La mayor base logística del Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR) en África para está en Nairobi, la capital de Kenia, una ciudad expuesta a apagones frecuentes y con un suministro eléctrico de mala calidad. ABB entregará al CICR una microrred en contenedor que ofrecerá un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) a partir fuentes de energía tradicionales y renovables. Todos los elementos de la microrred se entregarán en un único contenedor, lo que permitirá utilizar esta innovadora solución en otros proyectos del CICR.



**Samuel Macharia**  
ABB Power Grids  
Nairobi, Kenia

samuel.macharia@  
ke.abb.com

El CICR, fundado en 1863, tiene su sede en Ginebra, Suiza. La base logística de Kenia es la más grande del CICR sobre el terreno →1 La base logística keniana, con 170 empleados, es la instalación de almacenamiento más grande del CICR y es responsable del reparto de alimentos, medicamentos y artículos de primeros auxilios por el continen-

---

**ABB está creando una microrred híbrida en contenedor para maximizar el uso de renovables y garantizar al CICR un suministro eléctrico fiable.**

te africano. ABB está creando una microrred híbrida en contenedor para el CICR, con un sistema de almacenamiento en baterías que emplea energía fotovoltaica (FV) y un generador diésel para maximizar el uso de renovables y garantizar un suministro eléctrico fiable. La microrred funcionará junto con el sistema de generación solar/diésel local y se conectará a la red y se desconectará de ella cuando sea necesario y de forma invisible. Su conclusión está prevista para mediados de 2017.

Las microrredes se utilizan para integrar recursos energéticos distribuidos y cargas manejables de un modo coordinado y controlado. Pueden conectarse a la red o suministrar electricidad de manera independiente, garantizando así la calidad eléctrica y la estabilidad de la red.

Estas redes a pequeña escala son excepcionalmente flexibles y se pueden transportar para llevar la electricidad a comunidades e instalaciones aisladas que de otro modo tendrían que esperar años para conectarse a la red. También son fuentes de energía de reserva ideales para instalaciones conectadas a la red situadas en lugares propensos a los apagones.

Las microrredes integran diversas fuentes de generación distribuidas, como gas y diésel convencional, o renovables como solar, FV, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, e incluso sistemas como la generación combinada de calor y electricidad (CHP), junto con almacenamiento de energía. La microrred controla y coordina estos recursos y satisface las necesidades de cargas industriales, residenciales y de consumo [1].



**Michelle Kiener**  
ABB Review  
Baden-Daettwil,  
Suiza

michelle.kiener@  
ch.abb.com

**Cleitton Silva**  
Antiguo empleado de ABB



01

—  
01 Centro logístico del  
CICR en Nairobi (© ICRC).

Las microrredes tienen un potencial enorme en África, donde más de 900 millones de personas carecen de acceso a la electricidad. En el África Subsahariana, donde dos tercios de la población (620 millones de personas) viven sin electricidad, las microrredes podrían acelerar extraordinariamente el desarrollo económico [2].

ABB, pionero en tecnología de microrredes, ha instalado en todo el mundo más de treinta en comunidades remotas, redes eléctricas aisladas, campus de investigación e industriales y aplicaciones de apoyo a la red.

#### Soluciones orientadas

El proyecto tiene dos objetivos fundamentales. En primer lugar, garantizar un suministro eléctrico fiable e ininterrumpido en las instalaciones del CICR para evitar la pérdida de artículos críticos, como medicamentos, cuando se producen apagones. Los apagones eléctricos son frecuentes en Kenia, por lo que es esencial contar con un SAI para la conservación de suministros críticos →2.

En segundo lugar, servir como proyecto piloto para el CICR, para que su personal pruebe y aprenda la tecnología en un entorno controlado antes de desplegarla en los campos de refugiados, donde los problemas eléctricos son más graves que en Nairobi.

—  
**Los apagones eléctricos son frecuentes en Kenia, por lo que un SAI es vital para la conservación de suministros críticos.**

#### Enchufar y guardar

La solución de microrred híbrida en contenedor para la base logística de Nairobi comprenderá:

- un sistema de control Microgrid Plus;
- un sistema de estabilización PowerStore;
- un sistema de almacenamiento con baterías de iones de litio.

—  
02 Duración de los cortes eléctricos en determinados países africanos [3]. RCA = República Centroafricana. Los datos proceden de la encuesta empresarial más reciente disponible para cada país. Fuentes: Banco Mundial (2014b); análisis IEA.

#### Referencias

[1] M. Ghavi. (2016, Dec. 16) Microgrids Have a Key Role to Play in a Low-Carbon Future [Online]. Disponible en: <https://microgrid-knowledge.com/microgrids-key-role-low-carbon-future/>

[2] A. Al-Saffar, M. Baroni, C. Besson et al., "Africa Energy Outlook," Int. Energy Agency, World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014. pp. 3.

[3] A. Al-Saffar, M. Baroni, C. Besson et al., "Africa Energy Outlook," Int. Energy Agency, World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014. pp. 26.

Además de los componentes del contenedor, ABB también prestará servicios de ingeniería, transporte, supervisión del montaje y puesta en servicio.

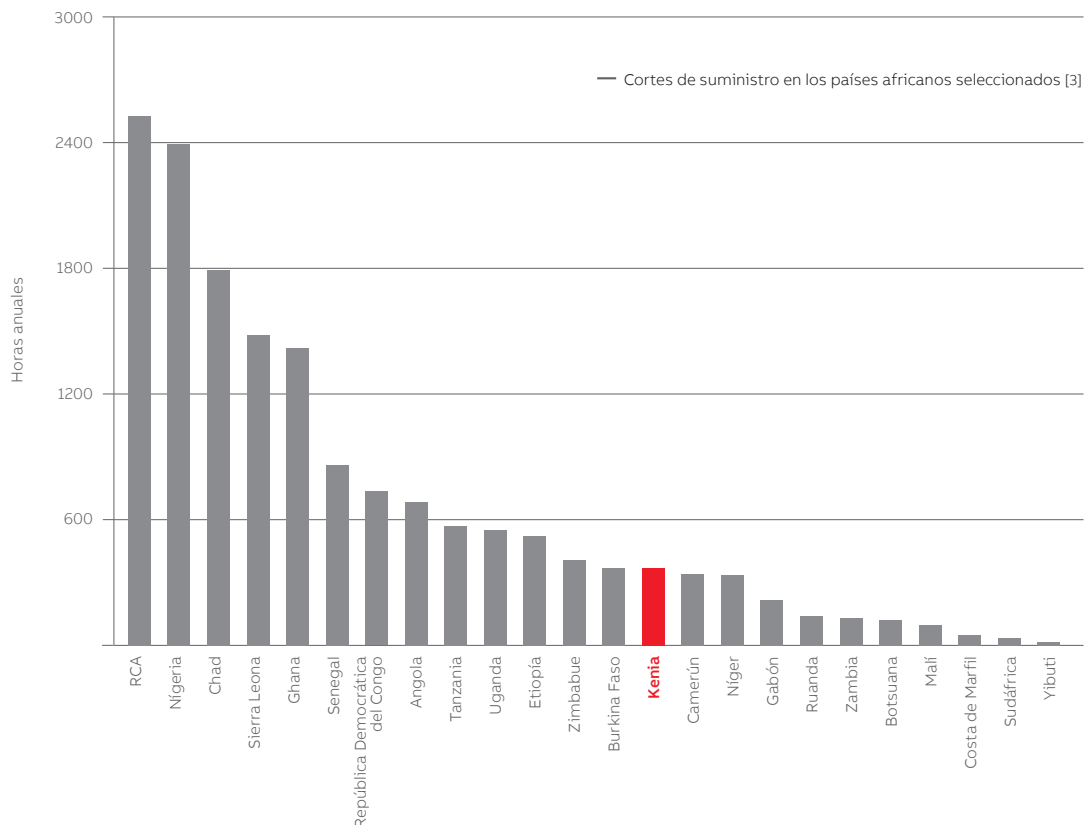
El proyecto integrará la energía solar renovable en la red actual, alimentada por la compañía Kenya Power (KPLC) y generadores diésel. De esta forma, además de proteger los recursos esenciales del CICR, la microrred híbrida ayudará a reducir las emisiones de carbono.

—  
"Un suministro eléctrico fiable es esencial para que nuestro personal realice sin interrupciones su trabajo para salvar vidas", Peter Maurer, Presidente del CICR.

"Un suministro eléctrico fiable es esencial para que nuestro personal realice sin interrupciones su trabajo para salvar vidas", ha declarado Peter Maurer, Presidente del CICR.

"Además, la microrred diseñada por ABB cumple el objetivo del CICR de emplear tecnologías respetuosas con el medio ambiente". Soluciones como esta demuestran que la cooperación entre los sectores empresarial y humanitario no solo es posible, sino imprescindible. Nos enorgullece contar con ABB como miembro de nuestro grupo de apoyo corporativo".

El acuerdo refleja la iniciativa del CICR lanzada en 2014 para promover la colaboración tecnológica con el sector privado. ABB es miembro del grupo de apoyo corporativo del CICR desde hace una década y ha contribuido a los programas de agua y hábitat para víctimas del conflicto en la República Democrática del Congo e Irak. ABB también contribuye a la formación de técnicos del CICR. ●



## ÁFRICA

# Transformadores de tensión de servicio en estaciones para aplicaciones de baja potencia

Para una comunidad pequeña, el coste de una subestación suele ser prohibitivo. La microsubestación de ABB, una subestación de bajo coste que funciona con transformadores de tensión de servicio para estaciones (SSVT, por sus siglas en inglés) monofásicos, alivian esta situación. Los SSTV reducen la alta tensión a tensión media o baja en un solo paso.

**Mathew Paul**  
Antiguo empleado de ABB

Si desea más información,  
pónganse en contacto con:  
Andreas Moglestue  
andreas.moglestue@  
ch.abb.com

Todas las subestaciones disponen de sistemas de medida y protección que se alimentan de una fuente de baja tensión (BT), la denominada alimentación de control. Por razones de fiabilidad, todas las subestaciones necesitan dos fuentes de alimentación de control redundantes. Normalmente, el transformador principal de la subestación es la fuente primaria de alimentación de control.

Si se interrumpe la alimentación de la subestación, la red, a través de un transformador de potencia, puede proporcionar una fuente de alimentación secundaria. Pero esta alternativa es costosa, tanto en términos de inversión como de mantener el transformador energizado. Otra opción es tomar la alimentación de una arteria conectada a una red local de distribución de BT, pero es cara y proclive a sufrir cortes. En algunos casos, el transformador de AT principal está equipado con un tercer devanado que proporciona la alimentación de control. Pero, por consideraciones de diseño, fiabilidad y coste, esta no es la solución ideal. Otra opción es un generador de reserva, que requiere un desembolso económico inicial bajo, pero con un coste de mantenimiento durante la vida útil elevado.

Afortunadamente, un SSVT (o un SSMV, que es un SSVT para media tensión [MT]) puede proporcionar en muchos casos la alimentación de control secundaria a un coste mucho menor y de un modo mucho más fácil [1].

## El SSVT

Un SSVT combina las características de un transformador de potencia y uno de medida en un producto de alta fiabilidad, bajo coste, sencillez y tamaño reducido ideal para aplicaciones de poca potencia. Las capacidades del SSVT permite a este, o a un SSMV, cumplir los requisitos de potencia en una comunidad remota o en una subestación con una sola unidad.

El SSVT es pequeño, se configura fácilmente gracias a su diseño monofásico y suministra entre 25 kVA y 333 kVA a 50 HZ o 60 HZ con algunas limitaciones de tensión. Un SSVT o un SSMV no reemplaza a una subestación completa, pero sí puede llevar la electricidad a comunidades remotas, como los pequeños poblados de África →1. Un SSVT/SSMV es mucho más ligero y pequeño que un transformador de potencia y, por tanto, más fácil de transportar a lugares poco accesibles de África o de otro continente. Un SSVT/SSMV puede utilizarse como fuente de alimentación durante la construcción y configurarse después como fuente de control.





01

—  
01 Subestación SSVT de 220 kV/100 kVA en la República Democrática del Congo, situada cerca de una línea de transporte de AT.

#### Referencias

[1] M. Paul, "Una pequeña maravilla: Transformadores de tensión de servicio para necesidades de poca potencia". ABB Review 1/2016, pp. 12-17.

Estos transformadores tienen una estructura monofásica cerrada y se conectan entre la línea del primario y tierra, con un blindaje del devanado puesto a tierra entre los devanados de alta (AT) y baja tensión (BT) para proteger el secundario de subidas transitorias de tensión.

—  
**Un SSVT actúa como alimentación de control secundario por mucho menos dinero y de un modo mucho más sencillo.**

En el esquema de protección del SSVT, un transformador de intensidad (CT) en el neutro de AT o en la toma de tierra detectará cualquier fallo a tierra en el devanado secundario. Un CT en la toma de tierra del depósito detectará un fallo a tierra del primario. Un relé opcional en baño de aceite de aumento brusco de presión detecta asimismo fallos internos, igual que en un transformador de potencia. En el caso de un fallo en el lado primario, la protección de línea puede aislar el SSVT. Actualmente, se dispone de una protección con fusible de corte de AT de nivel de impulso básico (BIL) de hasta 750 kV para aislar un SSVT/SSMV defectuoso de la línea de transporte. Por encima de 750 kV se puede emplear un interruptor monofásico.

Además, una subestación con un SSVT o SSMV monofásico no necesita empleados y es muy sencilla, pues solo tiene un supresor, un interruptor de AT, un seccionador, un embarrado de puesta a tierra y una placa de distribución de BT, todo en configuración monofásica. Esta disposición reduce también el espacio ocupado.

Al eliminar uno o más transformadores intermedios, se reducen las pérdidas en ausencia de carga y en el cobre, por lo que el sistema es más eficiente. Además, el volumen de aceite de un SSVT es muy inferior al de un transformador de potencia equiparable. Los SSVT son muy silenciosos.

Se están desarrollando SSVT con mayor capacidad de kVA que permitirán a comunidades aisladas más grandes beneficiarse de la comodidad de la electricidad de la red. En muchos países de África, el acceso directo a la red que los SSVT pueden proporcionar tendrá un enorme efecto positivo sobre su desarrollo económico y social. ●

---

 ÁFRICA

# Innovación en las conexiones de Etiopía con el resto del mundo

A primera vista, parecía que el proyecto de ferrocarril Awash-Kombolcha-Hara Gebaya de ABB se resolvería fácilmente con unas cuantas subestaciones prefabricadas y fuentes de alimentación estándar. Pero pronto se hizo evidente la complejidad de combinar una red de alta tensión débil con la accidentada topografía del paisaje etíope. Un innovador planteamiento de desarrollo de nueve meses de duración conformó la solución correcta y estableció un proceso que puede ayudar a vender otros proyectos en África (y en todo el mundo).



**Gonzalo González**  
ABB Power Grids,  
Grid Automation  
Baden, Suiza

gonzalo.gonzalez@  
ch.abb.com



**Bruce Warner**  
ABB Power Grids,  
Grid Integration  
Baden, Suiza

bruce.warner@ch.abb.com

A finales de 2014, el contratista general del proyecto llave en mano Yapi Merkezi Isaat de Turquía eligió a ABB para tender una nueva línea ferroviaria para la Ethiopian Railway Corporation (ERC) que uniera los corredores septentrional y oriental con una línea recién construida que conectaba la capital con el puerto de Djibouti →1–4.

La fiabilidad de los productos y servicios de ABB fue un factor esencial para su selección. El proyecto comprendía el diseño y la entrega de equipos prediseñados para cinco subestaciones de tracción de 230/27,5 kV, ocho postes de sección, seis subestaciones de zona neutra y alrededor de 30 subestaciones auxiliares. Los principales productos eran una gama de aparata de alta y media tensión, transformadores de tracción de 25 MVA, un compensador de respuesta dinámica Dynacomp para mejorar el factor de potencia (cos cp), interruptores FSK II+ y equipos de alimentación auxiliares.

Y luego empezó el trabajo de verdad. Cuando ABB inició las conversaciones detalladas con Yapi Merkezi, ambas empresas empezaron a entender la magnitud de los problemas, como el punto en el que el proyecto debía conectarse a la red, la tensión, el tipo de sistema de catenaria que debía utilizarse y cómo funcionaría en modo degradado.

El planteamiento inicial de ABB era usar 245 kV para conectar a la red, pero la compañía eléctrica Ethiopian Electric Power señaló que los primeros 200 km solo podían conectarse a 132 kV. El incremento a 245 kV requeriría la construcción de 100 km de tendido aéreo.

Para encontrar la solución, se realizó una simulación completa de la alimentación. ABB se asoció

---

**ABB se enorgullece de ofrecer más que simples productos, y esta era una oportunidad única para demostrar ese valor.**

con su cliente para adaptar su modelo de software a las particularidades del proyecto. Por ejemplo, la línea de 400 km pasaba de 800 m a 2000 m, y estas altitudes no estaban en el plan original.

Presentamos a la ERC las ubicaciones recomendables de las subestaciones y luego se inició un intercambio de propuestas determinadas tanto por las necesidades de compra de terrenos como por los requisitos técnicos.





01

—  
01 Construcción de los puentes B24 y B25 (método ILM), km 186+000 (imagen por cortesía de Yapi Merkezi).

Costó nueve meses y un magnífico trabajo en equipo de ABB, Yapi Merkezi y ERC hallar una solución ajustada a las demandas del proyecto.

—  
**El proceso de colaboración dio lugar a una serie de ideas innovadoras y necesarias.**

El proceso dio lugar a una serie de ideas innovadoras y necesarias, como:

- Sistema de catenaria de 25 kV simple o doble: la solución inicial era de dos catenarias de 25 kV, que ayudaría a mejorar el perfil de tensión de la línea; pero esta solución exige una red de alta tensión sólida. Como la red de alta tensión es débil, la solución se consideró inviable. ABB adaptó el sistema de alimentación a los requisitos del proyecto.

02





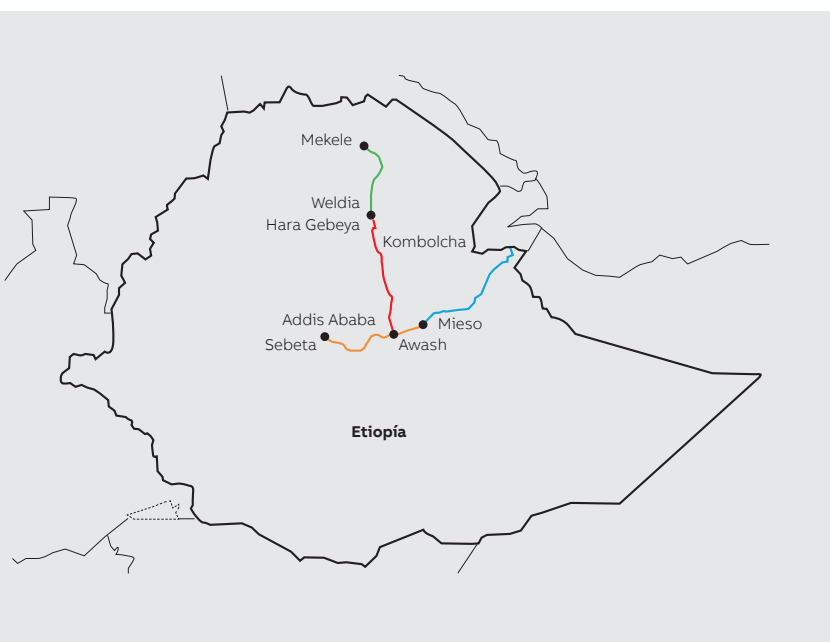
03

- Particularidades del sistema de catenaria: ABB no se dedica al diseño de sistemas de catenaria, pero como esta tendría un impacto notable en el rendimiento general del sistema, Yapi Merkezi nos pidió ayuda.

—  
**ABB implementó varias simulaciones para hallar la solución óptima en términos de precio, perfil de tensiones de la catenaria y fiabilidad.**

ABB celebró muchas reuniones con su equipo de catenaria para explorar posibles soluciones e implementó varias simulaciones en colaboración con ellos para hallar la solución óptima en términos de precio, perfil de tensiones de la catenaria y fiabilidad.

- Modo degradado: ABB tenía que crear una solución que permitiera que los trenes circularan incluso con cortes eléctricos. Un modo degradado “puro” garantizaría la circulación de los trenes con una subestación de tracción completa fuera de servicio, pero esa opción era



04



—  
03 Puente típico para cruzar un río (imagen por cortesía de Yapi Merkezi).

—  
04 El proyecto (en rojo) conecta los corredores económicos y de tráfico del norte y el este de Etiopía (imagen por cortesía de Yapi Merkezi).

—  
05 Transformador de tensión capacitivo CPB170 de ABB.

—  
06 Transformador de intensidad de AT IMB145 de ABB.

inviabile debido al número de subestaciones definido en el contexto de las condiciones de la red del país.

Como alternativa, ABB propuso garantizar la circulación de los trenes en caso de avería de un transformador de una subestación, pero a la ERC no le convencía este planteamiento.

La ERC quería incorporar unidades de un tipo único (o raro en el mercado europeo) de transformadores de tracción (conexión Vv trifásica) porque es el utilizado habitualmente en África Oriental →5-6.

Según los conocimientos de ERC, este tipo de transformador evitaría el modo degradado en la subestación si fallaba uno, por lo que ABB tuvo

05



06





07

—  
07 Desconectador  
de AT SDF de ABB.

—  
\* Conexión vectorial

que replantearse esta expectativa y, tras nuevos estudios, propuso la solución final de usar tres transformadores monofásicos por subestación.

Esta innovadora respuesta resultaba más práctica que utilizar dos transformadores Vv\* trifásicos, además de mucho más fiable, porque permitiría alimentar los trenes no solo cuando uno de los transformadores quedaba fuera de servicio en una subestación, sino también cuando hubiera un transformador fuera de servicio en cada subestación.

- Ampliación de la línea: aunque ABB ejecutó la simulación para la línea completa (400 km), la primera fase del proyecto (y el contrato de ABB) solo cubría los primeros 270 km. Se pidió a ABB que el tren llegara a la última estación en el km 270 sin haber construido la segunda parte de la línea (es probable que los 130 km finales estén listos en uno o dos años). Por ello se trajo una subestación de tracción de la segunda parte de la línea a la primera; así, la primera fase pasó de 5 a 6 subestaciones y la segunda, de 3 a 2.

ABB tuvo que tener en cuenta proactivamente el contexto general de los planes de desarrollo futuro de Etiopía, pues este proyecto y otros dos cercanos a su conclusión supondrían grandes exigencias para el sistema eléctrico instalado del país.

—  
**ABB tuvo que tener en cuenta proactivamente el contexto general de los planes de desarrollo futuro de Etiopía.**

Además de ampliar su cometido para incluir el sobredimensionamiento para proteger las conexiones existentes, ABB ofreció a la ERC recomendaciones para aprovechar los equipos instalados.

Yapi Merkezi ha logrado un progreso físico global del 80% para la sección comprendida entre los kilómetros 0+000 y 270+000. ●

---

 ÁFRICA

# Un modelo para mejorar la planificación de la electrificación

Los sistemas de electrificación fuera de la red pueden ser la mejor opción para llevar la electricidad a zonas en las que la red central es demasiado costosa o imposible de ampliar. Investigadores, apoyados por el Tata Center for Technology and Design de la MIT Energy Initiative en colaboración con el IIT Comillas de Madrid han diseñado la herramienta informática Reference Electrification Model (REM) para mejorar la planificación de la electrificación en países en vías de desarrollo.



**Yael Borofsky**  
Investigador titular,  
MIT Energy Initiative

yeb@mit.edu



**Ignacio Pérez-Arriaga**  
Profesor del Instituto de  
Investigación Tecnológica  
(IIT)-Universidad de Comillas  
y MIT Energy Initiative

ipa@mit.edu



**Robert Stoner**  
Subdirector del Ciencia y  
Tecnología,  
MIT Energy Initiative

stoner@mit.edu

Más de 500 millones de habitantes del África subsahariana viven sin electricidad, en su mayoría en zonas rurales que probablemente tardarán muchos años en recibir electricidad centralizada fiable (si es que algún día llegan a recibirla, teniendo en cuenta los gastos potenciales). Buena parte de la población rural de los países en vías de desarrollo, alrededor del 70%, según la Agencia Internacional de la Energía, podría beneficiarse de sistemas fuera de la red. Pero no es fácil determinar dónde serían la mejor solución los sistemas fuera de la red, como las microrredes (por no hablar de su construcción y mantenimiento), y aquí es donde el modelo REM sirve de ayuda. El modelo REM también puede calcular los costes de electrificación y sugerir soluciones para un grave problema de viabilidad económica: el coste de atender a una demanda escasa y dispersa es superior al que los clientes que carecen de servicio pueden sufragar.

Las últimas tendencias apuntan al desarrollo de sistemas autónomos de bajo coste para alumbrado y carga de teléfonos, pero estas soluciones no contribuyen a mejorar el nivel de vida de las familias ni a materializar los beneficios añadidos que la electricidad puede aportar. La falta de “cargas de anclaje” en las zonas rurales (industriales o comerciales) susceptibles de incrementar el nivel total de consumo dificulta el diseño de

---

**NOTA DEL EDITOR:**

Con tres décadas de experiencia en numerosos proyectos en todo el mundo, ABB es líder en soluciones de microrredes no conectadas a la red. ABB sabe adaptar y configurar sistemas, con independencia de la fuente de generación, y maximizar la fiabilidad a bajo coste, ya sea en islas, poblaciones remotas o zonas industriales aisladas. Recientemente, el grupo presentó un nuevo conjunto de módulos “plug and play” basados en una serie de variantes prediseñadas escalables, ampliables y fáciles de instalar.

Este artículo del Tata Center for Technology and Design del MIT, que forma parte de la Energy Initiative de la universidad, es un ejemplo de la forma de identificar y dimensionar tales proyectos. El MIT participa en el Foro de Tecnología de ABB.

---

**PRECIO DEL DIÉSEL**

\$ 0.85 | \$ 0.90 | \$ 0.95 | \$ 1.00

---

<b>Ejecución REM</b>	Vaishali_sensitivity_ diesel_0 85_20160420
<b>REM para la región</b>	5
<b>REM para el grupo</b>	ug_1
<b>Tipo de electrificación</b>	Microgrid
<b>Clientes</b>	8,769
<b>Capacidad solar (kW)</b>	141,8
<b>Capacidad de almacenamiento (kWh)</b>	559,7
<b>Capacidad de equipos de generación (kW)</b>	629,8
<b>Coste de la energía (\$/kWh)</b>	0,29
<b>Fracción de demanda suministrada</b>	0,99
<b>Demanda máxima (kW)</b>	782,9
<b>Demanda (kWh/año)</b>	2,034,823.07
<b>Diésel (litros)</b>	474,274
<b>Coste anual de financiación (\$)</b>	572,840

---

- Microrred
- Ampliación de redes
- Clientes atendidos por la red modelizada
- Clientes ya electrificados



01

sistemas económicamente viables. La diversidad de contextos en los que las microrredes podrían constituir una solución crea problemas de escalabilidad que suelen incrementar los costes de ingeniería.

**El modelo REM ofrece el grado máximo de detalle en la toma de decisiones, hasta ahora inalcanzable en estos entornos de datos limitados.**

Entre las incertidumbres que hacen arriesgadas las inversiones en sistemas fuera de la red está la posibilidad de que la red termine por llegar.

Estos obstáculos, junto con los problemas normativos asociados a la alteración del status quo del sector eléctrico, justifican que se estudie con detenimiento dónde ampliar la red, dónde implementar microrredes y dónde usar sistemas autónomos. Los enfoques de este tipo de planifi-

cación de la electrificación híbrida en países en vías de desarrollo van desde decisiones de ampliación de la red motivadas políticamente hasta otras herramientas, como el software de planificación de la electrificación de la Universidad de Columbia, Network Planner.

El modelo REM ofrece el grado máximo de detalle en la toma de decisiones (a nivel de edificios individuales), hasta ahora inalcanzable en estos entornos de datos limitados.

El modelo REM es una sólida herramienta de optimización que procesa datos sobre cualquier territorio, sea un pueblo, una ciudad o un país entero, para comparar costes entre distintos modos de electrificación (ampliaciones de la red, microrredes o sistemas autónomos) e identificar las zonas idóneas para la electrificación con o sin red →6. La herramienta también genera diseños técnicos iniciales para ampliaciones de redes recomendadas, y puede realizar diseños detallados de sistemas para ampliaciones de redes o microrredes que los contratistas, gobiernos e inversores pueden utilizar para planificar y presupuestar distintos escenarios.





### Cómo funciona

Para evaluar las ventajas y los inconvenientes y determinar los planes de menor coste, el modelo REM requiere dos categorías de datos:

- Información geoespacial y de recursos: ubicación de los edificios, red de distribución eléctrica actual (si la hay), restricciones administrativas o de otra índole (incluidas las características topográficas y geológicas que limitan la red o aumentan los costes) →2, y disponibilidad y precios de distintas fuentes de energía.
- Demanda y coste de la electricidad: clasificación de los tipos de edificios, caracterización de la demanda eléctrica para cada tipo de edificio (basada en datos como el perfil de demanda horaria de edificios similares en contextos similares, posesión de electrodomésticos u objetivos de demanda existentes) →4, estado de electrificación de los edificios, fiabilidad de la red existente, coste de energía no servida (CNSE), requisitos técnicos y de los equipos de generación y red, y tasa de descuento para determinar el valor neto actual de un proyecto.

La información esencial es la situación de los edificios en la región estudiada, puesto que es la capacidad de tomar decisiones a un nivel tan detallado lo que permite al modelo REM la planifi-

—  
**En fases de procesamiento sucesivas, REM organiza los edificios en grupos, diseña sistemas para estos grupos y compara los costes de las opciones viables.**

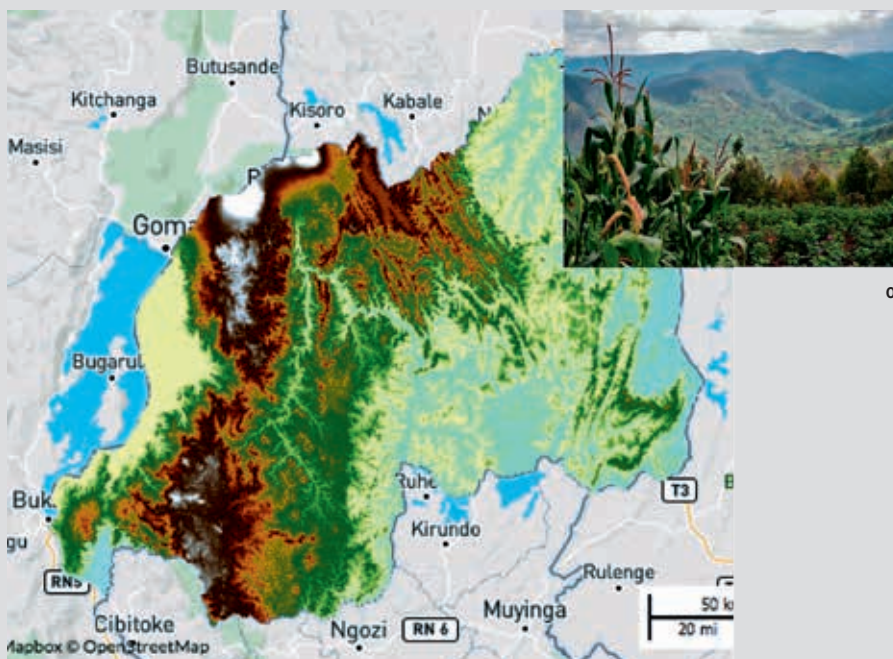
cación a pequeña y gran escala. Las administraciones y empresas locales no suelen tener esta información (aunque se está avanzando mucho en esto), por lo que el modelo REM emplea un algoritmo que extrae la situación de los edificios de imágenes por satélite →5. Con estos datos, REM emplea una serie de fases de procesamiento para organizar los edificios en grupos, diseñar sistemas para estos grupos y comparar los costes de las opciones viables.

El modelo REM genera información sobre las opciones de menor coste para todos los consumidores de una región en dos formatos: una tabla de información sobre cada grupo o edificio aislado, incluido el tipo de sistema asignado a él, el coste estimado del sistema, el tipo de generación y un desglose detallado de los costes; y un conjunto

—  
 01 Imagen del modo en que podrían presentar al usuario final los resultados de REM.

—  
 02 Mapa topográfico de Ruanda usado como entrada a REM.

—  
 03 Paisaje montañoso de Ruanda desde la aldea de Karambe (foto de Ignacio Pérez Arriaga).



03

de archivos que se visualizan con software GIS para evaluar un mapa completo de la zona de estudio →1.

Los planificadores del proyecto (públicos o privados) pueden utilizar estos resultados para plantear hipótesis de planificación y estudiar los posibles resultados de distintas intervenciones políticas o normativas. A escala del sistema individual, el objetivo del modelo REM es crear una base fiable para realizar estudios de viabilidad de seguimiento y lograr el compromiso de la comunidad.

#### Estado y disponibilidad

El proceso de desarrollo de REM se ha beneficiado de proyectos reales iniciales que han permitido mejorar diversas capacidades del modelo y destacar lecciones esenciales. En Ruanda, por ejemplo, donde el equipo REM ha interactuado con los ministerios de infraestructuras y educación, se descubrió que la orografía montañosa del país es idónea para las microrredes →3, por lo costoso que resultaría ampliar la red hasta esas zonas. Estas

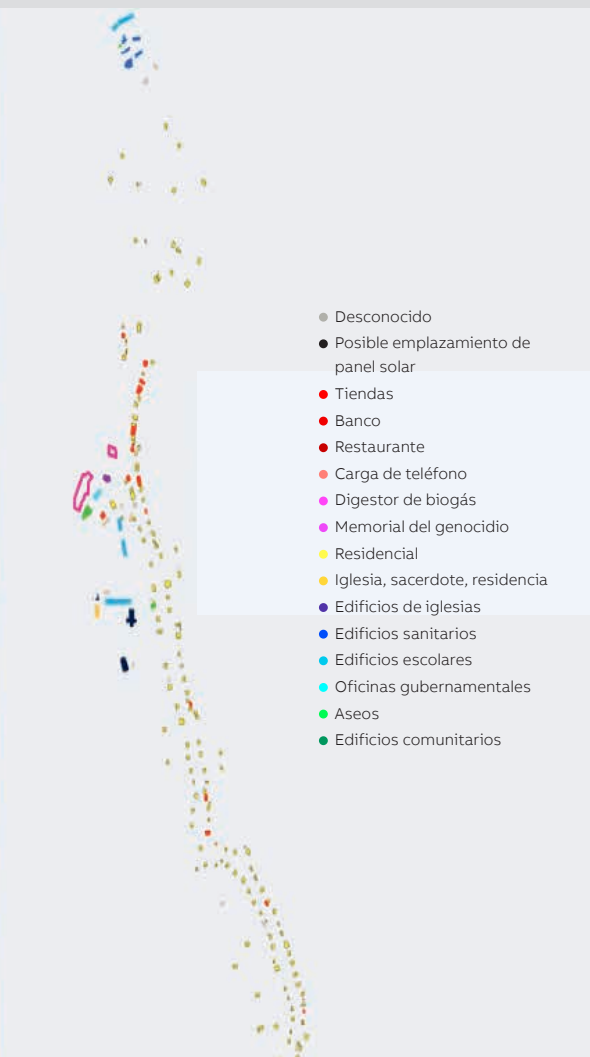
comunidades valoran mucho la electricidad, puesto que reduce la necesidad de viajar frecuentemente hasta la capital para comprar baterías o servicios, como cargar el teléfono.

También se han realizado muchas encuestas entre las comunidades para obtener estimaciones

Los planificadores del proyecto (públicos o privados) pueden utilizar estos resultados para plantear diversas hipótesis de planificación.

fiables de la carga y reducir así el riesgo de sobredimensionar sistemas e incurrir en costes innecesarios.

En Vaishali, un distrito de Bihar (uno de los estados más pobres de la India), REM se ha utilizado para





05

—  
 04 Ejemplo de caracterización de cargas en Karambe, Ruanda.

—  
 05 Dos ejemplos de resultados iniciales obtenidos con un algoritmo de extracción de objetos diseñado para localizar edificios en imágenes de satélite.

—  
 06 Ejemplo gráfico de cambio de costes con distintos supuestos de demanda y generación.

modelar un amplio abanico de supuestos de electrificación que han conducido a otras conclusiones firmes. Es interesante que los análisis REM realizados aquí indican que las zonas en las que ya

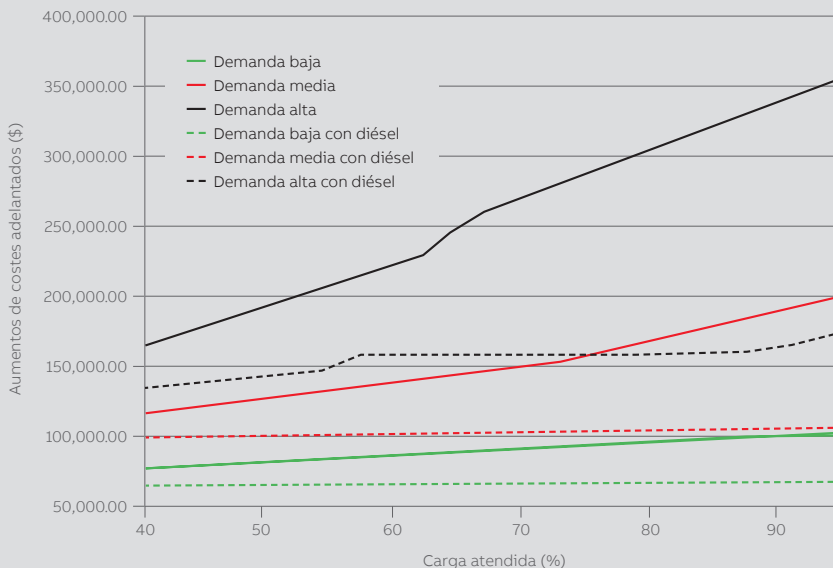
—  
**El modelo REM será decisivo para analizar la mejor combinación de soluciones en países que afrontan la implantación de sistemas eléctricos híbridos.**

hay infraestructura de distribución de red pueden ser buenas candidatas para la instalación de microrredes si la red es poco fiable y se amplía con lentitud.

Además, la falta de diversidad de las cargas genera una curva de demanda con un pico nocturno y

exige un almacenamiento en baterías considerable que multiplica los costes de la microrred. El modelo REM aplica una optimización rigurosa del sistema para minimizar los costes de inversión y explotación para un objetivo de viabilidad prescrito, teniendo en cuenta los perfiles de demanda previstos y los patrones históricos de clima e insolación.

Este modelo ya está ayudando a entender mejor el papel vital de la inversión pública y privada en el cierre de la llamada “brecha de viabilidad” que hay entre lo que quienes carecen de acceso a la electricidad pueden pagar y lo que cuesta mejorar el acceso. Al considerar distintos proyectos a pequeña y gran escala, REM será decisivo para analizar la mejor combinación de soluciones en países que afrontan la implantación de sistemas eléctricos híbridos. ●



06



# Diseñado para la seguridad





En los más de cien años que lleva proporcionando a sus clientes la tecnología más avanzada, ABB ha demostrado que la facilidad de uso y la fiabilidad del funcionamiento de sistemas críticos no son solo requisitos funcionales, sino componentes clave de la protección y la seguridad. Esa experiencia operativa se pone de manifiesto en el diseño de los equipos y sistemas de control que utilizamos, tanto para reducir el riesgo de alteraciones como para minimizar su efecto y duración en caso de que se produzcan.

- 30 El factor humano y su efecto sobre la seguridad de la planta
- 35 Los espacios de trabajo adaptados mejoran la movilidad de los operarios en la sala de control
- 38 Modelización del aislamiento en subestaciones de alta tensión



DISEÑADO PARA LA SEGURIDAD

# El factor humano y su efecto sobre la seguridad de la planta

Los operarios que trabajan en plantas modernas desempeñan numerosas actividades, y les resulta difícil manejar anomalías del proceso. La investigación ha demostrado que un espacio de trabajo inteligente y ergonómico mitiga el riesgo y aumenta la productividad.

**Luis Duran**  
**Hampus Schäring**  
Industrial Automation,  
Control Technologies  
Houston, Estados Unidos

luis.m.duran@us.abb.com  
hampus.scharing@  
us.abb.com

**Jeton Partini**  
Industrial Automation,  
Control Technologies  
Boras, Suecia

jeton.partini@se.abb.com

La introducción de sistemas informáticos críticos y tareas automatizadas en los procesos de fabricación ha determinado el aumento de la seguridad y la productividad durante el funcionamiento normal. Pero, ¿qué ocurre cuando surgen situaciones anómalas? La respuesta es, por supuesto, que se requiere intervención humana →1.

## El factor humano y la cultura de seguridad

El factor humano debe colocarse en el centro de cualquier debate sobre la seguridad por muchas razones; una de ellas es que el error humano suele

—  
Si una organización desea implantar una cultura de seguridad eficaz, debe contar con una estrategia de gestión de riesgos clara y explícita.

ser la principal causa de incidentes y accidentes, a pesar de la estricta cultura de seguridad que impera en casi todas las empresas. Las consecuencias de estos incidentes van desde lesiones leves hasta catástrofes que saltan a los titulares. Si una organización desea implantar una cultura de seguridad eficaz, debe contar con una estrategia de gestión de riesgos clara y explícita.

## Conocer y gestionar el riesgo

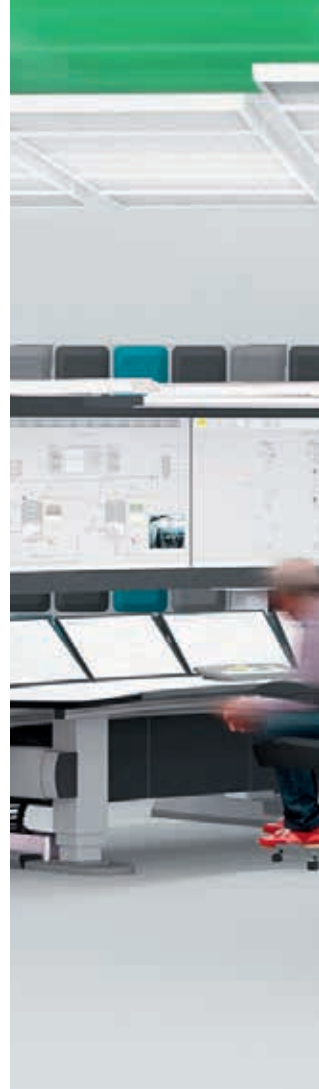
Para conocer y gestionar el riesgo, lo primero que debe hacer el responsable de la planta es una evaluación de los peligros para identificar los requisitos globales de seguridad. Luego debe centrarse en medidas proactivas para garantizar, si es posible, que no se produzca un fallo y minimizar las consecuencias negativas si se produce. Un punto de partida ideal es aprender de la experiencia:

- ¿Qué debe cambiarse después de una mala experiencia para evitar que se repita?
- ¿Qué se puede hacer para aprender más de esta experiencia?
- ¿Qué debe cambiarse después de que se repita esta experiencia?

La cultura de seguridad de la empresa no debe ser una obligación molesta, sino brindar a los empleados y a la organización la oportunidad de aprender de los errores y sentirse motivados por el cambio positivo. Los empleados deben aspirar a un modo de trabajo más seguro y productivo →2.

## La tecnología como parte de la solución

Anticiparse al fallo con buenas prácticas contribuye a reducir los riesgos en las distintas capas de protección en forma de funciones o sistemas independientes. Uno de estos sistemas es un





01

— 01 En última instancia, los operarios humanos deben intervenir para corregir anomalías.

— 02 Seguridad y productividad deben ser parte de la cultura de la empresa.

sistema instrumentado de seguridad (SIS), que se basa en una idea que implica diversas capas de protección.

### Capas de protección

Un sistema de control del proceso es una “capa” que no solo propicia la productividad del proceso, sino que también ayuda a los operarios a mantenerlo dentro de límites operativos seguros. Casi todos los sistemas de control de procesos

actuales alertan al operario si surgen condiciones anómalas y le proporcionarán acceso a información crítica en tiempo real.

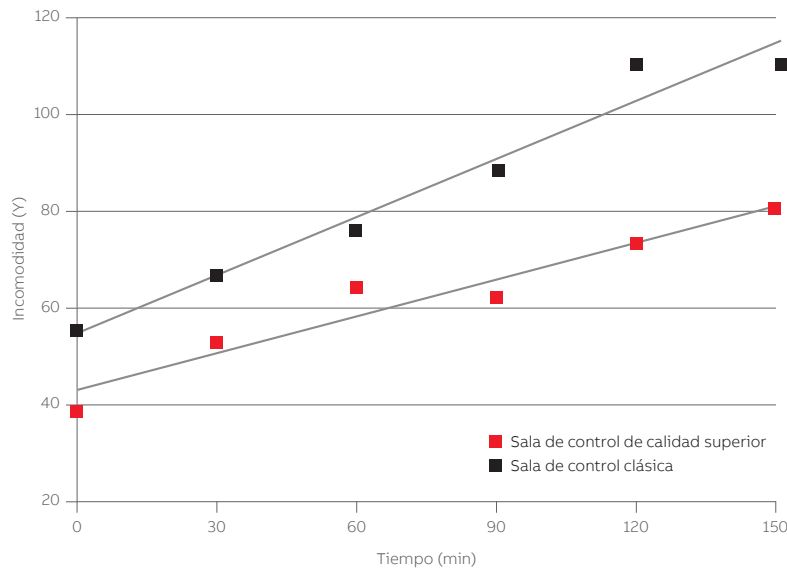
—  
**Anticiparse al fallo con buenas prácticas reduce el riesgo en las distintas capas de protección independientes.**

02



Cuando los acontecimientos se precipitan y no permiten la intervención eficaz del operario, entran en acción otras capas de protección, como un SIS automático, para recuperar la normalidad del proceso.

El diseño de seguridad está apoyado por una serie de normas, como IEC 61508 e IEC 61511, que tratan de establecer, y en algunos casos exigir, buenas prácticas de diseño, revisiones de la documentación y validación y verificación de un proyecto de seguridad.



03

Si alguna de estas capas (tecnológicas y humanas) no logra evitar el peligro, hay otras que mitigan las consecuencias, como sistemas de detección de incendios y fugas de gas o procedimientos de respuesta ante emergencias, de los que no hablaremos aquí.

Sin embargo, el hecho es que todas estas tecnologías están diseñadas y aplicadas por seres humanos y, por tanto, no serán perfectas ni totalmente seguras.

#### La integración de los sistemas de control y seguridad proporciona coherencia al operario

Los sistemas integrados de control y seguridad aportan la tecnología necesaria para un funcionamiento eficaz y minimizan algunas fuentes de error humano. Algunas de las ventajas de este planteamiento son:

- Los modos de fallo comunes se pueden eliminar durante el diseño, antes de lanzar el producto.
- Se puede reforzar la seguridad del producto para evitar el acceso no autorizado a instalaciones críticas.
- Las pruebas integradas se llevan a cabo en el laboratorio y por expertos que conocen a fondo las tecnologías en juego.

#### Diseño centrado en el ser humano

Según varias fuentes, alrededor del 70 por ciento de los incidentes en el sector del petróleo y el gas en todo el mundo son imputables a error humano y suponen más del 90 por ciento de las pérdidas económicas. Este problema puede abordarse adaptando el entorno laboral psicosocial de los operadores de la sala de control a su entorno físico. Esta ingeniería del factor humano y las soluciones ergonómicas pueden reducir las pérdidas económicas.

El diseño del entorno laboral de una sala o un centro de control humano es una tarea complicada, pero fundamental. Uno de los objetivos más importantes es reducir el error humano adaptando elementos físicos y psicosociales en el diseño. La Health and Safety Executive (HSE) del Reino Unido formula así el problema: “la adaptación física comprende el diseño del lugar de trabajo y del entorno laboral. La adaptación mental

El error humano se puede abordar adaptando el entorno psicosocial de los operadores de la sala de control a su entorno físico.

comprende los requisitos de información y toma de decisiones del individuo y su percepción de las tareas y los riesgos. Los desajustes entre los requisitos laborales y las capacidades de los empleados pueden dar lugar a errores humanos [1].”

Son muchas las directrices y normas que regulan el diseño de un centro o una sala de control; en el caso de las plataformas marinas, por ejemplo, la norma ISO 11064 tiene alcance mundial.

#### Desarrollo del entorno laboral del centro y la sala de control

A pesar de la prevalencia y el coste del error humano, el diseño del centro y la sala de control tiende a centrarse en los aspectos físicos y en el proceso en sí, en detrimento del aspecto humano.



— 03 Incomodidad percibida en salas de control tradicionales y de calidad superior.

— 04 La flexibilidad del puesto de trabajo ampliado de operador permite centrarse en el ser humano y mejorar la eficiencia.

Además, el hecho de que cada vez más operarios pasen de salas de control locales a centros de control incrementa la carga de trabajo y el nivel de estrés. El aumento del estrés puede terminar en depresión, ansiedad y agotamiento.

La ergonomía deficiente, la mala iluminación y el ruido elevado deterioran directamente la salud y pueden exacerbar una situación ya mala de por sí.

—  
**La preocupación de los operarios por la salud es uno de los factores que más ha motivado a ABB a desarrollar soluciones para la detección precoz de niveles de estrés perjudiciales y deterioro de la salud.**

La armonización de los elementos psicosociales y físicos mejora automáticamente la salud y el bienestar en la sala o el centro de control. Las organizaciones deben desarrollar políticas de asesoramiento y gestión del estrés para identificar y erradicar prácticas laborales que causan insatisfacción. Los procesos cognitivos y la capacidad

para resolver problemas varían mucho de unas personas a otras; unos operarios gestionan bien varias tareas a la vez, otros comprenden la complejidad de una carga de trabajo, o son expertos en el análisis de datos o son líderes eficaces. Pero todos comparten un valor fundamental: la salud. La preocupación de los operarios por la salud es uno de los factores que más ha motivado a ABB a desarrollar nuevas soluciones para la detección precoz de niveles de estrés perjudiciales y la notificación temprana de signos de deterioro de la salud.

El diseño centrado en el ser humano reviste aún mayor importancia ante la presión demográfica de la mano de obra envejecida del hemisferio norte. Para evitar la pérdida de conocimientos, hay que animar a los jóvenes a desarrollar una profesión industrial. Esto solo puede hacerse ofreciéndoles un lugar de trabajo en el que estén satisfechos.

#### Un planteamiento integral

Mejorar solo la parte física o la parte psicosocial del entorno de la sala de control no es un planteamiento integral; hay que mejorar ambos aspectos de una forma mutuamente compatible. Este efecto quedó ilustrado en la investigación realizada por ABB y la Chalmers University de Suiza, en la que se comparaba una sala de control tradicional con otra avanzada. La incomodidad percibida aumentó con





05

—  
05 Un entorno de sala de control óptimo reduce el riesgo de error humano.

#### Referencias

[1] "Reducing error and influencing behavior," Health and Safety Executive, 1999. Available: <http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/hsg48.pdf>

el tiempo en ambas, pero el aumento fue menor en la sala de control avanzada. De este modo, se creó un entorno físico y psicosocial más holístico →3.

#### Formas de incrementar la eficiencia

Modificar los niveles de alumbrado influye en el rendimiento: un nivel elevado aumenta la motivación y reduce los errores y accidentes. La iluminación también afecta directamente a la salud y el bienestar, pues el ritmo circadiano humano está vinculado con el nivel de luz ambiental. ABB ha colaborado con la universidad de Lund y con otras entidades para diseñar una plataforma de iluminación para operarios de salas de control centrada en el ser humano. Una aplicación de la investigación es permitir que el operario ajuste libremente el alumbrado de su zona de trabajo con luz fría o cálida →4. El margen de alumbrado oscila entre 900 y 1800 lux, por encima de la referencia mínima de 500 lux recomendada por la norma ISO 11064.

Otra forma de incrementar la eficiencia del operario es simplificar las opciones de comunicación (un operario no es más eficiente por usar al mismo tiempo muchas herramientas de comunicación distintas). En lugar de un sinfín de equipos de radio VHF/UHF, telefonía fija y móvil, intercomunicador, megafonía, etc., todas las comunicaciones pueden integrarse en un solo dispositivo.

Por último, otra forma de mejorar la experiencia del operario es controlar el ruido trabajando con sonido dirigido. Las duchas de sonido son especialmente beneficiosas porque permiten utilizar telecomunicaciones, alarmas, etc. sin molestar a los demás.

#### Priorizar a las personas

Planificar teniendo en cuenta el error humano es una parte esencial del diseño de salas de control. Los diseñadores de sistemas deben ser muy

—  
Los sistemas integrados de control y seguridad aportan la tecnología necesaria para un funcionamiento eficaz y minimizan algunas fuentes de error humano.

cuidadosos, ya que pueden inducir errores humanos si no identifican todas las eventualidades operativas y crean un proceso o un sistema de control adecuado para responder a ellas. Estos fallos latentes pueden permanecer ocultos hasta que se produce una situación concreta o se desencadena un incidente. Por lo general, el operario no está preparado para estas situaciones y no puede responder correctamente.

Mientras las industrias siguen invirtiendo en instalaciones nuevas o en la modernización de las existentes, podrían beneficiarse dirigiendo parte de la inversión a reducir el error humano. Esto puede hacerse adoptando buenas prácticas de diseño centrado en el ser humano →5. Considerar el elemento humano en la sala de control generará beneficios añadidos y un entorno de trabajo más seguro y productivo. "Priorizar a las personas" es una estrategia de negocio segura. ●

DISEÑADO PARA LA SEGURIDAD

# Los espacios de trabajo adaptados mejoran la movilidad de los operarios en la sala de control

A veces, los operarios tienen que abandonar momentáneamente su puesto de trabajo. ABB ha creado un prototipo de espacio de trabajo que pretende mejorar la movilidad del operario eliminando la necesidad de estar cerca del puesto de trabajo para realizar las tareas con eficacia.

**Veronika Domova**  
**Saad Azhar**  
**Jonas Brönmark**  
 ABB Corporate Research  
 Västerås, Suecia

veronika.domova@se.abb.com  
 saad.azhar@se.abb.com  
 jonas.bronmark@se.abb.com

**Maria Ralph**  
 Antiguo empleado de ABB

Los operarios de salas de control trabajan ahora en puestos que entrañan una complejidad mucho mayor que hace una década. Aunque las soluciones

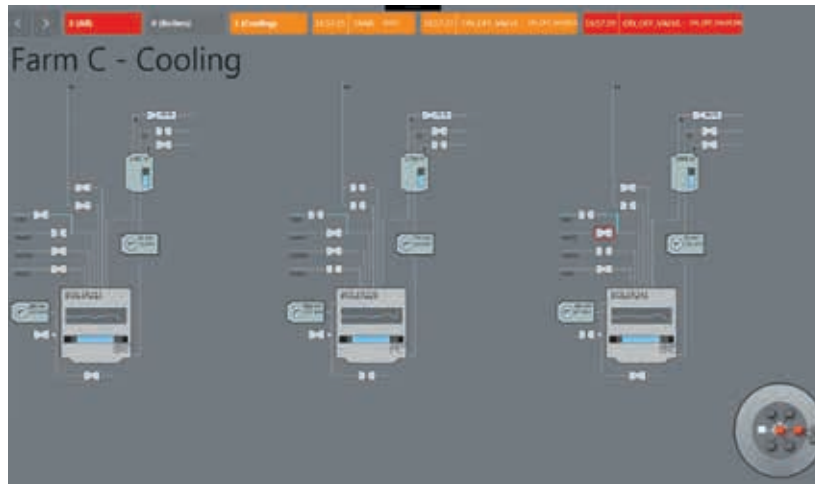
—  
 El principal objetivo del prototipo era incrementar la flexibilidad del operario para interactuar con el sistema de control como y donde quiera.

de control automático gestionan muchos incidentes del proceso, con frecuencia es imprescindible la presencia constante de un operario en el puesto de trabajo. Pero es posible que el operario tenga que abandonar su puesto varias veces durante su turno. ¿Cómo puede mantener la vigilancia de los procesos encomendados durante estas ausencias?

La primera medida para diseñar una solución que promueva la movilidad del operario es conocer a fondo el trabajo que se hace en las salas de control. Para obtener información sobre las prácticas, los objetivos, las necesidades y las preocupaciones laborales se emplearon entrevistas y observaciones.

- Los operarios interactúan con varias interfaces gráficas de usuario (GUI) complejas en distintos monitores y pasan continuamente de unas vistas del proceso de control a otras.
- Encontrar el ratón de la pantalla correcta e ir a una vista u objeto concreto suponía un problema. La navegación suele ejecutarse mediante complejos menús con varios niveles que a veces ocupan toda la pantalla.
- Cuando un operario tiene que abandonar su puesto de trabajo y, por ejemplo, ir al puesto de un compañero, le cuesta mantenerse informado de lo que sucede en el suyo (p. ej., qué alarmas se han activado).
- A veces, los operarios tienen que hacer un trabajo fuera de la sala de control, quizás en la planta de producción. Al volver a la sala de control, necesitan tiempo para quitarse el equipo o la indumentaria de seguridad, o lavarse las manos, antes de volver a interactuar con el proceso de control.

La información recopilada permitió hallar las claves para diseñar la nueva solución.



01



02

### Conceptos de diseño

Se construyó un prototipo atendiendo a las necesidades identificadas en las entrevistas y las observaciones. El principal objetivo del prototipo era incrementar la flexibilidad del operario para interactuar con el sistema de control como y donde quiera, y para ello hace falta lo siguiente:

- capacidad de trabajar sin estar delante de las pantallas
- formas de trabajo más flexibles
- navegación rápida entre las distintas vistas del sistema

- navegación rápida hasta un objeto de proceso específico de la vista
- mejor conocimiento de la situación para detectar rápidamente alarmas, tipos de alarmas y estado de la vista de proceso actual.

—  
 Cuando hay al menos una alarma urgente, los testigos se iluminan en rojo. Cuando solo hay avisos, el color cambia a naranja.

03



Características del prototipo:

- una GUI adaptable que permite ajustar el tamaño del texto y los gráficos en pantalla en función de la ubicación del operario dentro o fuera de la sala de control →1–2
- una luz interactiva que proyecta luz ambiental blanca cuando no hay alarmas. Cuando hay al menos una alarma urgente, los testigos se iluminan en rojo. Cuando solo hay avisos, el color cambia a naranja. Además de los colores, también se puede cambiar la intensidad de la luz para indicar la prioridad de las alarmas →3

—  
01 Cuando el operario está cerca de la pantalla, se usa una GUI menor.

—  
02 Cuando el operario se aleja de la pantalla, la GUI se agranda.

—  
03 Alumbrado conectado a las alarmas que se disparan en la sala de control.

—  
04 La voz y la mirada fuerzan la presentación de información de un proceso concreto.

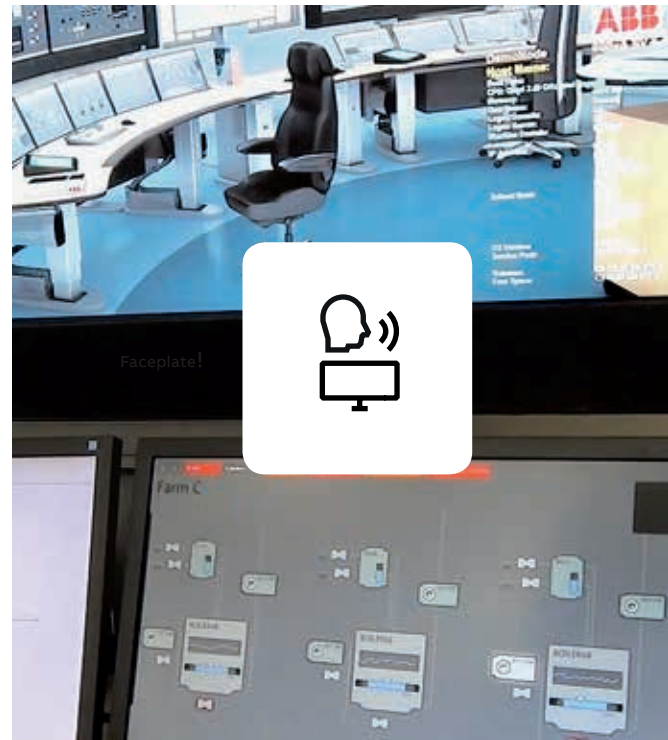
—  
05 Uso de Leap Motion para señalar y seleccionar un gráfico del proceso de control.

- distintos sonidos indican qué objeto es la causa de la señal de alarma y su gravedad; así, la alarma de una caldera emite un ruido de agua hirviendo.
- tecnología de seguimiento de la mirada, reconocimiento de voz e interacción gestual con el sistema de control. Gracias a Microsoft Kinect, un dispositivo de seguimiento de la mirada de Tobii (Tobii es líder mundial en este ámbito), tecnología de reconocimiento de voz y Leap Motion (un software de control de movimientos creado por la empresa estadounidense epónima), los operarios pueden interactuar con el sistema mirando un gráfico del proceso mientras dictan órdenes habladas como

—  
**La primera medida para diseñar una solución que promueva la movilidad del operario es conocer a fondo el trabajo que se hace en las salas de control.**

“abrir el panel frontal” →4. Este ejemplo de interacción genera información sobre el objeto enfocado que se muestra al operario. Además, éste puede hacer un gesto hacia arriba o hacia abajo para desplazarse por la jerarquía de vistas del sistema. Asimismo, el operario puede usar el dedo índice como puntero del ratón para seleccionar objetos y hacer clic →5.

Estos modos de interacción liberan al operador del teclado y el ratón para interactuar con el proceso y le permiten trabajar de forma más libre y flexible.

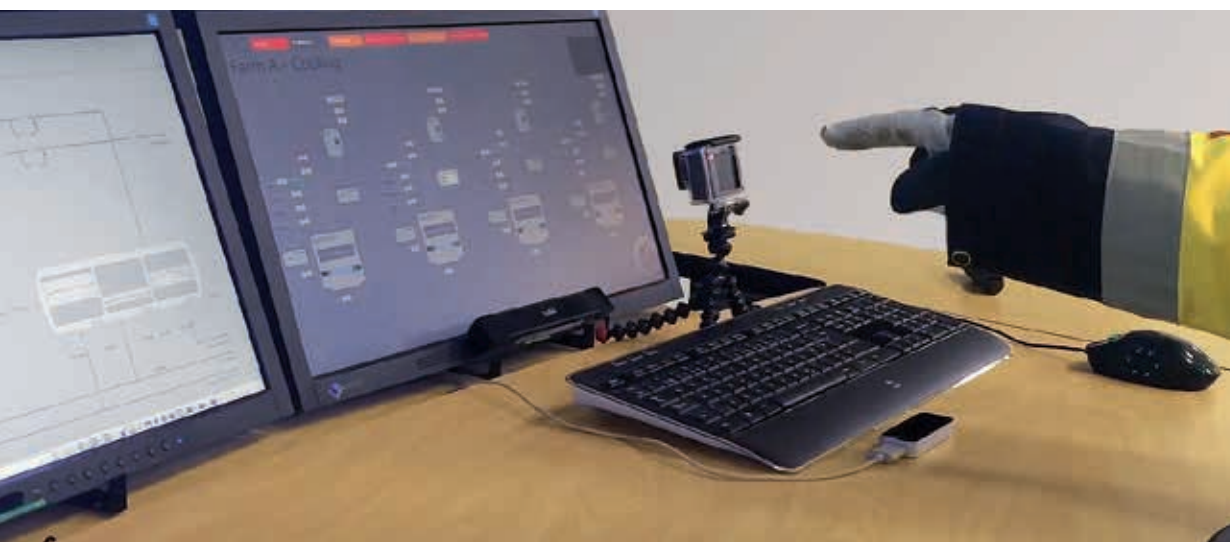


04

También acaban con el problema de encontrar el ratón correcto en una mesa en la que hay varios, para que el operario se centre en su tarea. Los operarios están siempre al tanto de la situación gracias a la capacidad de acceder a la información que necesitan a la vez que pueden salir y entrar libremente de la sala de control.

Este tipo de solución se puede utilizar en muchos procesos industriales y concede al operario mayor libertad de movimiento sin saltarse las normas operativas. ●

05



---

DISEÑADO PARA LA SEGURIDAD

# Modelización del aislamiento en subestaciones de alta tensión

El objetivo de la coordinación del aislamiento es determinar la resistencia del dieléctrico de los transformadores y otros equipos de subestación con relación a las sobretensiones que puedan presentarse en el sistema. Una vez evaluadas las características del aislamiento, el proyectista puede escoger un esquema de protección adecuado que reduzca o elimine la posibilidad de un fallo por sobretensión.

**Tomasz Kuczek**  
**Tomasz Chmielewski**  
ABB Corporate Research  
Cracovia, Polonia

tomasz.kuczek@pl.abb.com  
tomasz.chmielewski@pl.abb.com

**Akram Abdel-Latif**  
ABB Power Grids, Grid  
Integration  
Baden, Suiza

akram.abdel-latif@ch.abb.com

Las sobretensiones en sistemas eléctricos pueden responder a distintos incidentes. Estos pueden representarse en el dominio de la frecuencia, en línea con las normas internacionales de coordinación del aislamiento (serie IEC 60071), y se caracterizan principalmente por su magnitud, tiempo de elevación y frecuencia.

Aquí daremos prioridad a los fenómenos de alta frecuencia. Se clasifican como transitorios de frente rápido. Tales transitorios suelen responder a sobretensiones causadas por rayos y pueden traducirse en subidas de tensión de cinco veces la nominal o más.

---

Los transitorios de frente rápido suelen responder a sobretensiones causadas por rayos, con valores de cinco o más veces la tensión nominal.

Unos descargadores de sobretensión bien dimensionados y situados (como la serie Polim de ABB) son muy eficaces para limitar sobretensiones excesivas. Aunque su aplicación está clara, hay varios aspectos que deben tenerse en cuenta al elegir el descargador.

01



—  
01 ¿Qué medidas deben adoptarse para garantizar que el equipo de una subestación pueda manejar las sobretensiones causadas por un rayo u otro fenómeno? (La imagen ilustra una subestación de 132 kV).

Entre esos aspectos, el más complejo es valorar la protección frente a la sobretensión durante las condiciones transitorias.

En el pasado, los técnicos no podían llevar a cabo los complicados estudios que proporcionarían una mejor comprensión de los fenómenos transitorios. Actualmente, el software de simulación de

—  
**Unos descargadores de sobretensión bien dimensionados y situados son muy eficaces para limitar sobretensiones excesivas.**

transitorios electromagnéticos (EMT) viene en ayuda de los proyectistas e incluso se considera imprescindible para la investigación de determinados casos.

#### **Modelización de los efectos de los rayos**

Las descargas de rayos son inevitables cuando se alimenta una subestación de alta tensión (AT) con líneas de transporte aéreas →1. El rayo puede alcanzar el cable de fase (descarga directa) o el de apantallamiento y ocasionar una descarga

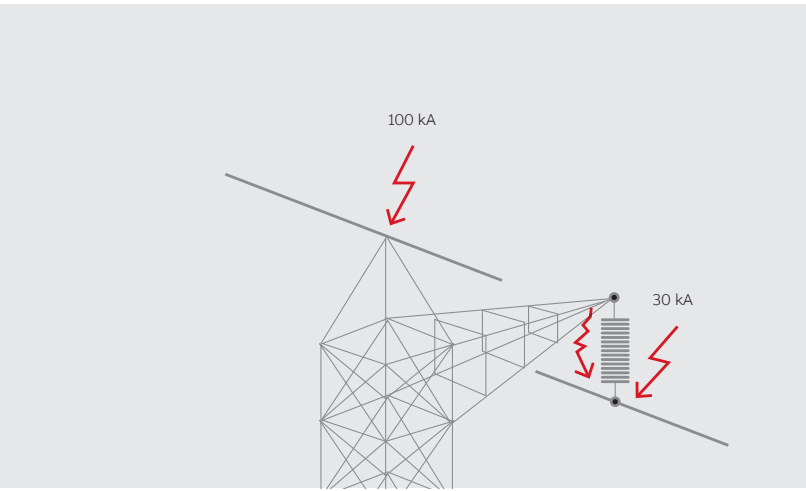
disruptiva a tierra sobre la cadena de aisladores. Las tensiones pueden alcanzar varios megavoltios a frecuencias de 50 kHz a 10 MHz.

Las magnitudes de intensidad y las formas de onda producidas por rayos que se utilizan para los estudios de EMT se seleccionan de acuerdo con directrices (IEC, CIGRE) del comité internacional de normalización que se han establecido a lo largo de muchos años de mediciones. A pesar de la naturaleza impredecible de los rayos, ese método asegura un nivel satisfactorio de aproximación a las intensidades producidas por ellos →2.

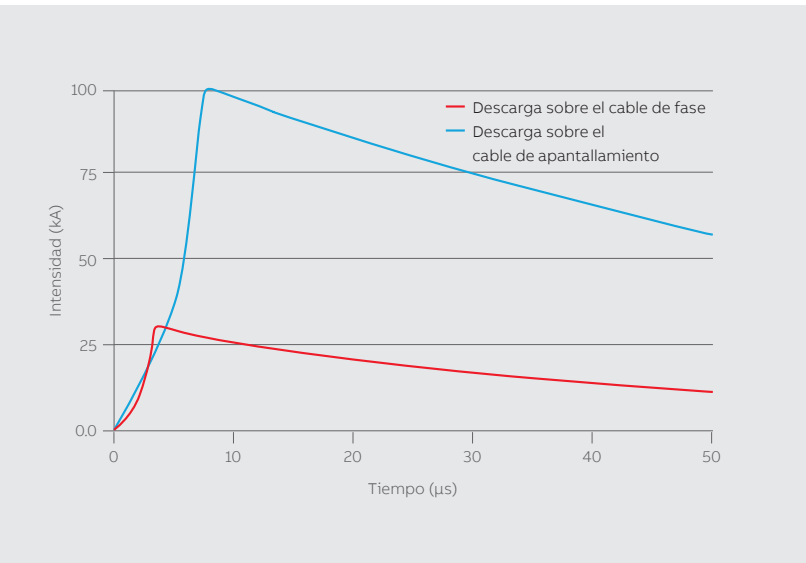
#### **Proteja su subestación**

Tras una descarga directa o a tierra se genera una onda de sobretensión que se propaga a lo largo del conductor de fase hasta la subestación. Limitar esas sobretensiones es vital para el funcionamiento seguro y fiable de los equipos de la subestación, especialmente de los transformadores, que son los componentes más costosos del sistema eléctrico. Las sobretensiones pueden atenuarse gracias a las características no lineales de los descargadores de sobretensión basados en el óxido de zinc. Estos descargadores consumen una intensidad insignificante en estado estacionario, y muy alta (del orden de kA) cuando se enfrentan a sobretensiones inducidas por descargas de rayos u otros incidentes.

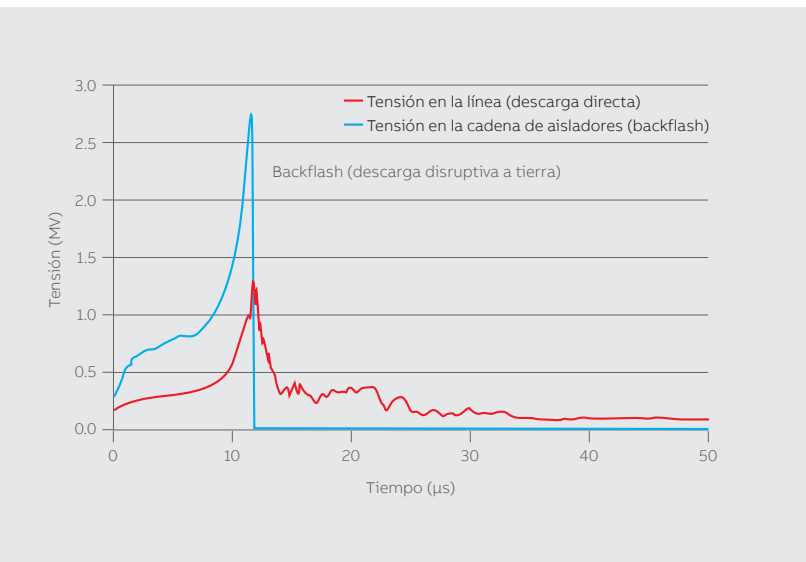




02a



02b



02c

Gracias a esa característica, las sobretensiones se reducen por debajo de los niveles máximos admisibles.

→3 muestra el comportamiento de la tensión durante una descarga de rayo de 8/20 µs con respecto a  $U_c$ , la tensión máxima de funcionamiento continuo (MCOV).

La regla general es mantener el descargador de sobretensión tan próximo como sea posible al equipo que se trata de proteger.

Los valores 8 y 20 son, respectivamente, el tiempo de elevación de la cresta de intensidad y el de salida de la cola, en µs, de la curva del impulso. El valor 8/20 es una de las varias formas de onda de intensidad de descarga normalizadas utilizadas desde hace muchos años. Se usa con frecuencia, aunque no represente con precisión todas las descargas de rayos.

**Simulación de sobretensiones de rayos**

En los estudios de coordinación del aislamiento se debe suponer que las peores condiciones posibles se presentarán juntas al mismo tiempo. Planificar esta eventualidad exige la verificación de varios aspectos críticos de la aplicación, como la cresta y la pendiente de la corriente del rayo, la topología de la subestación, la configuración del tendido aéreo, la presencia de cables de AT, la estructura de las torres y las características y la localización de los descargadores de sobretensión. Estos aspectos pueden tenerse en cuenta empleando una red típica de AT modelizada en el software EMTP-ATP (Programa de Transitorios Electromagnéticos – Programa de Transitorios Alternativo). La red estudiada aquí se compone de una línea aérea de 380 kV, un cable de AT que alimenta la aparatenta aislada por gas de la subestación y un transformador de potencia →4.

En → 5–6 se presentan ejemplos de resultados de simulación para descargas de rayos en el conductor de fase (descarga directa) y en el cable de guarda (descarga a tierra). Se ve que la aplicación de descargadores de sobretensión reduce el valor máximo de pico de sobretensión por debajo de los límites admisibles del nivel de aislamiento básico (BIL), que, según la norma IEC 60071, es 1425 kV



—  
 02 Simulación de EMT cuando un rayo alcanza una torre según CIGRE WG 33.0.

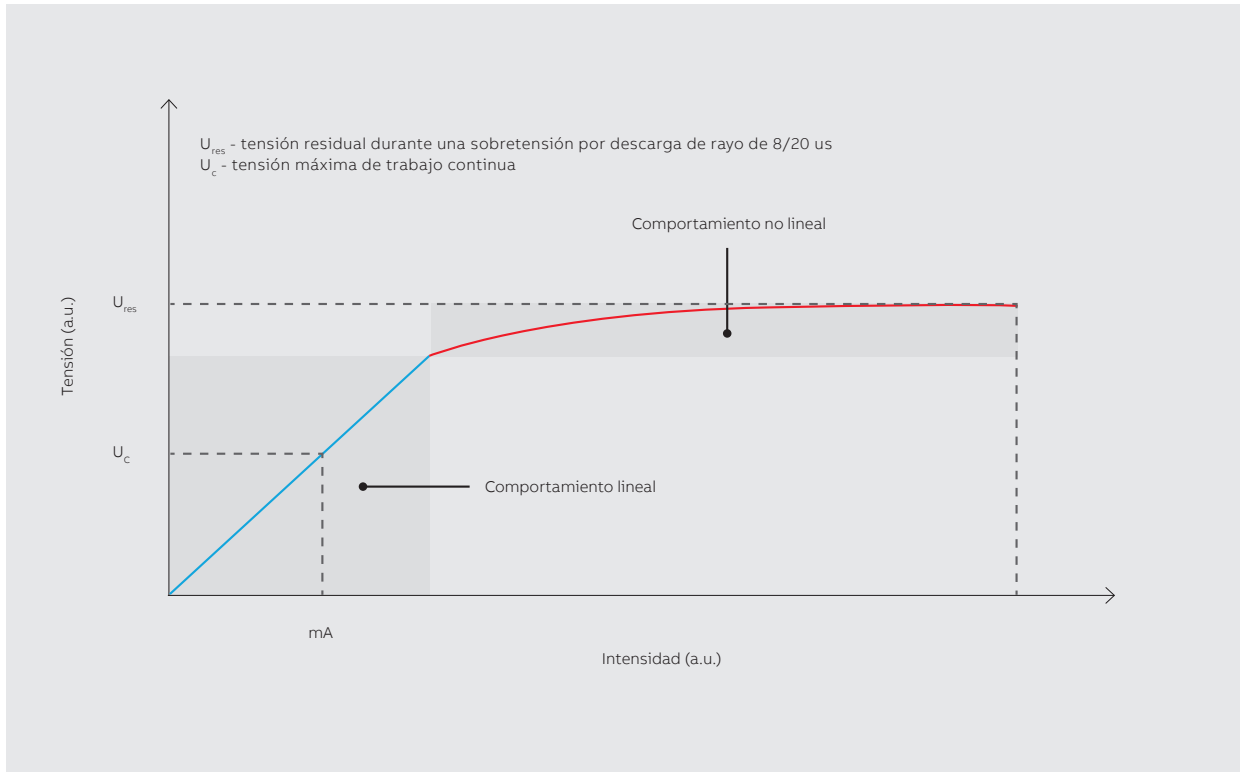
02a Puntos de la torre alcanzados por el rayo.

02b Avalanchas de corriente típicas generadas por el rayo.

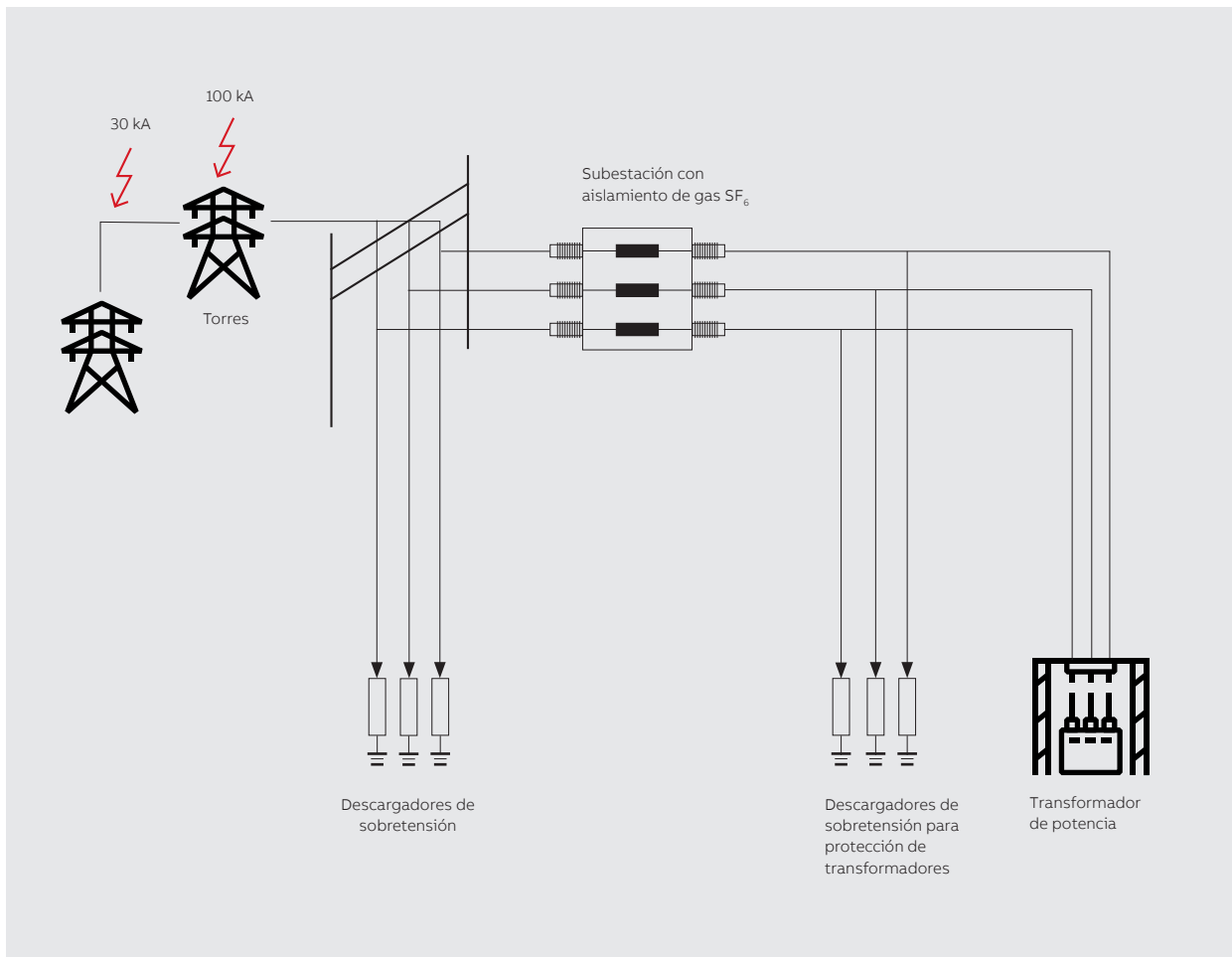
02c Intensidad típicas generadas por el rayo.

—  
 03 Respuesta no lineal del descargador de sobretensiones PEXLIM de ABB.

—  
 04 Esquema simplificado del sistema de 380 kV estudiado.



03



04

(valor de pico) para redes de 400 kV. Esta norma propone asimismo un denominado factor de seguridad,  $kS$ , de 1,15. Algunos clientes tienen sus propias normas con un  $kS$  de 1,20 o 1,25. Este mayor margen de error implica especificaciones más estrictas de los descargadores de sobretensión.

—

**ABB ofrece también un servicio de simulación de coordinación de aislamiento en otros dominios relevantes, como análisis relativos a la conmutación de interruptores o seccionadores.**

#### No olvide que...

Además de los propios descargadores de sobretensión hay que considerar otros factores, como la longitud de los cables que interconectan los descargadores. Aquí, la norma es mantener el descargador de sobretensión tan próximo como sea posible al equipo que se quiere proteger (transformador, cable o apartamento). Unas conexiones demasiado largas reducen la capacidad de amortiguación de sobretensiones de los descargadores, en especial a frecuencias mayores. Este efecto se debe a la reactancia inductiva de las conexiones, que desempeñan un papel más importante durante los transitorios de alta frecuencia que en las condiciones estacionarias a 50 o 60 Hz →7–8.

En otras palabras: durante el episodio del rayo se produce una caída de tensión añadida que puede aumentar los valores de la sobretensión y hacer que se superen los niveles de BIL.

Por lo tanto, los ingenieros proyectistas deben mantener los cables de los descargadores de sobretensión tan cortos como sea posible. Esto es especialmente importante en sistemas de AT y ultra-AT, donde los cables suelen ser largos.

Otro factor que debe tenerse en cuenta es la capacidad del descargador para admitir las grandes cantidades de energía generadas en las descargas. A los descargadores de sobretensión se les asigna un valor de descarga de línea que va desde la clase 1 (la más baja) a la 5 (la más alta) que refleja su capacidad para manejar la energía.

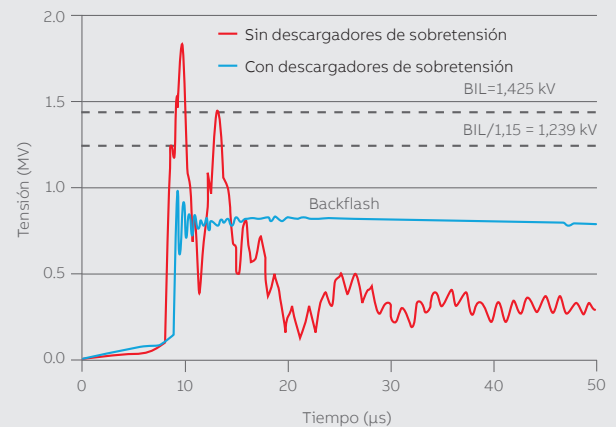
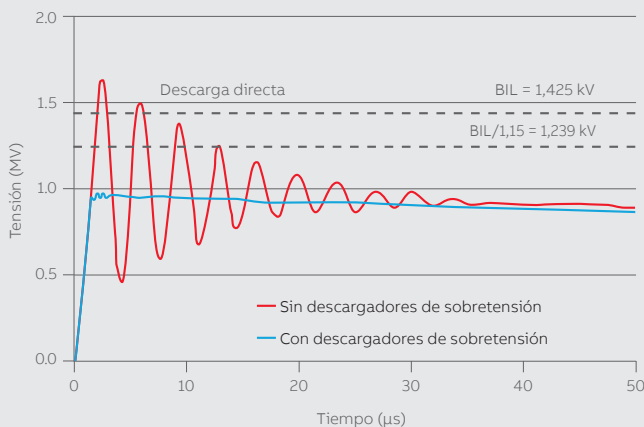
Pueden elegirse dispositivos de clase 2 para zonas menos peligrosas con caídas de rayos infrecuentes y operaciones de conmutación ocasionales. La clase 5 es necesaria para zonas de gran actividad de rayos o instalaciones con operaciones de conmutación frecuentes (diarias) →9. A veces, los proyectistas utilizan un dispositivo de clase superior a lo estrictamente necesario para disponer de un margen de seguridad añadido.

#### Método orientado al usuario

En todo proyecto en que ABB lleve a cabo labores de ingeniería, instalación y puesta en servicio de apartamento de AT aislada por gas, hay que verificar la idoneidad de los descargadores de sobretensión propuestos. Casi todos los clientes quieren estudios basados en las normas internacionales aplicables más recientes, tales como:

- La serie IEC-60071
- La norma IEEE C62.82.1 (revisión de las IEEE 1313.1 y 1313.2).

El cliente espera que ABB aplique estas normas en sus estudios de transitorios de alta frecuencia.



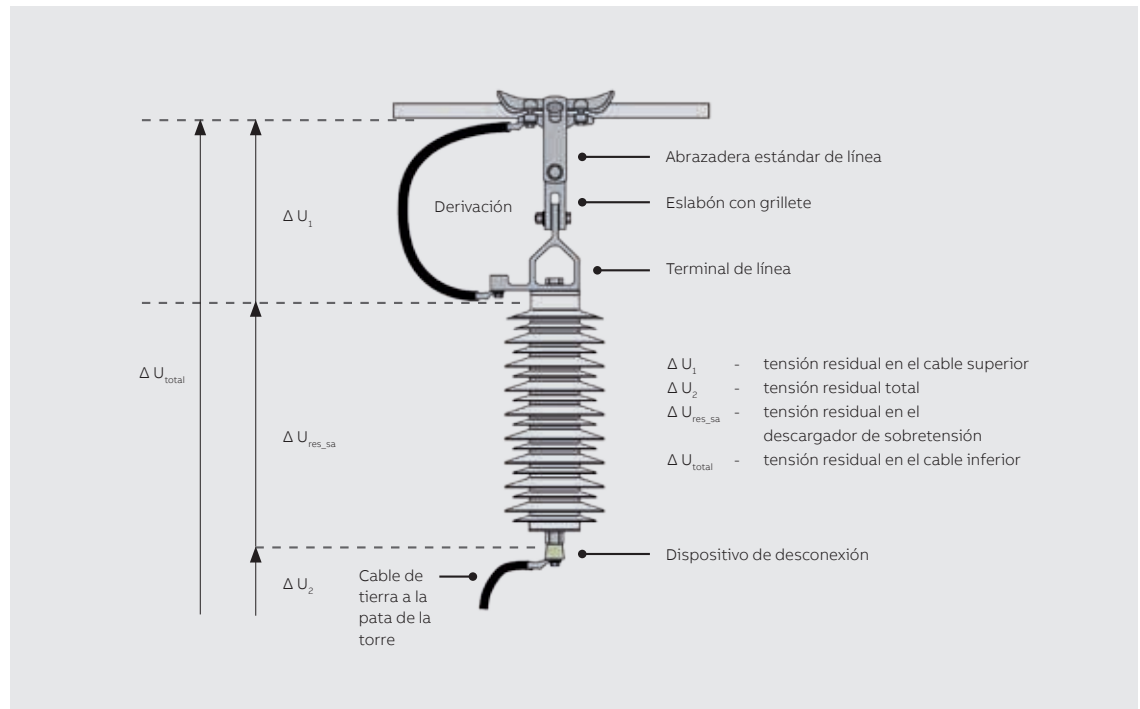
05 Resultados de la simulación: sobretensiones simuladas en los terminados del transformador de AT tras una descarga directa.

06 Simulación de sobretensiones tras una descarga a tierra.

07 Tensiones residuales en un descargador de sobretensiones con conexiones por cable superior e inferior.

08 La sobretensión en función de la longitud total del cable.

09 Comparación de tensiones residuales para distintas clases de descarga del descargador de sobretensiones durante la avalancha de corriente inducida por un rayo (8/20  $\mu$ s).



07

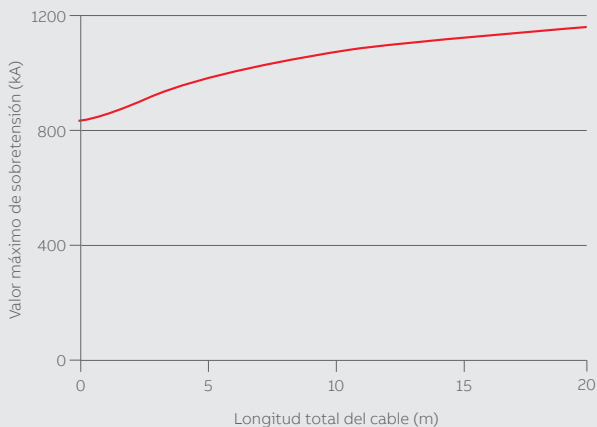
Además, algunos clientes tienen sus propias especificaciones técnicas de proyecto (PTS), que deben considerarse y referenciarse en el informe

Las tensiones pueden alcanzar valores de hasta varios megavoltios a frecuencias de 50 kHz a 10 MHz.

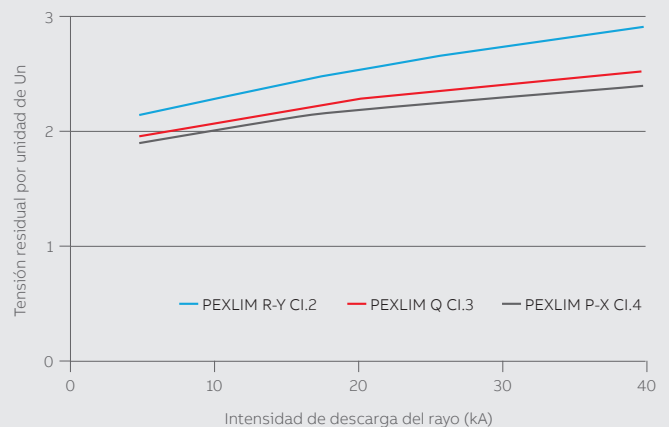
final. Es de suma importancia llegar a acuerdos en caso de desviaciones respecto a los requisitos finales del cliente. En determinados casos hay que acudir a un método especial que no está totalmente especificado en las normas internacionales.

El cliente tiene siempre derecho a revisar el informe del estudio de coordinación del aislamiento para aclarar cualquier duda. Esta total transparencia y disposición a debatir aseguran la entrega de resultados correctos que cumplen con todos los requisitos del cliente.

Por supuesto, un estudio de sobretensiones por rayos es sólo un aspecto del proyecto de la subestación. Vale la pena añadir que ABB suministra además un servicio de simulación de coordinación de aislamiento en otros dominios relevantes, como análisis relacionados con eventos de conmutación cuando se accionan interruptores o seccionadores, a todos los niveles de tensión. ●



08

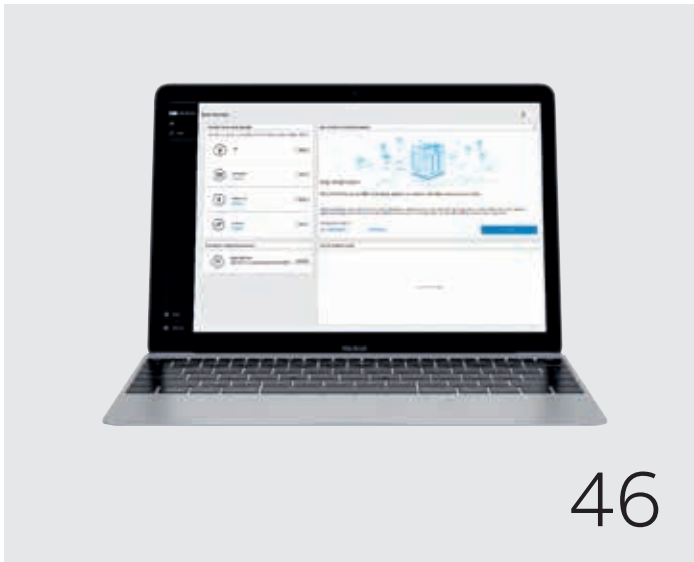


09



# Análisis digital





46

La “nube” es un término aproximado que describe la recopilación, agrupación, análisis y aplicación de datos de forma distribuida, con frecuencia a velocidades que superan la capacidad de intervención humana. Suele aplicarse cuando hay en juego elementos de seguridad o financieros que exigen una intervención rápida. ABB mantiene su liderazgo en el uso de estas herramientas para tecnologías de las que dependen aplicaciones industriales críticas. Su nueva plataforma ABB Ability™ proporciona a los clientes capacidad para colaborar, optimizar, automatizar y evaluar datos. Lleva claridad a la nube.

- 46      Supervisar, optimizar y controlar redes eléctricas con ABB Ability™
- 53      Seguridad física de transformadores con sensores y analítica de borde



53

## ANÁLISIS DIGITAL

# Supervisar, optimizar y controlar redes eléctricas con ABB Ability™

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability potencia la conectividad de los interruptores automáticos Emax 2 para crear una potente solución ABB Ability basada en la nube diseñada para supervisar, optimizar y controlar sistemas de distribución eléctrica de baja tensión.



**Nicola Scarpelli**

ABB Electrification  
Products, Protection and  
Connection  
Bérgamo, Italia

nicola.scarpelli@it.abb.com

El mundo del suministro eléctrico estuvo controlado en otra época por enormes compañías públicas que generaban electricidad en grandes centrales. Las redes de transporte y distribución que llevaban la energía hasta el usuario final eran propiedad de las mismas organizaciones. La liberalización modificó por completo esta situación. Ahora, una multitud de empresas se encarga de la generación, el transporte y la distribución de la electricidad.

Otro catalizador del cambio fue el aumento de las fuentes renovables que suministran actualmente una parte importante del balance energético en muchos países.

En este nuevo panorama, el coste y la complejidad son aspectos críticos. Cualquier gasto añadido para instalar hardware y software de control, supervisión o gestión de sistemas se hace rápidamente inaceptable en comparación con el gasto total. La mayor complejidad del sistema también crea costes añadidos. El empeño en reducir estos desembolsos ha dado lugar a muchas soluciones innovadoras de hardware y software. Pero con tal cantidad de sistemas digitales en oferta y de proveedores, hace falta un enfoque totalmente integrado.

## ABB Ability

A finales de 2016, ABB presentó su nueva plataforma de software centralizado ABB Ability. El objetivo de ABB Ability es reunir todos los productos y servicios de ABB –cada uno de ellos creado a partir de una combinación única de conocimiento del sector, liderazgo tecnológico y experiencia digital– para crear valor comercial para los clientes de ABB. Además de incluir la oferta digital de ABB, ABB Ability mejorará las capacidades del Industrial Internet of Things de ABB (IIoT) mediante un plano horizontal ampliable que abarca todas sus divisiones comerciales.

ABB Ability cae en tierra fértil: con una de mayores bases instaladas del sector, más de 70.000 sistemas digitales de control y más de 70 millones de dispositivos trabajando, el potencial que ABB Ability presenta para los clientes de ABB es enorme.

A fin de mejorar las prestaciones y garantizar la mayor fiabilidad y seguridad, ABB Ability se ha apoyado en Microsoft Azure. ABB y Microsoft Corporation han formado una asociación estratégica para que los clientes se beneficien de la combinación única de Azure y el profundo conocimiento y la amplia cartera de soluciones industriales de ABB.

—  
01 Emax 2 es el nodo de datos de la microrred de VT o de otras redes eléctricas.

La transformación digital que se obtendrá con la asociación va mucho más allá de la infraestructura eléctrica mencionada: sectores industriales como robótica, naval y puertos, edificios, vehículos eléctricos y energía renovable se beneficiarán asimismo de la plataforma de conectividad integrada basada en la nube alojada en Microsoft Azure.

#### **Emax 2 y el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability**

Los equipos de baja tensión de ABB y el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability se combinan en el campo de los sistemas eléctricos para aprovechar plenamente la potencia de ABB Ability y dar al usuario medios para desplegar una solución innovadora de energía y gestión de recursos.

Dotando de inteligencia un producto ya instalado, como el interruptor automático Emax 2, y explotando una infraestructura de comunicaciones también presente (Internet), se puede proporcionar protección sofisticada, optimización, conectividad y lógica además de gestión de carga, generación y almacenamiento sin necesidad de costosos dispositivos adicionales. Con la incorporación del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability se abre la puerta a la funcionalidad añadida que permite al usuario supervisar, optimizar y controlar sistemas eléctricos con la plataforma Azure basada en la nube que forma parte del concepto ABB Ability.

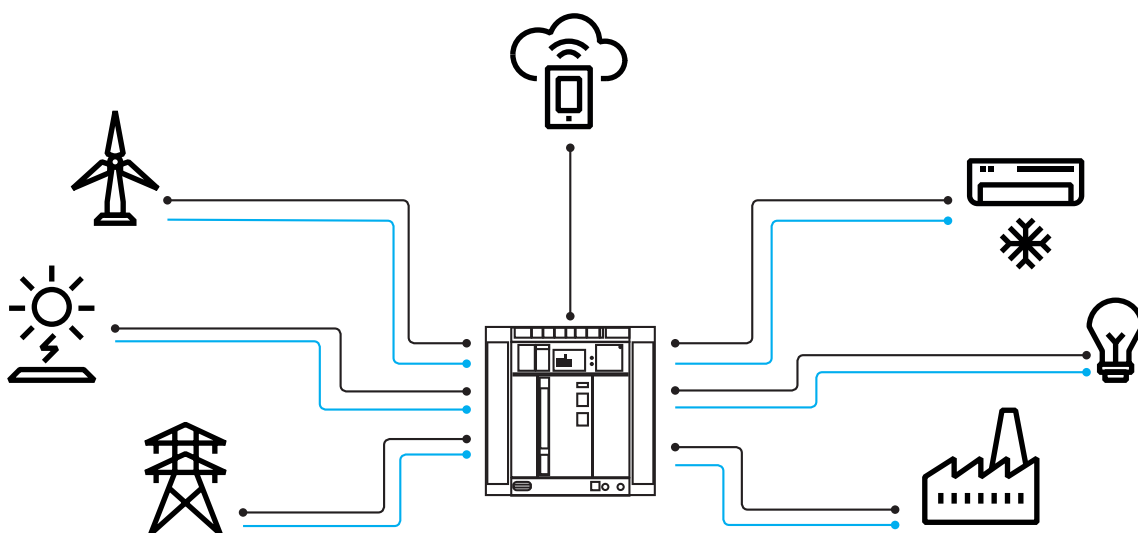
El interruptor automático de aire Emax 2 puede convertirse en el núcleo inteligente de los sistemas de distribución eléctrica de baja tensión y gestionar los flujos de electricidad y de datos →1.

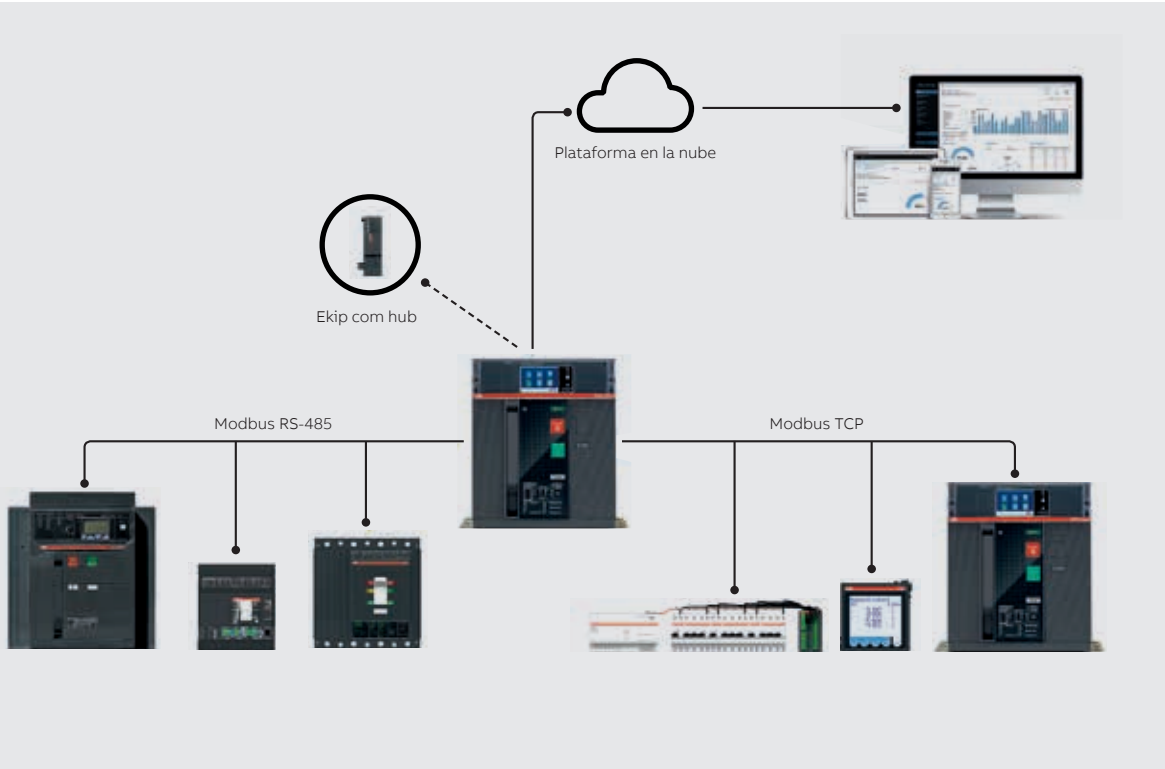
—  
**El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es una plataforma basada en la nube diseñada para supervisar, optimizar y controlar.**

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es una plataforma basada en la nube para sistemas eléctricos diseñada para:

- Supervisar: determinar el rendimiento de la planta, supervisar el sistema eléctrico y conseguir acceso inmediato a la información de mayor importancia.
- Optimizar: recoger datos de cada dispositivo, analizarlos y utilizar los resultados para informar las decisiones comerciales
- Controlar: preparar informes y alertas; establecer a distancia una estrategia de gestión energética eficaz.

Por su gran capacidad de ampliación de servicios y su gran flexibilidad de aplicación, el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es adecuado para industrias pequeñas y medianas y





02

para edificios comerciales y públicos. Se ha diseñado para usuarios finales, gestores de servicios, consultores y constructores de cuadros eléctricos.

### El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es adecuado para industrias pequeñas y medianas y para edificios comerciales y públicos.

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proporciona también acceso a varios emplazamientos; puede supervisar y comparar de forma simultánea los rendimientos de distintas instalaciones. Además, permite definir el perfil de la experiencia de los usuarios de acuerdo con el nivel de acceso que precisan.

De este modo el usuario conoce siempre el rendimiento real del sistema y hace análisis de eficiencia y auditorías sin necesidad de evaluaciones sobre el terreno. Se puede acceder a datos en tiempo real y a tendencias históricas en uno o varios emplazamientos, comparar rendimientos y crear patrones de referencia. Un solo técnico puede hacerse cargo de varios centros y, como el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability diagnostica continuamente los dispositivos del sistema eléctrico, las medidas mantenimiento

pueden limitarse a lo estrictamente necesario. Este nivel más alto de mantenimiento predictivo mejora las operaciones y reduce los costes.

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability se puede integrar en sistemas de supervisión y automatización más complejos y así simplificar las operaciones y reducir costes. Confiando al Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability la distribución eléctrica es posible reducir un 15 por ciento el coste global y el tiempo de instalación de un sistema de gestión de edificios.

Quizá lo más valioso del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es la simplificación de los procesos y actividades de gestión energética y de recursos en las instalaciones. El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability está específicamente diseñado para facilitarlos.

#### Arquitectura del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability funciona mediante una interfaz web y se puede utilizar en cualquier momento y en cualquier lugar con un smartphone, una tablet o un ordenador personal. Ofrece acceso multiusuario y se conecta de forma inmediata al sistema de distribución eléctrica de baja tensión.

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability ofrece servicios en la nube para remodelar la base instalada y las versiones anteriores de los interruptores de ABB.



—  
02 Solución integrada con Electrical Ekip Com Hub de ABB Ability.

—  
03 Solución externa con Ekip E Hub.

El sistema eléctrico se puede conectar plug-and-play a la plataforma de cálculo en la nube compartiendo datos con Emax 2 o con Ekip E-Hub. La solución puede estar integrada o ser externa.

### Solución integrada

Un Emax 2 equipado con el nuevo módulo Ekip Com Hub establece la conexión con la nube →2. Este módulo de comunicación en cartucho se

## El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proporciona asimismo acceso a varios emplazamientos.

inserta en la caja de terminales y se conecta a Internet. Otros dispositivos pueden también compartir mediciones y datos con Ekip Com Hub y la nube equipando Emax 2 con uno de los módulos de comunicación siguientes:

- Ekip Com Modbus RS-485
- Ekip Com Modbus TCP
- Ekip Link

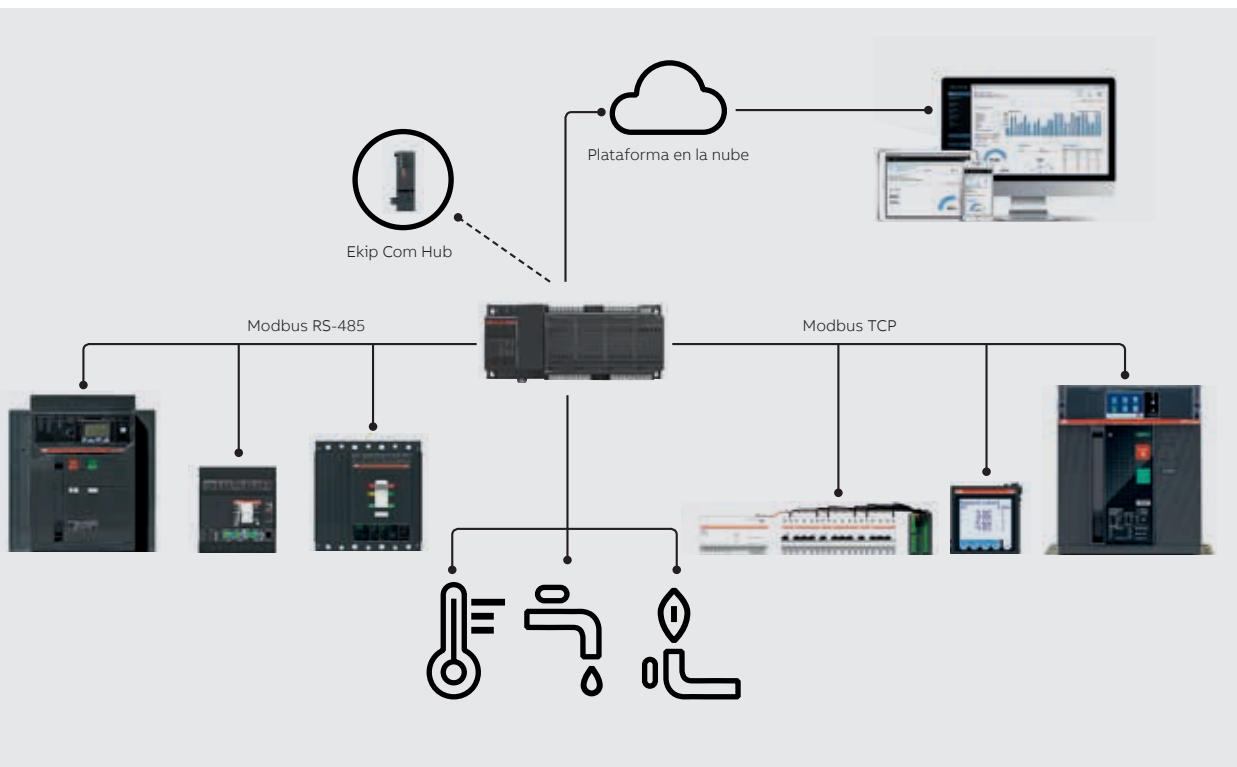
El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability está diseñado para facilitar las cosas: accediendo al módulo Ekip Com Hub desde el software Ekip Connect se ejecuta una puesta en servicio guiada en sólo algunos minutos gracias a conexiones de autoconfiguración.

### Solución externa

Puede montarse un hardware externo en un carril DIN para recoger datos del sistema eléctrico →3. Pueden conectarse además sensores de temperatura, humedad y consumo de agua mediante entradas/salidas analógicas y digitales. Módulos opcionales para Wi-Fi o GPRS amplían las posibles aplicaciones.

### Supervisión

Las funciones de supervisión se ejecutan mediante complementos preconfigurados en el panel del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability. Pueden procesarse datos de una o varias plantas para ver las tendencias de consumo y generación. El sistema ofrece también información en tiempo real de la demanda, las tendencias de pico y el factor de potencia, así como de la calidad de la electricidad → 5. Las herramientas del



—  
04 Panel del sistema de control de la distribución eléctrica ABB Ability.

—  
05 El panel del sistema de control de la distribución eléctrica ABB Ability proporciona acceso a los datos de una o varias plantas.

—  
06 La potente función de gestión de activos del sistema de control de la distribución eléctrica ABB Ability.

—  
07 Las alertas a tiempo incrementan la eficiencia de explotación.

Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability simplifican el intercambio de información y mejoran la eficiencia día tras día, con menor riesgo de inmovilización y una reducción de costes de mantenimiento de hasta el 30 por ciento.

La potente función de gestión de recursos del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proyecta una visión cotidiana de la planta.

El usuario puede, en efecto, descargar cuando quiera diagramas, fotos, esquemas técnicos de conmutación e imágenes de paneles sinópticos de la planta → 6. Estas imágenes pueden hacerse interactivas con etiquetas, y herramientas de arrastrar y soltar. El usuario tiene siempre acceso a toda la información sobre recursos que necesite:

- Estado de los dispositivos.
- Parámetros generales, como tipo de dispositivo, números de serie y parámetros asignados.
- Datos de mantenimiento, como operaciones de mantenimiento más recientes, desgaste de los contactos, número de disparos, etc.
- Datos electrónicos, como versiones de software e información de relés.

El usuario dispone también de enlaces directos con los documentos y manuales de ABB pertinentes.

**Optimización**

El acceso a todos los datos relevantes permite al usuario maximizar la fiabilidad y la eficiencia. El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability recoge y exporta datos digitales, recopila informes y accede a tendencias históricas. El usuario pueden obtener conocimientos completos de los sistemas eléctricos para fijar valores de referencia y compararlos con las mejores prácticas. También puede archivar digitalmente actividades de mantenimiento y descargarlas en forma de informes.

La función Analytics del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability simplifica y mejora los análisis de compensación del factor de potencia, la gestión energética y la asignación de costes. Como se aprovechan todos los datos de una o varias plantas, la toma de decisiones está plenamente informada.

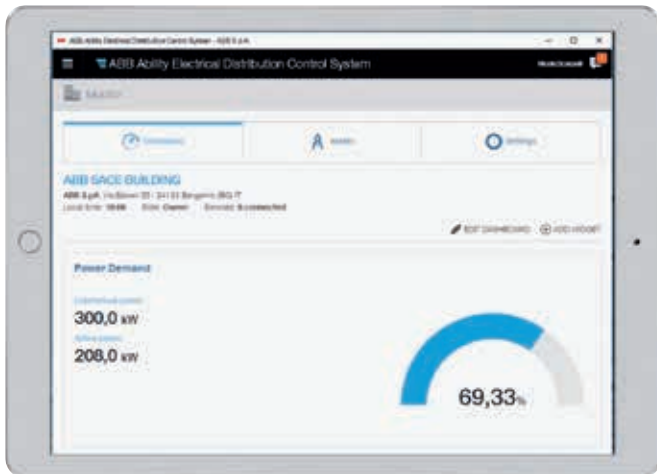
—  
**Quizá lo más valioso del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability es la simplificación de los procesos y actividades de gestión energética y de recursos en las instalaciones.**

**Control**

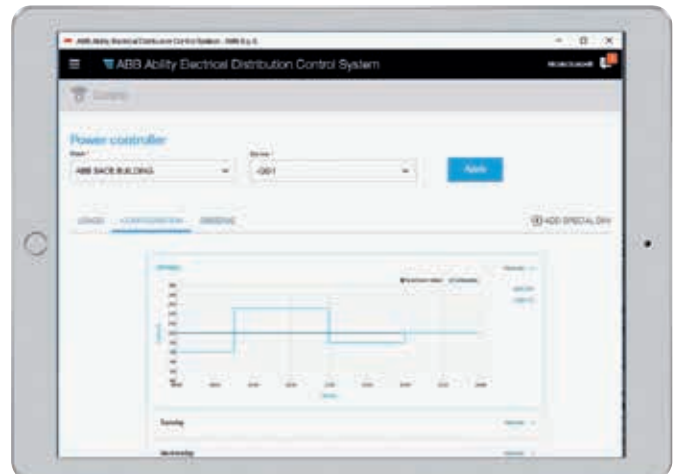
El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability no solo ayuda a determinar las necesidades de mejora, sino que también ejecuta a distancia una estrategia eficaz de control de picos y gestión energética.

La utilidad Controls simplifica la gestión de cargas y apoya las acciones con mediciones de precisión gracias al Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability y a la función Emax 2 Power Controller. La bajada de la demanda eléctrica por medio de una rutina de retirada e inserción de cargas no prioritarias facilita el ahorro de energía.

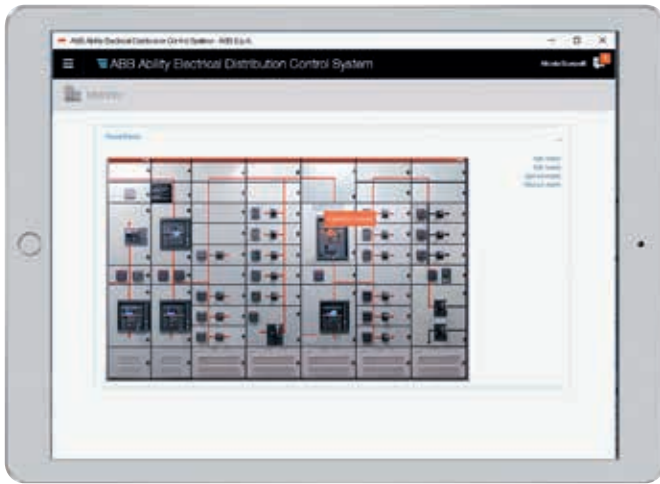
La función Alerts del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proporciona al usuario un sistema de alerta de la planta →7. Las alertas se adaptan a las necesidades y al plan de intervención, y envían al personal clave mensajes de texto y correo electrónico.



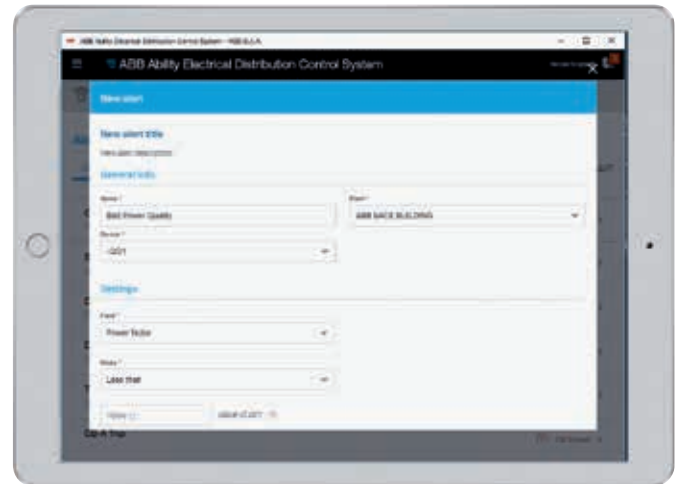
04



05



06



07

### Sencillez

La solución del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability elimina el alto coste y la complejidad de configuración de un sistema clásico de control y gestión de energía eléctrica. Basta enchufar el nuevo cartucho de comunicación Ekip Com Hub en la caja de terminales para conectarse a la nube. Cuando el sistema se pone en servicio con el asistente Ekip Connect con conexiones autoconfigurables, el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proporciona ventajas inigualables, como la conexión de un panel a la nube en unos 10 minutos →8.

—

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability se maneja con una interfaz web y se puede utilizar en cualquier momento y en cualquier lugar mediante un smartphone, una tablet o un ordenador personal.

Una vez establecida la conexión, puede ampliarse el acceso a la plataforma a más usuarios, como asociados y empleados. A cada usuario se confían las tareas y autorizaciones adecuadas a su función en la planta.

No hacen falta configuraciones complicadas, adaptadores múltiples de carriles DIN ni pasarelas. En comparación con otras soluciones similares, el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica

ABB Ability reduce el número de componentes de hardware en un 60 por ciento. La arquitectura integrada del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability reduce también el tiempo de cableado y conexión y simplifica la integración de dispositivos en el sistema.

### El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability en la práctica

La primera instalación piloto del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability se llevó a cabo con una empresa pública italiana de suministro de aguas, el Consorzio di Bonifica Veronese. El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability proporcionó al cliente supervisión y alertas a distancia, lo que redujo el tiempo y los gastos de desplazamiento entre los distintos centros. También facilitó la intervención rápida y proactiva para recuperar las condiciones de trabajo normales, evitar fallos, llevar a cabo el mantenimiento y reducir los tiempos de inmovilización. Estas medidas ayudaron al cliente a ahorrar un 40 por ciento en tiempo de mantenimiento y un 30 por ciento en costes de explotación. El riesgo de penalización por mala calidad de la energía, siempre presente cuando se utilizan bombas hidráulicas con carga variable, también disminuyó mucho.

Además, la disponibilidad de estos datos permitió al cliente optar a un certificado de eficiencia energética por valor de 25.000 dólares sin gastar tiempo y dinero en auditores externos independientes. El cliente instalará ahora esta solución en muchas otras empresas de distribución de agua.



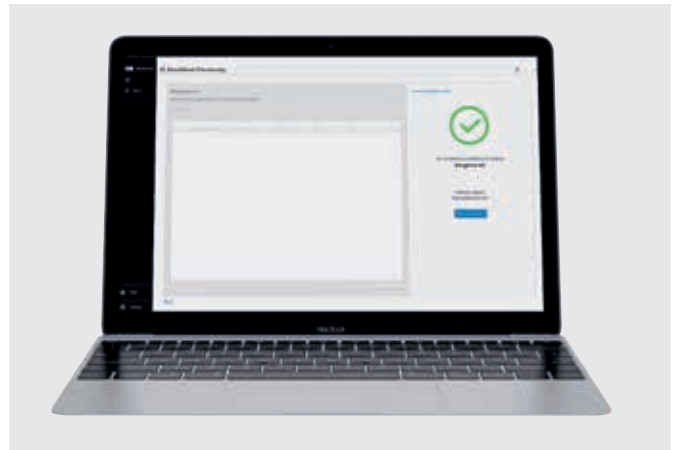
08a



08b



08c



08d

—  
08 Configuración sencilla.

08a Arrancar Ekip Connect 3.0 y seleccionar la función.

08b Explorar la red.

08c Configurar el dispositivo y la planta.

08d Publicar en la nube.

### ABB activa una de las mayores cubiertas solares de Dubai

Otra instalación del Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability está en una de las mayores cubiertas solares de propiedad privada de la región del Golfo, en Dubai, Emiratos Árabes Unidos. Se trata de la cubierta solar de 315 kW del edificio Al Quoz de ABB. La electricidad generada por la cubierta se utilizará para alimentar las oficinas de ABB, y el exceso de energía se enviará a la empresa eléctrica pública.

El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability conecta la cubierta solar al IIoT y crea un perfil digital de la instalación fotovoltaica, analiza continuamente la calidad eléctrica y sigue las tendencias de generación y demanda del edificio. El diagnóstico continuo de la cubierta solar maximiza la productividad y hace más efectivo e inteligente el mantenimiento.

### IIoT y Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability

ABB lleva más de un decenio proponiendo tecnologías para el IIoT con sus sistemas de control, soluciones de comunicación, sensores y software.

—  
El Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability recoge y exporta datos digitales, recopila informes y accede a tendencias históricas.

Ahora, con ABB Ability, las tecnologías IIoT disponen de un potencial aún mayor de explotación inteligente de datos para optimizar operaciones, aumentar la productividad y maximizar la flexibilidad. Emax 2 y el Sistema de Control de la Distribución Eléctrica ABB Ability son los ocupantes naturales de este espacio y van a cambiar radicalmente la supervisión, la optimización y el control de los sistemas eléctricos. ●

## ANÁLISIS DIGITAL

# Seguridad física de transformadores con sensores y analítica de borde

Una nueva tecnología de ABB mejora la seguridad física de la infraestructura eléctrica, especialmente la de los grandes transformadores de potencia (LPT), con sensores vibroacústicos, detección de impactos en tiempo real y analítica de borde.

**Mirrasoul J. Mousavi**  
**James Stoupis**  
ABB Corporate Research  
Raleigh, NC,  
Estados Unidos

**George Frimpong**  
ABB Power Products,  
Transformers  
Raleigh, NC,  
Estados Unidos

mirrasoul.j.mousavi@  
us.abb.com  
james.stoupis@  
us.abb.com  
george.k.frimpong@  
us.abb.com

Según un informe reciente de USA TODAY, la infraestructura eléctrica en Estados Unidos recibe un ataque cibernético o físico alrededor de una vez cada cuatro días [1]. Un sabotaje de una subestación en 2013 marcó el primer gran ataque intencionado a la infraestructura eléctrica y puso de relieve los cambiantes requisitos de seguridad física. El número creciente de ataques físicos y cibernéticos

a la infraestructura eléctrica es preocupante. Cuando se produce uno de esos ataques, los LPT suelen estar en el punto de mira, y con razón: aunque los LPT representan menos del 3 por ciento del parque de transformadores de EE.UU., entre un 60 y un 70 por ciento de la electricidad pasa por ellos en subestaciones de alta tensión [2] → 1.

01



Además, sustituir un LPT dañado y restaurar el servicio puede costar entre 5 y 16 meses. Los transformadores de potencia en general se

—

## Una nueva tecnología de ABB mejora la seguridad física de la infraestructura eléctrica con sensores vibroacústicos y análisis en tiempo real.

encuentran entre los recursos más críticos de la red eléctrica debido a la falta de repuestos, el diseño a la medida, los largos plazos de fabricación, las dificultades de transporte y los requisitos de su instalación.

Consciente de la importancia de la seguridad de la infraestructura de la red eléctrica, la NERC (North American Electric Reliability Corporation) ha elaborado a petición de la FERC (Federal Energy Regulatory Commission) la norma de fiabilidad CIP-014-1 que entró en vigor en octubre de 2015. La norma exigió a algunas empresas de transporte la evaluación de la vulnerabilidad de subestaciones críticas y la implantación de planes de seguridad para agosto de 2016.

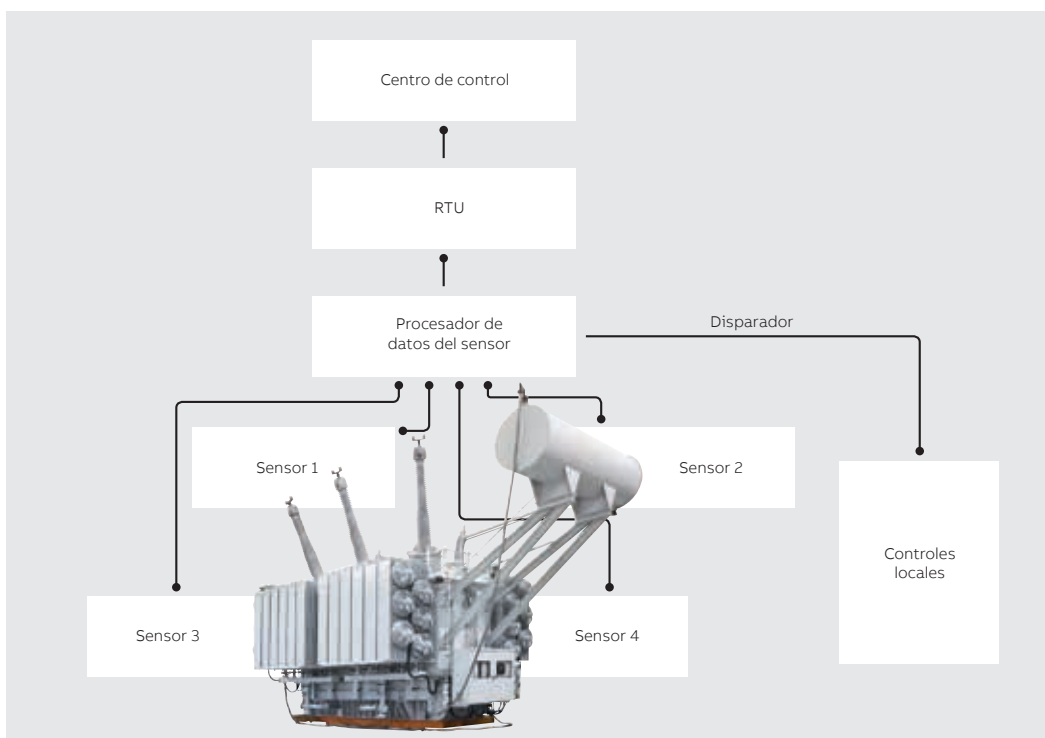
Una nueva tecnología de ABB patentada, de nombre comercial CoreStrike™, mejora la seguridad física de la infraestructura eléctrica con sensores vibroacústicos, detección de impactos en tiempo real y analítica de borde.

### Motivación

Según una encuesta reciente realizada por Utility Dive, el 80 por ciento de los ejecutivos de empresas eléctricas consideraban el sabotaje organizado como una amenaza para sus subestaciones [3]. La misma encuesta reveló que las compañías declararon 300 ataques físicos intencionados a la infraestructura eléctrica entre 2011 y 2014 que causaron alteraciones del suministro. La mejora de la seguridad física de las subestaciones y los transformadores de potencia con sensores y automatización afronta esta vulnerabilidad crítica que afecta a la fiabilidad de la red.

Si está comprometida la integridad física de un transformador, hay que abordar inmediatamente la situación, al menos operativamente, para limitar la magnitud del daño y evitar las importantes consecuencias y los daños secundarios que pudieran resultar de un fallo catastrófico. A pesar de su gran impacto, no se espera que los incidentes por ataque sean frecuentes y, por lo tanto, hay que tener en cuenta que el coste de instalación será limitado.

Para atender la vulnerabilidad de la infraestructura eléctrica, ABB ha desarrollado CoreStrike, un rentable sistema de detección y evaluación en tiempo real, y lo ha aplicado a los transformadores de potencia. Aunque hay varias tecnologías que atienden los requisitos de seguridad física de los componentes de subestaciones críticas, la seguridad física absoluta es prácticamente inalcanzable. Pero esto no consuela a los propietarios y usuarios de los grandes activos eléctricos. No obstante, el uso prudente de la tecnología



—  
01 Una parte sustancial de la electricidad de un país pasa por un número relativamente pequeño de transformadores de potencia. La tecnología de ABB ayuda a mejorar la seguridad de estos nodos vulnerables de la red. La imagen muestra un politransformador.

—  
02 Concepto y arquitectura de la solución.

—  
03 Prototipo del hardware de coste reducido.

descrita en este artículo como elemento integral de un plan de seguridad puede mitigar el impacto de un incidente y, en ciertos casos, evitarlo.

### Concepto y resumen de la solución

La propuesta de ABB para la detección y evaluación del impacto mediante sensores se compone de sensores especializados, un procesador de los datos de los sensores (SDP), una unidad terminal

—  
**La salida de los sensores se puede utilizar para cerrar válvulas del sistema de refrigeración si otros sensores detectan una pérdida de aceite o para abrirlas y activar un sistema de refrigeración redundante.**

remota (RTU) de comunicación a distancia y una interfaz con el centro de control →2. El SDP recopila y registra los tiempos de los datos de los sensores. También ejecuta tareas preliminares de procesamiento con los datos brutos, como filtrado y promediado.

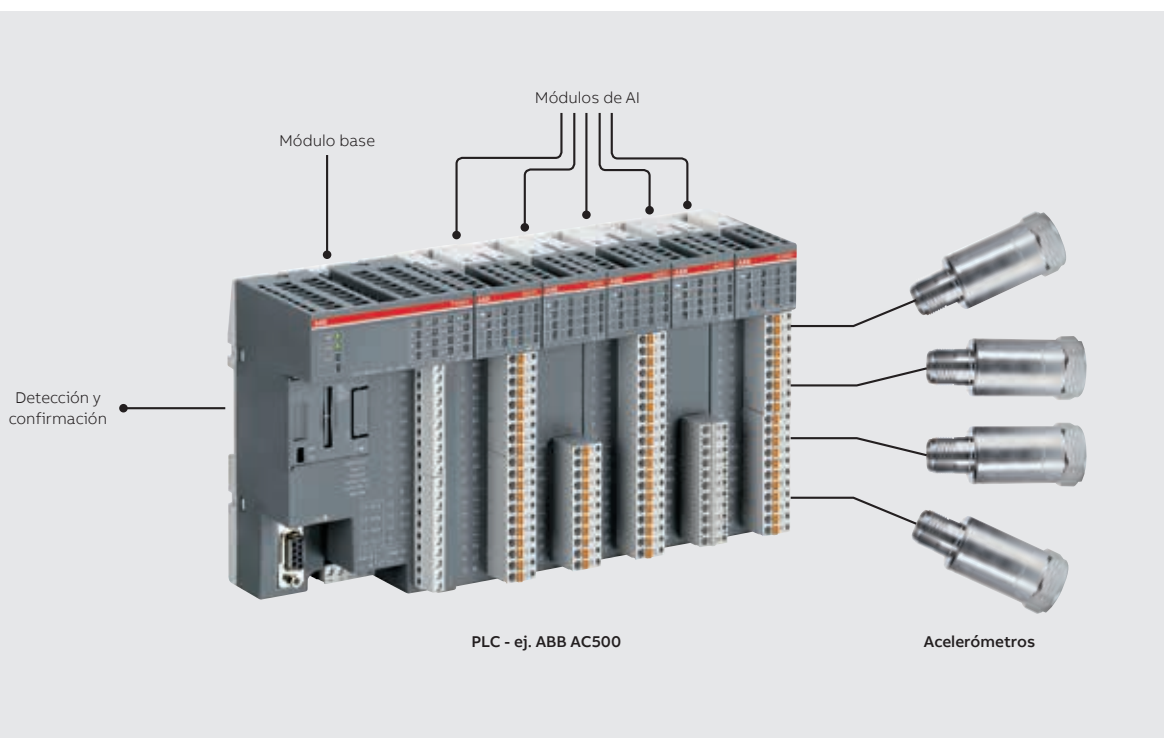
El SDP ejecuta algoritmos de detección que conducen a la producción y presentación de alarmas. Esto se conoce convencionalmente como analítica de borde. La salida de la unidad SDP

se recibe en la RTU y se envía por el medio de comunicación preferido al centro de control, donde se ejecutan algoritmos más complejos para evaluar los daños de la infraestructura o comprobar la integridad del recurso (análisis en la nube).

El resultado se presenta en tiempo real en el cuadro de mando del operario. En ciertas instalaciones, y sin dejar de cumplir los requisitos de seguridad operativos y cibernéticos, la salida de estos sensores se puede utilizar localmente para, por ejemplo, cerrar válvulas de refrigeración del transformador si se detecta una pérdida de aceite. La salida de los sensores puede utilizarse también para abrir las válvulas de un sistema de refrigeración redundante del transformador, si lo hay.

El sistema basado en sensores se utiliza asimismo como iniciador de otras medidas de seguridad. Por ejemplo, se puede utilizar para indicar a las cámaras de la subestación que tomen o guarden imágenes del transformador o del perímetro de la subestación. Esas imágenes sirven para análisis y como pruebas ante los tribunales. Los sistemas de vigilancia convencionales son fijos y enfocan ángulos determinados o se mueven despacio y pueden no detectar el inicio del ataque.

Se ha desarrollado y demostrado sobre el terreno una versión de coste reducido del concepto. La configuración consta de al menos cuatro acelerómetros RMS (raíz cuadrática media) con lógica de detección y evaluación integrados en un PLC (controlador lógico programable) que actúa como combinación de RTU y SDP → 3.





04

Los acelerómetros están colocados estratégicamente en la pared del depósito del transformador para cubrir cualquier impacto en las zonas vulnerables. El sistema vigila todos los impactos en el depósito del transformador que sobrepasen los límites fijados y responde encendiendo un LED o activando un indicador digital que se puede incorporar a un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) para el inicio automático o semiautomático de acciones de control. El número de activaciones por impacto da idea de su gravedad; es decir, un ataque que se registre en todos los acelerómetros se considera más grave que otro que solo se registre en uno.

**Demostración de la viabilidad por medio de pruebas reales**

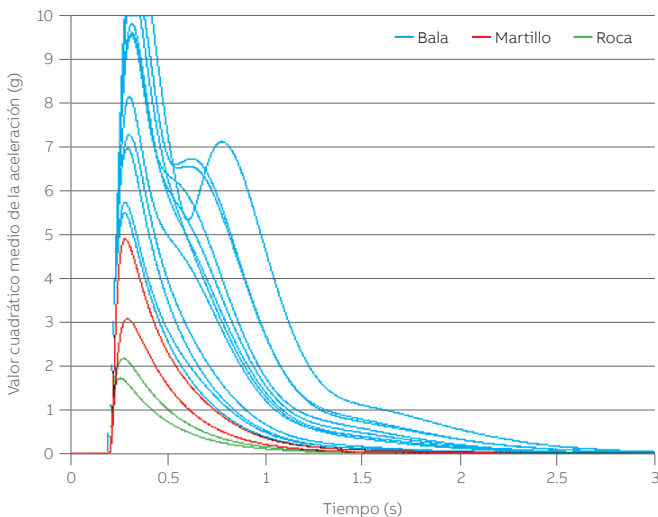
Se realizaron tres grupos de pruebas, cada uno de ellos en un sitio y con objetivos distintos, para evaluar la viabilidad técnica de la solución y para resolver algunos aspectos de investigación y diseño.

El primer grupo de pruebas se hizo en un laboratorio de balística según la norma UL 752 Ballistic Standards en niveles seleccionados. Los datos y las imágenes recogidos en estas pruebas ayudaron a especificar los requisitos de sensores y adquisición de datos para las siguientes pruebas sobre el terreno.

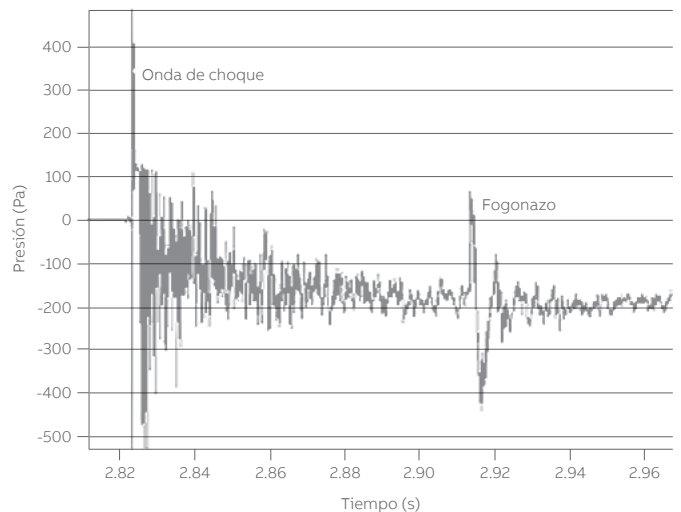
Se ha desarrollado y demostrado sobre el terreno una versión de coste reducido del concepto.

El segundo grupo de pruebas, en un club de tiro, sometió un depósito de transformador de red lleno de agua a disparos con distintas armas desde una distancia de 55 m. Las mediciones de vibraciones y acústica permitieron analizar y caracterizar por completo las firmas de impacto producidas por las balas y por golpes con martillos y piedras →5. Las claras diferencias en las formas de onda RMS bastan para diferenciar un impacto de bala de una pedrada en el depósito del transformador. Es interesante señalar que algunos golpes con martillo tienen firmas parecidas a un impacto de bala. Éste es un resultado deseado, pues indica que se pueden detectar y evaluar con la misma configuración todos los ataques con punta roma.

→6 ilustra una señal acústica de alta resolución capturada durante una de las pruebas. Los tiempos de llegada de la onda de choque y el fognazo están conformes con los cálculos teóricos y los cambios de presión a lo largo del camino identifican el calibre y la localización de la bala.



05



06



—  
04 Ejemplo de colocación de acelerómetro.

—  
05 Mediciones de huellas de balas con acelerómetros RMS.

—  
06 Firma acústica durante un ensayo sobre el terreno.

—  
07 Aceleración RMS de fenómenos naturales.

#### Referencias

[1] [Online]. Last accessed Feb 25, 2016. Available: <http://www.usatoday.com/story/news/2015/09/09/cyber-attacks-doe-energy/71929786/>

[2] P. W. Parfomak, "Physical Security of the U.S. Power Grid: High-Voltage Transformer Substations," Congressional Research Service, June 2014.

[3] [Online]. Last accessed Feb 25, 2016. Available: <https://www.utilitydive.com/library/the-state-of-physical-grid-security-2015-report/>

Un análisis detallado de varios de estos registros puede revelar mucha información sobre la dirección, la localización, la trayectoria y el tipo y calibre de la bala del disparo.

El tercer grupo de pruebas se llevó a cabo en un transformador real para determinar imágenes y firmas basales de vibración y sonoras con sensores y dispositivos de adquisición de datos de alta fidelidad. La proximidad del transformador investigado a una vía férrea (justo detrás del transformador) y a un aeropuerto permitió al equipo de investigación medir y observar los efectos en un entorno real y diseñar la metodología de detección en cuanto a la resistencia a las falsas alarmas. Ejemplos de perfiles de aceleración RMS de cinco casos →7. Como se ve, los golpes de martillo son mucho más dominantes que la vibración producida por sucesos corrientes como la activación del transformador, las bombas o los ventiladores.

#### Ventajas de la solución

Las medidas mejoradas de seguridad física con sensores y análisis de datos presentan ventajas como la siguientes:

- La detección es prácticamente simultánea al impacto. Esto proporciona un tiempo valioso para decidir como atenuar los efectos del impacto. La principal ventaja de la respuesta rápida es la oportunidad de proteger de daños graves las partes activas del transformador y evitar así una parada prolongada.
- El sistema también es útil si el transformador sobrevive al ataque. En este caso, el conocimiento del intento de asalto puede determinar inspecciones o justificar inversiones que refuercen el transformador o la subestación.
- La detección es específica del transformador y por tanto más práctica que las medidas de seguridad generales, como la vigilancia por vídeo.

- La detección es automática y no necesita de la vigilancia activa y permanente de un operario.
- Pueden activarse otras medidas de seguridad, tales como cámaras de vigilancia.

#### Impacto futuro

La solución de detección y notificación en tiempo real es otra innovación digital de ABB para ayudar a sus clientes a alcanzar y superar sus objetivos de seguridad física de transformadores de potencia y otros recursos de alto valor. CoreStrike aborda un área clave de la seguridad física para la detección y evaluación de impactos posibles o reales. La información del sistema se puede emplear en programas de automatización y control para

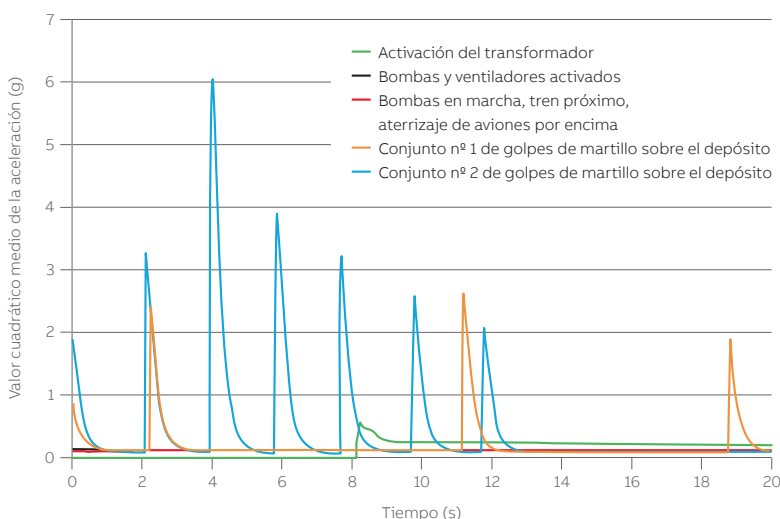
—  
Se pueden aprovechar las distintas formas de onda RMS para diferenciar un impacto de bala de otro inofensivo, como una piedra lanzada contra el depósito del transformador.

alertar a los operarios en caso de impacto o para evitar otros daños, por ejemplo, activando sistemas redundantes de refrigeración. Se ha observado que en aplicaciones de control, hay que considerar y abordar determinadas operaciones y requisitos de ciberseguridad.

La tecnología del prototipo se ha instalado en un transformador de subestación para observar a largo plazo la estabilidad y la resistencia contra falsos positivos. El sistema ha registrado ya la actividad de tormentas con granizo. Las futuras versiones de esta tecnología pueden incorporar otros sensores e incluir medidas de atenuación preceptivas en línea con la cartera de soluciones de ABB Ability para la red digital.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a Andrew Bleich, Randy Joyce, Randy Colvin, Ning Kang, Poorvi Patel y Don Puder su ayuda durante los experimentos sobre el terreno. Asimismo agradecemos a Craig Stiege-meier, Thomas Buijs y Petter A. Fiskerud por la motivación para la justificación comercial y la defensa del desarrollo del producto, respectivamente. ●





66

# Energía



La energía ha sido siempre un recurso, pero su control requiere un sistema de herramientas y procesos informado por el conocimiento y la experiencia y por la valoración de dónde, cuándo, cómo y por qué se utiliza. Un proyecto proporciona la tecnología necesaria para mantener vehículos que trabajan a 3000 metros de profundidad; el otro propone un nuevo gas aislante no perjudicial para el clima y con numerosas aplicaciones potenciales. En los dos casos, ABB es un líder energético que hace mucho más que energía.

- 60 Electricidad fiable a 3000 m de profundidad
- 66 ABB, primera en ofrecer GIS de MT con una alternativa al SF<sub>6</sub> no dañina para el clima



## ENERGÍA

# Electricidad fiable a 3000 m de profundidad

Suministrar electricidad en el mar a 3000 m de profundidad para los vehículos teledirigidos (ROV) de Total Marine Technology es una tarea difícil. La tecnología de arranque suave y contactor AF de ABB ha demostrado ser idónea para esa misión.

**Joakim Jansson**  
**Martin Erkander**  
ABB Electrification  
Products, Protection and  
Connection  
Västerås, Suecia

joakim.x.jansson@  
se.abb.com  
martin.erkander@  
se.abb.com

**Chris Thomas**  
ABB Electrification  
Products, Protection and  
Connection  
Coventry, RU

chris.p.thomas@  
gb.abb.com

**Slobodan Stankovic**  
Total Marine Technology  
Bibra Lake, Australia

Como a nadie extrañará, la mayor parte del petróleo y el gas de yacimientos submarinos fáciles de explotar ya se ha extraído o se está extrayendo. Los nuevos yacimientos de petróleo y gas suelen ser más inaccesibles y obligan a trabajar a profundidades de varios kilómetros y a luchar contra fuertes corrientes y aguas a temperaturas de congelación.

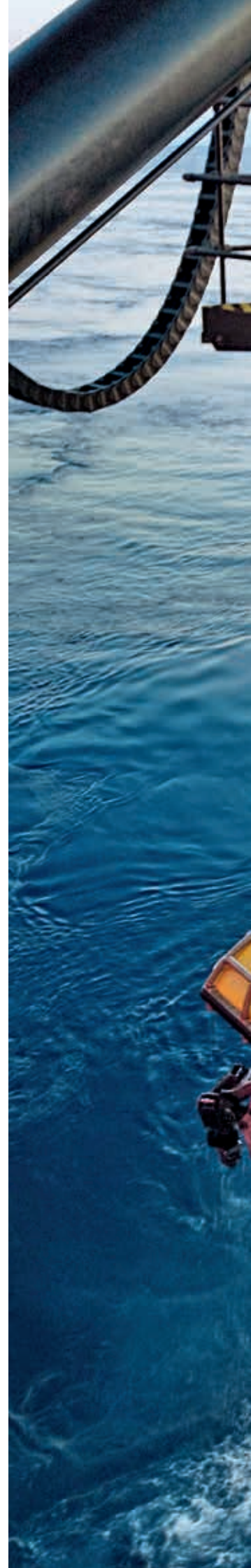
Este es el mundo sumergido para el que Total Marine Technology (TMT) suministra su gama de

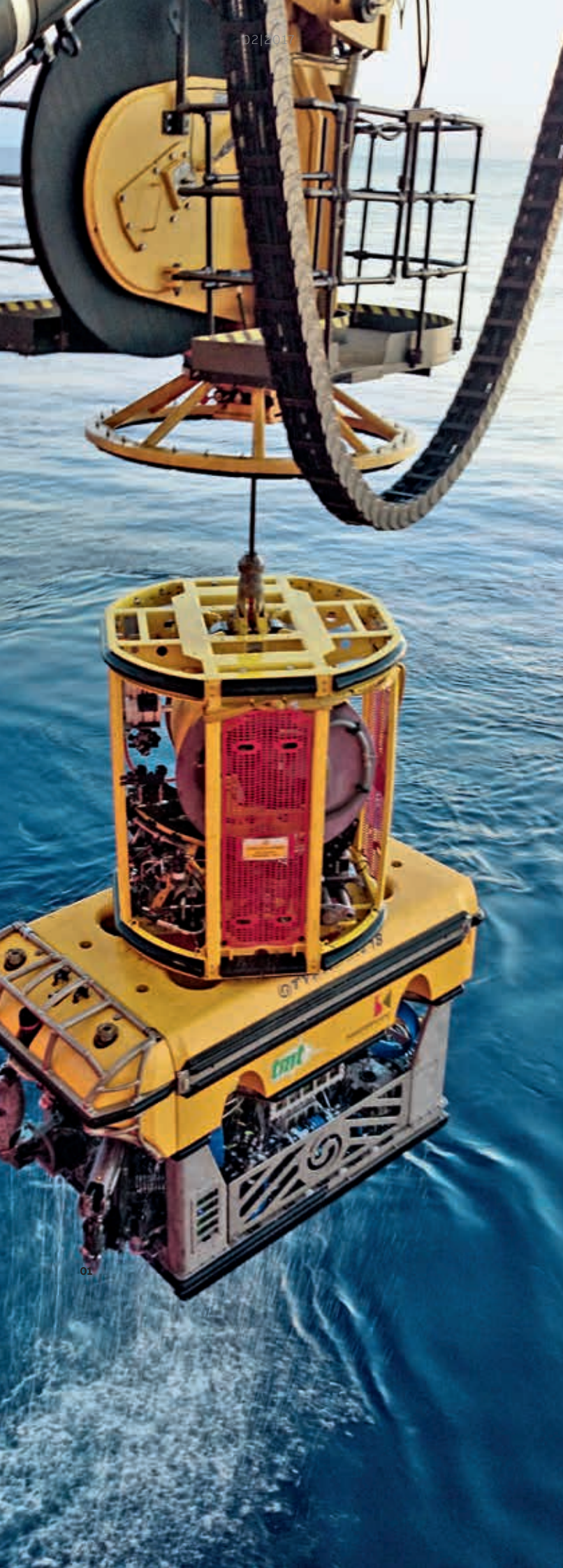
---

Garantizar que todo funcione bien en vehículos enviados a profundidades de 3000 es difícil.

ROV, que con frecuencia operan a profundidades de 1500 m →1–2. Pero en 2010 TMT firmó un contrato con otra empresa australiana que les obligó a diseñar y construir un ROV para trabajar al doble de profundidad.

A diferencia de un submarino autónomo (AUV), que no está unido a ningún barco ni instalación de superficie, un ROV está normalmente conectado por cables hidráulicos, eléctricos, de vídeo y de señales de mando y control → 3–4.





La energía hidráulica y eléctrica suministrada al ROV se destina a sistemas embarcados, propulsión o accionamiento de los brazos y pinzas del manipulador hidráulico con los que el ROV realiza su misión bajo el agua. En el caso del ROV TMT Typhoon MK2, la energía hidráulica es generada en un motor hidráulico (HPU) del ROV. Los 440 V

—  
El arranque suave eleva la tensión paulatinamente para así reducir la intensidad máxima absorbida y mantener una tensión de salida más estable.

de CA disponibles en superficie se elevan hasta 3250 V CA (60 Hz) y se envían al ROV para arrancarlo. El HPU utiliza 3000 V de CA para accionar las bombas hidráulicas bajo el mar.

Para que el ROV ejecute bien su misión hay que garantizar el correcto funcionamiento de sus manipuladores y otros sistemas. Cualquier fallo o irregularidad de la alimentación de superficie podría causar una avería hidráulica y dañar equipos o causar retrasos en la misión, o incluso el abandono y la pérdida de un periodo de buen tiempo. Asegurarse de que todo funciona bien con un ROV que trabaja a 1500 m es bastante difícil, y a 3000 m de profundidad los problemas se multiplican.

Para garantizar una alimentación eléctrica suave y constante a los motores hidráulicos que accionan el ROV a 3000 m de profundidad, TMT eligió la tecnología de arranque suave y contactor AF de ABB.

#### Arranque suave

Aunque algunas instalaciones marinas, incluso cientos de millas mar adentro, se alimentan desde la costa, la mayoría utilizan generadores eléctricos locales. En un buque, la generación eléctrica es, por supuesto, siempre local. Estos generadores locales se dimensionan para que entreguen la energía que precisan el buque o la plataforma y sus sistemas auxiliares, y no mucha más. Por lo tanto, cuando se pone en marcha una bomba u otro componente grande, puede haber caídas y picos que perturban la alimentación de la hidráulica del ROV.

Las fluctuaciones en superficie no son la única dificultad. Para que funcione el sistema hidráulico del ROV, debe mantener cierta presión. Si, por ejemplo, el operario de superficie acciona uno de

—  
**El recubrimiento de la tarjeta de circuitos impide que la humedad y el agresivo ambiente marino pongan en peligro la electrónica.**

los brazos del vehículo, la presión hidráulica caerá y el generador de superficie tendrá que atender el aumento brusco de demanda de la bomba hidráulica. Cuando la bomba arranca directamente sin ninguna asistencia en forma de reducción

temporal de la tensión (sin arranque suave), hay un riesgo elevado de caída de tensión, pues el generador es normalmente incapaz de aportar la energía instantánea necesaria. Esto podría hacer que el HPU no funcione bien.

Aquí entra en juego el arranque suave →6. El arranque suave eleva la tensión paulatinamente para así reducir la intensidad máxima absorbida, mantener una tensión de salida más estable y lograr que todo el sistema sea más fiable. La intensidad de arranque es de alrededor del 60 por ciento de la necesaria para el arranque directo. Los sistemas de arranque suave de ABB incluyen otras características que los hacen muy fiables:

02



—  
01 Las tecnologías de arranque suave y de contactores AF de ABB demostraron ser perfectas para el sistema eléctrico que alimenta la hidráulica de un ROV a 3000 m de profundidad.

—  
02 El ROV Typhoon 20 de TMT.

—  
03 El ROV está conectado a las instalaciones de superficie con cables hidráulicos, de datos y de control. La unidad situada sobre el ROV es el sistema de control del remolque.

- Control del par. Esto ayuda a evitar las inestabilidades de presión en el líquido que se producirían por el cierre rápido de válvulas. El menor esfuerzo prolonga la vida del sistema. Esta característica es muy útil para eliminar el golpe de ariete de los sistemas de bombas. Los sistemas de arranque suave de ABB han demostrado un 40 por ciento de ahorro en costes de mantenimiento de las bombas cuando se utiliza el control del par de ABB.
- La protección incorporada contra sobrecarga de la electrónica evita el sobrecalentamiento del motor. El arranque suave PSTX de ABB, por ejemplo, dispone de más de 10 esquemas de protección contra diferentes condiciones de carga y distintas irregularidades de la red como infratensión y sobretensión. El PSTX es conocido por su gran número de funciones y características que ayudan a los clientes a reducir el número de componentes en sus paneles en un 80 por ciento y cortan el tiempo de instalación en un 60 por ciento.
- La fiabilidad se ve reforzada por las tarjetas de circuito recubiertas. El recubrimiento impide que la humedad y el agresivo ambiente marino pongan en peligro la electrónica.

—  
Cuando se utilizan contactores AF hacen falta menos repuestos, pues admiten tanto CA como CC y bastan cuatro bobinas para cubrir intervalos amplios de CA y CC.

Los arrancadores suaves de ABB son compactos y fáciles de instalar y usar:

- Un bypass incorporado reduce el tamaño del dispositivo en comparación con el montaje del bypass en el lado del arranque. El bypass incorporado reduce el tiempo de instalación y aumenta la fiabilidad, ya que el conjunto arrancador suave/bypass se monta y prueba en fábrica.
- Una HMI (interfaz hombre-máquina) clara facilita el manejo del dispositivo. La configuración y el diagnóstico se basan en menús intuitivos. El arranque suave de ABB utiliza un teclado externo, una característica que rara vez se encuentra en otros, y así el operario puede vigilar o cambiar los ajustes sin abrir el panel. Se incluye en el PSTX junto con un cable de conexión de 3 m.



03

Éstas ventajas animaron a TMT a sustituir sus arrancadores por la gama de arrancadores suaves PSTB de ABB.

#### Contadores AF

Los arranques suaves y los contactores de ABB manejan las complejidades eléctricas que afectan a los motores y a las bombas que accionan el sistema hidráulico de los ROV.

Un contactor es un interruptor electrónico que trabaja en un circuito de potencia para distribuir la electricidad o arrancar motores. Es similar a un relé, pero trabaja con intensidades mayores. A diferencia de los relés, los contactores pueden conectarse directamente a cargas de gran intensidad e incorporan funciones para controlar y suprimir la formación de arcos al cortar las elevadas corrientes de los motores.



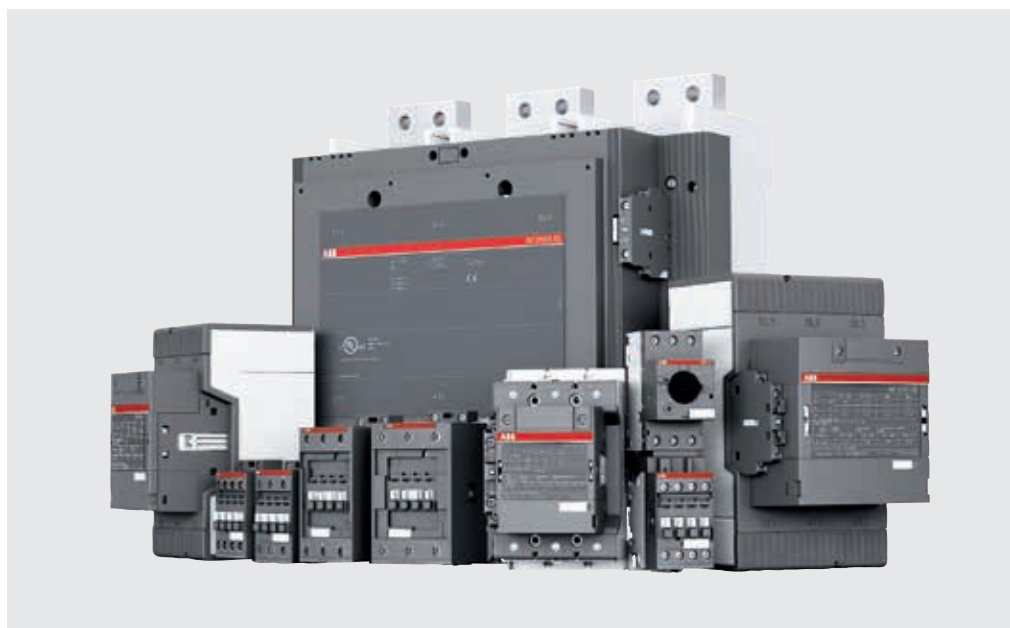
04

La electrónica de los contactores AF de ABB rectifica la tensión del circuito de control de CA o CC a una tensión CC de control que se aplica a la bobina que cierra los contactos y el circuito principal →5. Combinado con el amplio abanico de tensiones de control, esto permite al contactor trabajar normalmente en condiciones de red inestable. La electrónica del contactor AF asegura un consumo eléctrico siempre optimizado También se eliminan los clásicos problemas de los

contactores, como zumbidos y vibraciones, y se prolonga su vida útil y se consigue un funcionamiento prácticamente inaudible.

Las fluctuaciones de tensión propias de una red inestable que afectan a los contactores clásicos no suponen ninguna amenaza para un contactor AF.

Las sobretensiones las maneja el propio contactor (los contactores clásicos requieren supresores externos de sobretensiones) y no llegan nunca al circuito de control.



05



—  
04 El sistema de control del remolque antes de elevarlo y montarlo sobre el ROV.

—  
05 Contactores de la serie AF de ABB.

—  
06 Familia de productos de arranque suave de ABB.

La logística en el mar es complicada, con poco sitio para guardar repuestos y una cadena de suministro azarosa cuando se hacen pedidos urgentes. Con contactores AF hacen falta menos repuestos,

## La electrónica del contactor AF asegura un consumo eléctrico siempre optimizado.

ya que la misma bobina admite tensiones de control de CA y de CC, y bastan cuatro bobinas para cubrir desde 24 V hasta 500 V en CA y desde 20 V hasta 500 V en CC. Esto supone una reducción de alrededor del 90 por ciento de las referencias en comparación con los contactores convencionales. Además, los contactores AF son compactos (hasta un 30 por ciento más pequeños que los clásicos), lo que ahorra el valioso espacio del buque.

### Otros productos de control para mejorar la fiabilidad

En una segunda etapa, TMT decidió sustituir sus productos de control de la competencia por otros de baja tensión de ABB. Las ventajas de esta decisión no se limitan a la reducción del número de proveedores. Así, los relés trifásicos de vigilancia ABB de fácil instalación ofrecen capacidad de supervisión de sobre e infratensiones y tienen exactamente las funciones necesarias, como detección de fallo de fase; los relés de termistor de protección del motor prolongan la vida de éste

gracias a la medición directa de la temperatura en los devanados. Además, algunos elementos del panel de control han sido sustituidos por dispositivos piloto de ABB (botones, interruptores, lámparas, etc.) que incluyen productos resistentes que toleran los ambientes agresivos en los que TMT espera que trabajen sus ROV. Otro aspecto muy importante para los ROV de TMT que trabajan lejos de su base es la orientación global de ABB y su fuerte presencia local en todo el mundo, que garantizan la asistencia en cualquier parte.

### Sencillo, compacto y fiable

El despliegue de un ROV a profundidades de 3000 m requiere un enfoque técnico bien meditado y ejecutado profesionalmente. Un elemento importante es un sistema eléctrico de primera

—  
En una segunda etapa, TMT decidió sustituir sus productos de control de la competencia por otros de baja tensión de ABB.

clase que asegure que el ROV tenga el comportamiento previsto. Por ello TMT seleccionó los arrancadores suaves y los contactores AF de ABB, por la sencillez, fiabilidad, compacidad y comodidad logística de estos productos. ●



## ENERGÍA

# ABB, primera en ofrecer GIS de MT con una alternativa al SF<sub>6</sub> no dañina para el clima

La tecnología de aparata aislada en gas (GIS) con hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) ofrece las dimensiones más compactas, la mayor fiabilidad y la máxima seguridad. Pero el SF<sub>6</sub> es un gas con un potente efecto invernadero. ABB es la primera empresa que ofrece GIS de MT con un gas aislante no dañino para el clima basado en una nueva molécula.

**Sebastian Zache**  
**Maik Hyrenbach**  
ABB Electrification  
Products, Medium Voltage  
Products  
Ratingen, Alemania

sebastian.zache@  
de.abb.com  
maik.hyrenbach@  
de.abb.com

**Magne Saxegaard**  
ABB Electrification  
Products, Medium Voltage  
Products  
Skien, Noruega

magne.saxegaard@  
no.abb.com

La red de media tensión, que ilumina zonas residenciales y comerciales y alimenta grandes consumidores, como industrias, estadios deportivos y líneas de metro, se sitúa entre la red de transporte de larga distancia de alta tensión (AT) y las redes de consumo doméstico de baja tensión.

La aparata conforma los nodos centrales de la red eléctrica en los que confluyen todas las conexiones. Está diseñada para conectar y desconectar corrientes en las condiciones más diversas. En condiciones normales, ofrece flexibilidad y control de las redes y en situaciones de fallo, interrumpe automáticamente las corrientes defectuosas y protege el resto de la red, previniendo así posibles lesiones graves.

## Tecnología GIS para aplicaciones exigentes

Las ciudades y su demanda eléctrica crecen a la vez que escasea y se encarece el suelo, lo que a veces obliga a reducir el tamaño de la aparata. Aquí entra en juego la GIS con gas SF<sub>6</sub>: en lugar de aire, se utiliza como aislante SF<sub>6</sub>, que aísla tres veces más y permite reducir mucho el tamaño de la aparata →1. Una GIS con SF<sub>6</sub> no solo es más pequeña, sino también más fiable: los depósitos sellados de SF<sub>6</sub> mantienen el gas en su sitio y separan los componentes eléctricamente activos

del medio ambiente, evitando así la contaminación por polvo, humedad y animales. Esto reduce casi a cero el riesgo de cortes de suministro imprevistos, una gran ventaja para industrias en las que un apagón podría costar 100 000 dólares al día. Además, la tecnología GIS no requiere casi mantenimiento y ayuda a reducir los costes de explotación durante toda la vida útil (30 años o más).

Una GIS no solo es más pequeña, sino también más fiable.

## El SF<sub>6</sub> a debate

ABB construyó la primera GIS del mundo en 1967 y lideró la tecnología, hoy de vanguardia, para aplicaciones exigentes. El elevado rendimiento eléctrico del SF<sub>6</sub> explica el éxito de esta tecnología, en MT y en AT. Pero, junto a sus muchas ventajas, el SF<sub>6</sub> tiene un inconveniente: un potente efecto invernadero cuando se libera a la atmósfera.

—  
01 SafeRing AirPlus  
de ABB.

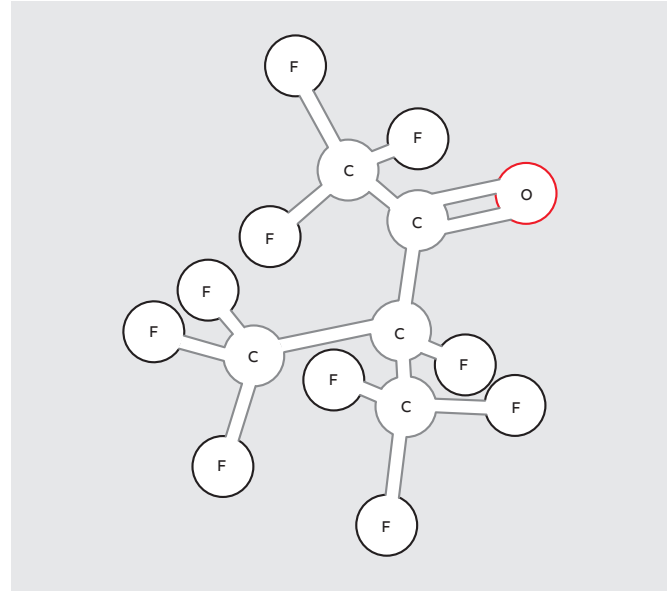
—  
02 La molécula de  
fluorocetona de cinco  
carbonos.

El impacto de los gases con efecto invernadero se expresa por su potencial de calentamiento global (GWP). El GWP se calcula teniendo en cuenta dos factores principales:

- La capacidad de forzamiento radiativo: ¿en qué medida absorbe un gas el calor (en forma de rayos infrarrojos) en lugar de dejarlo escapar al espacio exterior?
- Tiempo de degradación: ¿cuánto tiempo permanece el gas en la atmósfera antes de descomponerse?

—  
Junto a sus muchas ventajas,  
el SF<sub>6</sub> tiene un inconveniente:  
un potente efecto invernadero  
cuando se libera a la atmósfera.

El GWP del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se define como 1 y es el valor de referencia; el SF<sub>6</sub> tiene un GWP de 22 800.



02

01





03

Desde la década de los noventa, ante el creciente interés por el cambio climático, se trabaja en la búsqueda de alternativas al SF<sub>6</sub> no dañinas para el clima, hasta ahora con resultados decepcionantes, ya que los gases candidatos más prometedores eran inestables o tóxicos.

—  
**ABB vuelve a hacer historia en el campo de la GIS. Junto con su socio 3M, ABB ha desarrollado una alternativa prometedora al SF<sub>6</sub>: el gas aislante AirPlus™ de ABB.**

Otro inconveniente del SF<sub>6</sub> es que, por su elevado potencial de calentamiento global, sus usuarios deben acatar en muchos países procedimientos normativos y de inventario que incrementan sus gastos administrativos.

#### **AirPlus, una alternativa al SF<sub>6</sub> con bajo GWP**

Cincuenta años después de construir la primera GIS del mundo, ABB vuelve a hacer historia en este campo. Junto con su socio 3M, ABB ha desarrollado una alternativa prometedora al SF<sub>6</sub>: el gas aislante AirPlus™ de ABB. Con un rendimiento técnico muy similar al del SF<sub>6</sub>, el nuevo gas, con un GWP aproximado de 0,5, no tiene prácticamente ningún efecto sobre el calentamiento global.

En comparación con el SF<sub>6</sub>, que tiene un GWP de 22 800, el GWP del nuevo gas es un 99,99% menor. La nueva molécula AirPlus se descompone tras una media de 16 días de exposición a la radiación atmosférica, frente a los más de 3000 años del SF<sub>6</sub>. Estas cifras solo se aplican si el gas se libera al medio ambiente, motivo por el que los productos GIS de ABB tienen un ciclo de vida útil del gas que impide las emisiones en la medida de lo posible,

con independencia de que se use AirPlus o SF<sub>6</sub>. A diferencia del SF<sub>6</sub>, AirPlus no es un gas puro, sino una mezcla de gases. Más del 80% en volumen es aire seco y el resto es el fluido dieléctrico NOVEC 5110, una fluorocetona C5 (C5 FK o C<sub>5</sub>F<sub>10</sub>O) suministrada por 3M →2. Esta molécula combina un magnífico comportamiento dieléctrico con una huella de carbono muy baja.

—

La nueva molécula AirPlus se descompone tras una media de 16 días de exposición a la radiación atmosférica, frente a los más de 3000 años del SF<sub>6</sub>).

La manipulación del gas AirPlus no requiere más medidas de seguridad que la del SF<sub>6</sub>. Está clasificado como prácticamente no tóxico, con un límite de exposición permitido similar al del SF<sub>6</sub>. Y AirPlus presenta ventajas de seguridad añadidas en aplicaciones subterráneas, como túneles y minería. Mientras que las cantidades grandes de SF<sub>6</sub> tardan en mezclarse con el aire por su falta de oxígeno, la mezcla AirPlus es aire en más de un 80% y se diluye rápidamente.

Aparte de los aspectos medioambientales y de seguridad, los usuarios de AirPlus se beneficiarán de procesos optimizados y costes de explotación reducidos. El uso de SF<sub>6</sub> está regulado en muchos países, lo que implica procedimientos normativos y de conservación de inventario, e impuestos en algunos casos. Estas normas no afectan a AirPlus, ni se espera regulación alguna en el futuro.

#### Proyecto piloto con Netze BW

Netze BW es uno de los principales operadores de sistemas de distribución (DSO) de Alemania y opera su red en el suroeste del país. Forma parte del grupo EnBW y es una de las cuatro principales compañías eléctricas de Alemania.

Netze BW ha iniciado un proyecto de 10 millones de euros para modernizar la subestación Trochtelfingen de 110 kV/20 kV. La antigua apartamentada de MT de 20 kV fue sustituida por la GIS ZX2 de ABB en configuración de doble barra, lo que ahorró un 40% de espacio en comparación con la apartamentada aislada en aire (AIS) →3–5. Esto permitió a Netze BW instalar más arterias y conservar la flexibilidad, ya que las fuentes renovables, como la eólica o la solar, ganan popularidad en esta región.

“Cuando ABB nos informó de sus avances en alternativas al SF<sub>6</sub> nos sentimos muy interesados”, afirmó el Director de Tecnología de Netze BW,

—

03 La GIS de AirPlus llega a la subestación de Trochtelfingen.

—

04 Instalación de la GIS de AirPlus en la subestación de Trochtelfingen.





05

Martin Konermann, “puesto que AirPlus cumple dos de nuestros objetivos críticos: innovación y conservación del medio ambiente”.

Netze BW y ABB acordaron cambiar una parte de las bahías de SF<sub>6</sub> a AirPlus, lo que de paso demuestra que ambas tecnologías pueden combinarse dentro de una misma línea de aparataje. Esta es la primera GIS con AirPlus instalada en Alemania y la segunda en todo el mundo.

Por supuesto, la aparataje piloto ha superado todas las pruebas de tipo y rutinarias prescritas en las normas IEC. Tras la instalación y las pruebas, la nueva aparataje se conectó a la red en junio de 2016 y ya está en servicio. El proyecto piloto ha sido un éxito para Netze BW y ABB, y un importante hito en la incorporación de la nueva tecnología a un producto estándar.

#### Oferta de productos de ABB

ABB anunció el lanzamiento de dos tipos de aparataje con el gas de aislamiento alternativo respetuoso con el medio ambiente AirPlus en la Feria de Hannover celebrada en abril. Estos productos son el primer paso hacia una cartera más amplia de AirPlus y el inicio de una nueva era de tecnología de GIS en el mercado de la MT.

#### ZX2 AirPlus

ZX2 AirPlus es la aparataje de distribución primaria de ABB con el nuevo gas de aislamiento AirPlus. Se basa en la conocida GIS con SF<sub>6</sub> ZX2 en configuraciones de barra individual y doble.

— AirPlus no requiere más medidas de seguridad que SF<sub>6</sub>, está clasificado como prácticamente no tóxico y tiene un límite de exposición permitida similar al del SF<sub>6</sub>.

En una primera fase, la versión AirPlus se ofrece para la clase de hasta 36 kV de la IEC, con 31,5 kA de cortocircuito y una intensidad nominal de 2000 A, e incluye la mayoría de tipos y variantes de paneles.

—  
05 La GIS ZX2 de ABB es mucho más compacta que sus predecesoras.

El interior se ha adaptado para el uso de AirPlus, pero el exterior no se ha modificado, por lo que los usuarios pueden confiar en las ya conocidas dimensiones compactas y el eficaz diseño ZX2.

Como la aparamenta primaria es una inversión a largo plazo con una vida útil de más de 40 años, ABB ofrece la opción ZX2 Ready-for-AirPlus para

—  
**ABB anunció en la Feria de Hannover de abril el lanzamiento de dos productos con el gas aislante no perjudicial para el clima AirPlus.**

usuarios que quieran cambiar a AirPlus más adelante. ZX2 Ready-for-AirPlus se entrega lleno de SF<sub>6</sub>, pero está totalmente preparado para usar AirPlus en cualquier momento.

**SafeRing AirPlus**

SafeRing AirPlus es la unidad principal de distribución secundaria (RMU) de ABB con el nuevo gas aislante AirPlus. Con las mismas dimensiones compactas que los productos SafeRing / SafePlus aislados en SF<sub>6</sub>, inicialmente cubre las clases IEC hasta 24 kV con una intensidad de cortocircuito de

16 kA y nominal de 630 A. Las unidades de interruptor e interruptor-seccionador se ofrecerán en distintas configuraciones en diseño de bloques que cubren las aplicaciones más comunes.

Como AirPlus exige un rediseño general de la RMU, los interruptores y los interruptores-seccionadores se basan en tecnología de vacío. La conmutación se realiza con tecnología fiable de interruptores al vacío, y el gas AirPlus se utiliza solo como medio aislante.

**Tecnología AirPlus para todos**

ABB cree que AirPlus ayuda a reducir el efecto de calentamiento global de la red eléctrica y desea que se beneficie de esta innovadora tecnología el mayor número de usuarios. Por eso ABB decidió divulgar sus patentes e invitar a otros fabricantes a unirse al viaje AirPlus.

AirPlus es la alternativa ecoeficiente de ABB al SF<sub>6</sub> para aparamenta de MT con un GWP inferior a 1. Ayuda a reducir la huella de carbono de la red eléctrica y lleva la tecnología GIS al siguiente nivel. ABB ha lanzado los primeros productos con el gas aislante no perjudicial para el clima y ampliará la cartera AirPlus en los años venideros. Como el SF<sub>6</sub> seguirá siendo necesario para valores más altos y aplicaciones especiales, ABB continuará reduciendo las emisiones de gas de la GIS. Esta estrategia doble allanará el camino hacia un futuro y una energía más ecológicos para lograr un mundo mejor. ●

—  
**Consejo editorial**

—  
**Consejo de redacción**

**Bazmi Husain**  
Director de Tecnología I+D y tecnología del Grupo

**Adrienne Williams**  
Adrienne Williams  
Asesor Jefe de Sostenibilidad

**Christoph Sieder**  
Responsable de Comunicaciones Corporativas

**Reiner Schoenrock**  
Comunicaciones de Tecnología e Innovación

**Roland Weiss**  
Director de la Cartera de Investigación del Grupo I+D y tecnología del Grupo

**Andreas Moglestue**  
Jefe de redacción de ABB Review  
andreas.moglestue@ch.abb.com

—  
**Editorial**

ABB Review es una publicación de I+D y tecnología del Grupo ABB.

ABB Technology Ltd.  
ABB Review  
Segelhofstrasse 1K  
CH-5405 Baden-Daettwil  
Suiza  
abb.review@ch.abb.com

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

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

Editorial y copyright ©2017  
ABB Switzerland Ltd.  
Baden, Suiza

—  
**Impresión**

Vorarlberger  
Verlagsanstalt GmbH  
AT-6850 Dornbirn/Austria

—  
**Diseño**

DAVILLA AG  
Zúrich, Suiza

—  
**Cláusula de exención de responsabilidad**

La información contenida en esta revista refleja el punto de vista de sus autores y tiene 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

<http://www.abb.com/abbreview>



**Edición para tablet**

ABB Review también en su tablet.

La encontrará en [abb.com/abbreviewapp](http://abb.com/abbreviewapp)

**Manténgase informado**

¿Alguna vez se ha perdido un 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.



---

Próximo número 03/2017  
**ABB Ability™**

**Con 70 millones de dispositivos conectados en todo el mundo, ABB es pionera en llevar los beneficios de la digitalización a aplicaciones industriales. Pero esta transformación acaba de empezar, y en el siguiente número de ABB Review recogeremos los últimos ejemplos de uso de la nube para agregar, analizar y aplicar los resultados a las operaciones.**