

## TECNOLOGÍA AUTOMATIZADA PARA LA PERFORACIÓN DEL LECHO MARINO EN CONDICIONES EXTREMAS

# Perforando

B&R proporcionó una solución de automatización para MeBo200, un equipo de perforación del lecho marino capaz de perforar hasta 200 m a una profundidad de 2500 m. El resultado es un equipo de perforación del lecho marino confiable y eficiente controlado en remoto que cumple con todos los requisitos de automatización, comunicación, diagnóstico y mantenimiento para el uso comercial en aguas ultraprofundas.



01



**Stefan Messerklinger**  
ABB, Mobile Automation  
Eggelsberg, Austria

Stefan.messerklinger@  
br-automation.com

Adentrándose en la oscuridad, se despliegan cuatro patas con pies de plataforma para preparar el aterrizaje seguro en el lecho marino del aparato de diez toneladas. Una vez establecido en el paisaje inexplorado objetivo, el perforador robótico integrado comienza a explorar el terreno [1].

Lo que podría ser parte de una misión en Marte, es en realidad una misión de investigación de perforación en aguas profundas en la que se instaló un equipo de perforación a más de 2500 metros de profundidad, desde el que un equipo robótico de perforación controlado en remoto muestrea el fondo marino unos 200 m por debajo. Esta sorprendente hazaña es posible en parte gracias a la tecnología de automatización, control y comunicación facilitada por B&R Industrial Automation (una empresa adquirida por ABB en 2017 que ahora actúa como la

división de ABB para la automatización de máquinas) a petición de Bauer Maschinen GmbH.

### Un entorno difícil

El mundo submarino ultraprofundo está en gran medida inexplorado y sin mapear, sin embargo, tiene una de las claves para entender el clima de la Tierra; también constituye una fuente de

A profundidades de 2500 m, un equipo de perforación controlado en remoto muestrea el fondo marino gracias a la tecnología de B&R.



02

—  
01 Construido para actuar a un 2500 m de profundidad: el equipo de perforación de exploración del lecho marino MeBo200 es el equipo de perforación de segunda generación construido por MARUM y Bauer.

—  
02 Un cabrestante refrigerado por agua permite enrollar y desenrollar el cable blindado de acero de 35,5 mm de espesor. Un módulo X20 de B&R de ABB integra perfectamente este cabrestante en la automatización de la arquitectura del MeBo200.

energía, sustento y comercio. Entender estos fenómenos requiere perforar en condiciones difíciles en un entorno físicamente desafiante, tan desafiante como explorar el espacio.

En este caso, la tecnología facilitadora depende de la profundidad del agua, el tipo de sedimento, la profundidad potencial de la cimentación y las propiedades del suelo [3]. Por ejemplo, a profundidades de 4000 m, las temperaturas están por debajo de 4 °C y la presión ambiental es de 40,0 MPa. Normalmente, a 45 m de profundidad se encuentran arcillas suaves de grano fino con intensidades de cizalladura no drenadas de 5 - 30 kPa [2]. Medir y obtener muestras no alteradas en estas condiciones es problemática, pero esencial, y requiere una tecnología resistente.

#### Una solución colaborativa

Aquí es donde empresas y académicos han unido sus fuerzas para desarrollar tecnologías sólidas para operar de manera confiable en condiciones adversas. La última generación del equipo de perforación del lecho marino, MeBo200, desarrollado

El equipo robótico de perforación MeBo200 se posa en el lecho marino, desde donde puede muestrear e investigar el fondo marino hasta 200 m de profundidad.

por el Centro de Ciencias Ambientales Marinas (MARUM) y Bauer en 2014, es precisamente esa tecnología →01. El equipo de perforación puede desplegarse a 2500 m de profundidad para posarse en el lecho marino, desde donde puede muestrear y sondear el suelo marino perforando hasta 200 m →01. Un logro tan extraordinario debe su éxito a otra colaboración a largo plazo entre expertos de Bauer y B&R. Tras muchos años exitosos de perforación basada en la investigación, Bauer pidió a B&R que suministrara la

### B&R INDUSTRIAL AUTOMATION GMBH

Como líder innovador en tecnologías de electrificación, digitalización y automatización, ABB adquirió B&R Technology GmbH en 2017. Esto convierte a ABB en la única empresa que ofrece a los clientes de automatización industrial toda la gama de soluciones integradas de hardware y software en cuanto a control, actuación, robótica, detección y análisis y electrificación. Su punto fuerte radica en la capacidad de combinar productos ABB y B&R en una única solución, respaldada por una amplia experiencia en aplicaciones. De este modo, ABB, con B&R, estaba perfectamente posicionada para proporcionar a Bauer los sistemas de control, comunicación y diagnóstico que necesitaba para el uso comercial de MeBo200.

03

tecnología de automatización, control y comunicación necesaria para las operaciones robóticas de perforación controladas en remoto en condiciones ambientales extremas, con el fin de ampliar el uso del MeBo200 a la perforación comercial [1], por ejemplo, la perforación de prueba en subsuelos que van desde sedimentos sueltos hasta piedra dura, la exploración geotécnica para cimientos offshore; la exploración de minerales; la exploración offshore de gas o petróleo de reservas submarinas de sulfuro y la exploración de hidratos de gas en el fondo marino.

#### Opciones de perforación

Aunque tradicionalmente se utilizan buques de perforación especializados para explorar el fondo marino, su menor disponibilidad y altos costes, debido al impacto del viento, las olas y la corriente en el movimiento de las barras de perforación y las propiedades de los sedimentos suaves de grano fino encontrados, hacen que este proceso de perforación sea logísticamente difícil en aguas ultraprofundas [2]. Sin embargo, los equipos robóticos de perforación del lecho marino reducen e incluso eliminan algunas de estas dificultades: la extracción in situ disminuye la alteración de las muestras, la calidad de la perforación permanece intacta, ya que el viento, las olas y la corriente son irrelevantes para el proceso de perforación, los costes de

movilización de la extracción in situ se reducen, ya que los buques polivalentes pueden desplegar los equipos y los costes de perforación son menores porque las barras de perforación no se montan desde el barco hasta el lecho marino [4]. Por motivos de rentabilidad, actualmente para explorar se utilizan mucho y con éxito equipos robóticos de perforación del lecho marino.

#### Alcanzar el lecho marino

Uno de estos equipos, el MeBo200, es un equipo de perforación del lecho marino de segunda generación basado en el éxito del primer equipo de perforación MeBo, en activo desde 2004 y capaz de perforar hasta 70 m de profundidad →01. MeBo200 amplía su capacidad de perforación a 200 m. Probado con éxito en el Mar del Norte durante 2014, MeBo200 no solo puede trabajar a profundidades de hasta

Bauer GmbH pidió a B&R que mejorara la capacidad de automatización, control y comunicación del MeBo para permitir aplicaciones de perforación comercial.

2500 m, sino que también puede perforar sedimentos, rocas e hidratos de gas con menos alteraciones de muestras que los equipos de perforación controlados desde buques de perforación [2].

#### Tecnología de automatización moderna

A pesar del éxito de las dos primeras generaciones de MeBo ofreciendo resultados valiosos a la comunidad investigadora, han sido necesarias nuevas mejoras para permitir su uso comercial generalizado de acuerdo con las normas DNV. Bauer, que desarrolló la tecnología de perforación, mecánica, hidráulica y el sistema de lanzamiento y recuperación del MeBo200, pidió a B&R que mejorara el equipo de perforación con los siguientes elementos para permitir aplicaciones comerciales:

- Tecnología de control de vanguardia
- Una red de comunicación ampliada
- Interfaces para componentes de automatización externos
- Un sistema de diagnóstico y mantenimiento actualizado

B&R fue el socio obvio para actualizar la arquitectura de automatización. «Hemos trabajado con éxito con B&R durante mucho tiempo y hemos utilizado su tecnología en nuestros equipos de

—  
03 Explicación de la adquisición de B&R por ABB.

—  
04 El sistema de controlador móvil X90 es lo suficientemente resistente como para soportar las condiciones extremas a profundidad.

04a Se muestra el controlador móvil X90.

04b Los controladores móviles X90 están alojados en recipientes a presión sellados que protegen la electrónica del agua de mar.

perforación profunda durante décadas», según Lothar Schirmel de Bauer.

#### Resultados en condiciones difíciles

MeBo200 está montado en un bastidor y pesa 10 toneladas (ocho toneladas en el agua). En total MeBo tiene unas dimensiones de contenedor de 20 pies y es transportado por un buque de investigación al lugar de interés →01. A su llegada, el equipo de perforación exploratoria desciende al lecho marino mediante 2700 m de cable umbilical blindado con acero →02. El cable es la línea de vida que une el MeBo200 con el buque, suministrándole órdenes de potencia y control. Se controla en remoto desde el buque.



04a



04b

Para recoger de manera fiable datos del lecho marino y enviarlos al buque en la superficie, MeBo200 requería una tecnología extremadamente resistente →03. Schirmel señala: «A 2500 m por debajo del nivel del mar, las condiciones son extremas, por lo que todos los componentes utilizados deben ser robustos y fiables. Por eso elegimos el sistema de control móvil X90 de B&R, que soporta fácilmente estas condiciones extremas».

Los controladores X90 son fáciles de adaptar a diferentes necesidades utilizando módulos opcionales gracias a sus componentes estandarizados →04. El corazón del sistema es un procesador ARM. Para MeBo200, se configuraron como controladores inteligentes de bus POWERLINK

—  
El funcionamiento fiable de una red en tiempo real en condiciones extremas es un gran reto, pero con B&R fue posible.

con numerosas conexiones de E/S integradas. El protocolo POWERLINK se transmite por cable de fibra de modo único a través de convertidores de medios multiplexantes de división de longitud onda y vuelve a convertirse cuando llega al buque. «El funcionamiento fiable de una red en tiempo real en estas condiciones extremas es un gran reto, pero con B&R hemos sido capaces de resolverlo. Proporcionaron asesoramiento experto para la selección de convertidores y supieron ajustar perfectamente la configuración de la red para controlar las interrupciones de comunicación iniciales. Eso es exactamente lo que pedimos de un socio de automatización», afirma Schirmel.

#### Actualizaciones de software desde cubierta

Las interfaces Ethernet integradas en los controladores X90 son accesibles desde la cubierta del buque a través de fibra óptica. «Eso es importante para nosotros, porque nos permite actualizar el software en el equipo según sea necesario sin tener que sacarlo a la superficie ni abrir el recipiente a presión para acceder a los controladores», explica Schirmel.

Las señales eléctricas en el recipiente a presión se aseguran con conectores enchufables especiales capaces de soportar fácilmente 40 MPa de presión, condiciones que se encuentran a profundidades de 4000 m. De esta forma, hay casi 100 válvulas proporcionales, codificadores

absolutos, sensores de desplazamiento y más conectados a las E/S de los dispositivos controladores X90.

### Control y vistas generales

La unidad de perforación se controla fácilmente en remoto desde un contenedor en la cubierta del buque de investigación.

La estación del operador completamente renovada incluye un asiento con controles de joystick montados en los reposabrazos, similar a lo que se encontraría en la cabina de una grúa →05. Hay controles adicionales en tres monitores táctiles de 19 pulgadas, pertenecientes a la

La unidad de perforación actualizada se controla fácilmente en remoto desde un contenedor en la cubierta del buque de investigación.

serie Singletouch Automation Panel de B&R, con tres paneles de pantalla táctil analógica simple resistente (formatos de pantalla ancha) disponibles, este sistema altamente flexible permite realizar mejoras mientras se sigue utilizando la aplicación HMI →05.

Los tres paneles muestran toda la información crítica necesaria para controlar el equipo de perforación MeBo200 y el resto de equipos auxiliares. Por encima de ellos, dos monitores más muestran imágenes en directo de las ocho cámaras subacuáticas instaladas. Los operadores pueden supervisar de cerca el proceso de perforación manual.

Los datos coinciden en el sistema de control de procesos B&R APROL, que se ejecuta en dos unidades redundantes Automation PC 910 →06. Otros tres PC industriales de la serie Automation PC 3100 se utilizan como servidores remotos de interfaz hombre-máquina (HMI).

«Llevamos utilizando APROL como una potente HMI, una solución de adquisición y gestión de datos en nuestros equipos de perforación profunda de petróleo y gas desde 2005», explica Schirmel →06. «Un elemento clave es el almacenamiento de datos de alto rendimiento y el archivado a largo plazo que ofrece APROL. Esto incluye el visor de tendencias, que nos permite visualizar los datos registrados y analizar las causas de los errores».



05

### Puesta en servicio progresiva

La solución de control MeBo200 funciona con un PLC del sistema B&R X20, una solución de control completa y detallada con un sofisticado diseño ergonómico. El sistema X20 amplía las posibilidades de cualquier sistema de control estándar. Una perfecta integración con otros componentes de B&R permiten la implementación de aplicaciones con un rendimiento y flexibilidad inimaginables.

Dado que el control y la HMI pueden funcionar por separado, los operadores pueden poner en marcha, probar o/y operar el equipo de perforación y las unidades auxiliares progresivamente, incluso sin un servidor APROL.

Además, el sistema B&R X20 se utiliza para integrar diversas unidades auxiliares, incluida una unidad de potencia hidráulica, un mando a distancia por radio para el funcionamiento en cubierta del MeBo200 y el centro de potencia con transformadores para el suministro de alta tensión del equipo de perforación.

### Conexión de componentes de terceros

«Algunas de las unidades auxiliares son piezas independientes», dice Schirmel. «Para ellas, no tenemos voz en el bus de campo que utilizan.



06

05 El proceso de perforación se controla mediante joystick, un panel de control y una pantalla táctil desde un contenedor en la cubierta del buque. Las transmisiones de vídeo en directo desde ocho cámaras subacuáticas ayudan a los operadores a supervisar el proceso de perforación.

06 Un océano de potencia de computación: cinco PC industriales de B&R garantizan que el funcionamiento de la HMI y el almacenamiento de datos funcionan siempre de forma fiable.

Por eso realmente apreciamos que B&R ofrezca interfaces y bibliotecas para todos los buses de campo comunes». Esta configuración ha facilitado a Schirmel y a su equipo en Bauer conectar el receptor de control remoto, los joysticks y el panel de control asociado para obtener todas las ventajas de este sistema de automatización.

#### Un socio fiable

«La flexibilidad y coherencia de todo en el mundo de B&R nos permite recabar sin problemas todos los datos necesarios y transferirlos a la HMI y a los sistemas de gestión de datos sin tener que definir o implementar todas las diferentes interfaces nosotros mismos», elogia Schirmel. «Sumadas a la apertura y al tamaño de la cartera de productos, estas son las razones por las que confiamos en B&R como socio de

automatización, especialmente para proyectos de automatización particularmente grandes o únicos, como nuestras nuevas aplicaciones offshore».

#### Ampliamos el futuro de la perforación

Gracias a B&R, el último MeBo200 automatizado se beneficia de la máxima calidad industrial, una arquitectura potente y abierta, una conectividad completa, una gestión de datos coherente y un almacenamiento de datos sin fisuras. Al crear productos que cumplen los objetivos de automatización, control, conectividad y comunicación, B&R está ayudando a ampliar el ámbito de aplicación del MeBo200 de manera que Bauer pueda dirigirse a comunidades comerciales de perforación que ahora tienen otra forma de perforar en aguas ultraprofundas. •

#### Referencias

[1] Franz Rossmann  
"Good Automation Runs Deep", en preparación, pp. 1 - 5.

[2] G. Spagnoli et al.,  
"First Deployment of the Underwater Drill Rig MeBo200 in the North Sea and its Applications for the Geotechnical Exploration" *Society of Petroleum Engineers*

*Publication SPE-175456-MS* 2015, pp. 1 - 14.

[3] W. McCarron,  
"Deepwater Foundations and Pipeline Geomechanics". Fort Lauderdale: J. Ross Publishing, 2011, pp. 1 - 304

[4] T. Freudenthal, T. and G. Wefer, "Drilling Cores on the Sea Floor with the Remote-Controlled Sea Floor Drilling Rig MeBo", *Geoscience Instrument Method Data System*, Vol. 2, 2013, pp. 329 - 337.