

De los *bytes* a los barriles

La transformación digital en el segmento *upstream* del sector de los hidrocarburos

Centro para Soluciones de Energía de Deloitte

Los avances tecnológicos, la caída de los costes de la digitalización y la creciente conectividad de los dispositivos brindan una oportunidad real a las empresas petroleras y gasísticas del segmento de prospección y producción (upstream) de imponerse frente a sus competidores aprovechando el potencial de la revolución digital. El declive de los precios hasta cotas más bajas durante más tiempo y la moderación de los beneficios de explotación han generado un incentivo adicional —o, dicho de otro modo, han hecho de la oportunidad una necesidad— para que las empresas recorten millones de sus costes de explotación, y aún más importante, logren que su base de activos, valorada en 3,4 billones de dólares¹, sea más inteligente y eficiente.

Argumentos en pro de la digitalización

¿Qué obstáculos están encontrando a la hora de aprovechar esta oportunidad? Más que los aspectos puramente técnicos, a menudo, lo que disuade a las empresas de alcanzar una madurez digital es la confusión existente en este ámbito. Las empresas pueden beneficiarse de una hoja de ruta estratégica que les ayude a valorar el estado de digitalización de cada operación y a identificar los saltos digitales necesarios para lograr objetivos de negocio específicos. Y lo que es más importante: esta podría empujarlas a adoptar una meta a largo plazo de transformación de sus principales activos y, en última instancia, a adoptar nuevos modelos operativos (es

decir, recorrer el camino que separa a los *bytes* de los barriles).

Este artículo presenta el Modelo de Transformación Digital de las Operaciones de Deloitte (DOT, por las siglas en inglés de *Digital Operations Transformation*), un marco que explica el camino hacia la digitalización a través de diez etapas de evolución, con la ciberseguridad y la cultura digital como prioridades, y se sirve de este para determinar su posible valor para los segmentos de prospección sísmica, perforación de desarrollo y producción.

A pesar de que algunos segmentos están más adelantados que otros en el ámbito de la analítica de datos —la prospección sísmica le gana terreno a la perforación de desarrollo en el análisis y la visualización de

la información, mientras que el segmento de producción todavía lucha por incorporar sensores a unos pozos que suman ya décadas de funcionamiento o por entender los datos de producción almacenados— el sector, en general, puede aprender de la experiencia de los sectores pioneros en el ámbito digital, que están realizando importantes inversiones y promoviendo un cambio radical de sus activos físicos y sus modelos de capital. La recompensa no es nada desdeñable para el sector de los hidrocarburos —incluso una mejora de la productividad del capital del 1% podría contribuir a compensar la pérdida neta acumulada registrada por las empresas del segmento *upstream*, las empresas de servicios para yacimientos y las petroleras integradas cotizadas, que en 2016 ascendieron a 35.000 millones de dólares a escala mundial².

¹ Capital IQ de S&P y análisis de Deloitte.

² *Ibíd.*

El diluvio digital

Las tecnologías digitales están permitiendo que prácticamente todos los sectores transformen su panorama operativo, y el de los hidrocarburos no puede seguir quedándose a la zaga. Las ventajas potenciales de la transformación digital son evidentes: mayor productividad, operaciones más seguras y recorte de costes. Asimismo, para los actores del sector, que ya lidian con los bajos precios del crudo y la moderación de los beneficios de explotación, una de las principales ventajas de la adopción de la tecnología digital podría residir en la protección que brinda para hacer frente a los reveses endémicos del sector³.

No obstante, los cambios repentinos en el universo digital, la compleja red de interdependencias entre las distintas tecnologías e incluso la variedad de nombres para una misma tecnología a menudo obstaculizan la transformación digital del sector. Por ejemplo, de las más de 200 tecnologías incluidas en el ciclo de sobre expectativa de Gartner de 2000 a 2016, más de 50 tecnologías diferenciadas solo figuraron durante un único año, mientras que otras tardaron años en alcanzar el éxito generalizado⁴.

El análisis textual realizado, que ha abarcado alrededor de 5.000 artículos de las cinco principales publicaciones tecnológicas, confirman este diluvio digital (véase el gráfico 1). Las tecnologías más destacadas o los términos más de moda, como «inteligencia artificial», «aprendizaje automático», «realidad aumentada» y «realidad virtual» son

prácticamente indistinguibles en cuanto a las ventajas que ofrecen, y dependen enormemente unas de otras. Como consecuencia de ello, la adopción de estas tecnologías supone elevados costes de sustitución y a fondo perdido, unas ventajas aisladas o marginales e inversiones digitales imposibles de generalizar.

A pesar de que el prototipado rápido (bajo el lema «falla pronto, falla rápido y aprende más rápido») de nuevas tecnologías digitales resulta aceptable en muchos sectores, aquellos con elevadas necesidades de capital, como el de los hidrocarburos, no pueden confiar únicamente en un enfoque de ensayo y error o apostar por múltiples tecnologías para responder a un problema.

«Los consumidores y las firmas especializadas en las tecnologías de la información saben que “a quien madruga Dios le ayuda”, pero los actores del sector de los hidrocarburos se quedan con “quien ríe el último ríe mejor”. Esto se debe a que sale más caro ser el primero en adoptar las innovaciones en este sector» comenta un directivo del segmento *upstream* de una de las petroleras más importantes del mundo⁵.

Asimismo, las narrativas digitales actuales en el mercado de los hidrocarburos son a menudo limitadas y siguen una lógica tecnológica ascendente. No obstante, lo que podría beneficiar al sector es un enfoque descendente estructurado, que no solo capee este diluvio digital, sino que también permita a los directivos del sector de los hidrocarburos establecer una hoja de ruta

exhaustiva para una transformación digital que abarque la empresa en su conjunto. Es decir, que el enfoque debería responder a tres preguntas estratégicas sobre la digitalización: «¿de qué grado de digitalización dispone actualmente?», «¿qué grado de digitalización debería alcanzar?» y «¿cómo podría aumentar su grado de digitalización?».

Descodificando el diluvio digital

El modelo DOT

En vista de los distintos puntos de partida y de la gama de posibilidades, las empresas del sector de los hidrocarburos podrían beneficiarse de un marco coherente que les ayude a conseguir sus *objetivos de negocio* a corto plazo, determine su progresión digital a través de *etapas de evolución* y, ante todo, les oriente en el camino para lograr, en última instancia, la *transformación de la base* de sus operaciones, sus activos reales y su propio modelo de negocio.

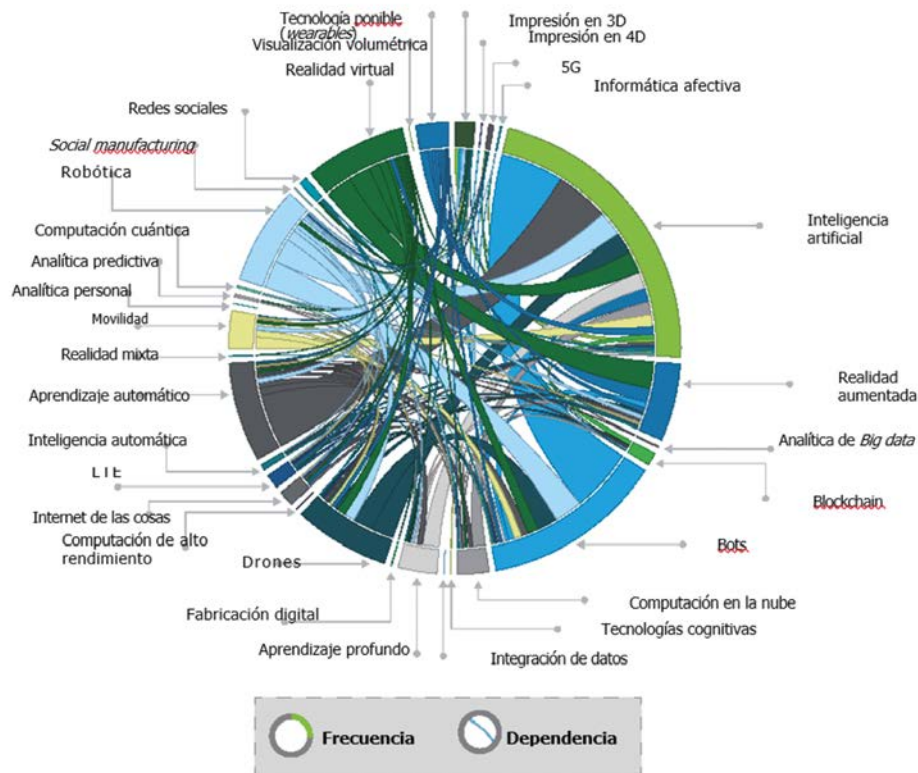
El Modelo de Transformación Digital de Operaciones (DOT) constituye esta hoja de ruta, que marca el camino hacia la digitalización en diez hitos, en el marco del cual, el salto de una etapa a otra marca la consecución de objetivos de negocio específicos, privilegiando la ciberseguridad y los aspectos digitales de la empresa. A pesar de que este recorrido técnicamente se completa en la décima etapa para un activo u operación específicos, debería ampliarse y prolongarse en forma de iteración infinita para incluir una gama más amplia de activos o segmentos de negocio, la empresa en su conjunto

³ La producción de crudo por torre de extracción en pozos nuevos se ha estabilizado en la formación de esquisto de Eagle Ford en torno a los 1.400 barriles al día y ha caído en la cuenca pérmica hasta por debajo de los 600 barriles al día. Del mismo modo, el coste de producción por barril equivalente de petróleo en el sector *upstream* a escala mundial presentaba indicios de tocar fondo a principios de 2017 (Fuente: Energy Information Administration, *Drilling productivity report*, consultado el 14 de agosto de 2017).

⁴ Michael Mullany, «8 lessons from 20 years of hype cycles», LinkedIn, 7 de diciembre de 2016.

⁵ Jim Montague, «Bright oil and gas future will rely on innovation, efficiency», Control Global, 16 de marzo de 2017.

Figura 1. El diluvio digital



y, en última instancia, el ecosistema de la empresa, lo que abarca su cadena de suministro y sus partes interesadas externas (véase la figura 2 y la tabla 2, en el anexo).

En primer lugar, en este recorrido, encontramos las empresas que *mecanizan* los procesos mediante sistemas de control hidráulicos, neumáticos o eléctricos. De este modo, estos actores pueden prever y prepararse de cara a fallos y condiciones inusuales. Posteriormente, el camino progresa hacia la recopilación de información del mundo físico (y su transferencia al universo

digital) mediante la *sensorización* de los equipos y la *transmisión* de los datos generados en el yacimiento a través de las redes de TI⁶. De este modo, la empresa del sector de los hidrocarburos será capaz de responder a las condiciones *in situ* y de hacer un seguimiento de las operaciones a distancia.

La siguiente serie de hitos consiste en que la empresa ponga fin al aislamiento operativo entre disciplinas, se beneficie de incrementos ocultos de la productividad, mejore la manejabilidad de los datos e identifique nuevas áreas de creación de valor.

Normalmente, el pensamiento y las narrativas digitales se limitan a la información obtenida a partir de los datos. No obstante, para llegar a ser pionero en el ámbito digital, una empresa debería considerar la posibilidad de cambiar su mundo físico mediante la modernización de sus principales activos.

Para ello, la transformación debería progresar desde la integración de distintos datos (utilizando solucionadores en la nube, servidores, estándares de datos, etc.), el análisis

⁶ Adam Mussomeli; Doug Gish; y Stephen Laaper; The rise of the digital supply network, Deloitte University Press, 1 de diciembre de 2016.

sis y la visualización de los datos empleando ordenadores y plataformas de última generación (por ejemplo, la analítica de Big data, la tecnología “ponible” y las estaciones de trabajo interactivas) hasta la toma de decisiones aumentada, (por ejemplo, el aprendizaje automático).

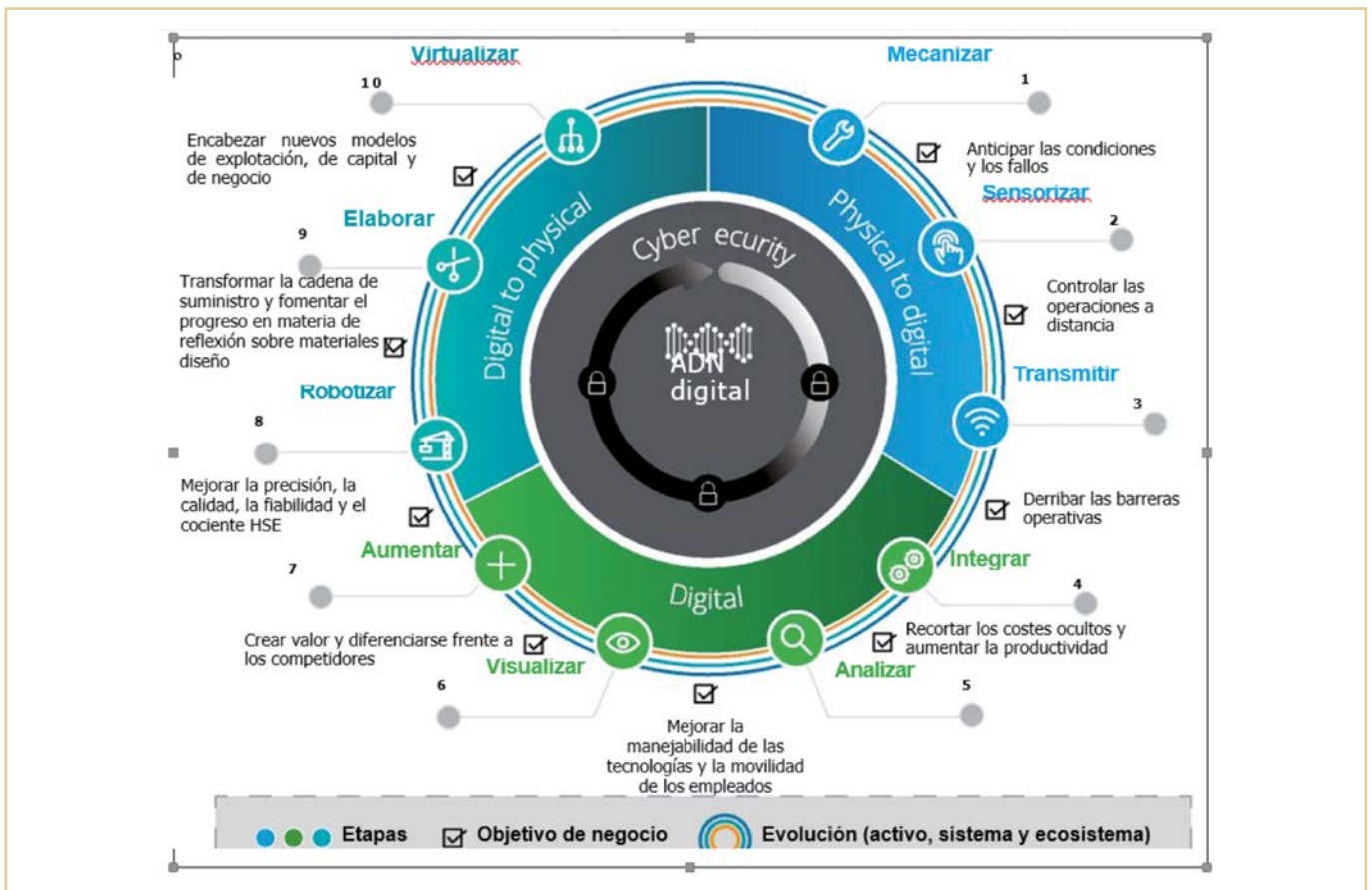
Normalmente, en el ámbito de los hidrocarburos, el pensamiento y las narrativas digitales se limitan a la información obtenida a partir de los datos. No obstante, para llegar a ser pionero en el ámbito digital, una

empresa debería considerar la posibilidad de cambiar su mundo físico mediante la modernización de sus principales activos (en este caso, las torres de perforación, los equipos, las plataformas y las instalaciones). Es decir, que debería completar las tres últimas etapas del camino que separa los *bytes* de los *barriles*, cerrando el ciclo circular entre lo físico y lo digital.

Esta fase empieza con la robotización de las instalaciones y progresa hasta la elaboración de nuevos productos para mejorar

la precisión, la fiabilidad y los aspectos de diseño de los activos físicos. En última instancia, la fase concluye con la *virtualización* de toda la base de activos mediante la creación de gemelos digitales y el hilo digital, no solo con el fin de ampliar la vida de los activos, sino también de adoptar nuevos modelos empresariales y de activos a largo plazo⁷. La visualización del hilo digital y los gemelos digitales desencadenaría inevitablemente la reflexión y la necesidad de habilitar flujos de trabajo entre empresas y proveedores, el mayor cuello

Figura 2. Modelo de Transformación Digital de las Operaciones de Deloitte (DOT)



⁷ Un gemelo digital es una representación digital dinámica de un activo industrial que permite a las empresas entender y predecir mejor el rendimiento de su maquinaria y encontrar nuevos flujos de ingresos, así como modificar la forma en que llevan a cabo sus actividades. El hilo digital es un marco de comunicación que conecta elementos tradicionalmente aislados en los procesos de facturación y proporciona una visión integrada de un activo a lo largo del ciclo de vida de producción (Fuente: GE, análisis de Deloitte).

de botella para muchas de las transformaciones digitales.

Tal como mencionábamos anteriormente, una vez que el ciclo circular entre lo físico y lo digital ha abarcado un activo, este ciclo debería reiniciarse y ampliarse para incluir un sistema de activos de una línea de negocio o una geografía particulares; posteriormente, la empresa en su conjunto; y, en última instancia, toda su cadena de suministro y las partes interesadas externas.

Un amplio programa de gestión del ciberriesgo que sea seguro, resistente y se mantenga activo, y una cultura corporativa —o ADN digital— que permita esta transformación siguen conformando el núcleo del modelo⁸.

A partir de este modelo, el siguiente apartado traza el grado de digitalización actual del segmento *upstream*, identifica los saltos digitales a corto plazo que pueden emprender las empresas de este segmento para alcanzar sus objetivos tanto a corto como a largo plazo, y ofrece soluciones para las grandes operaciones en las actividades de prospección, desarrollo y producción.

Evaluación de las vías de transformación digital para las operaciones *upstream*

A pesar de que la madurez digital varía de unas empresas a otras, el segmento de la prospección petrolífera y gasística en general está más avanzado en términos de digitalización que los de desarrollo y producción. Mientras que décadas de

investigación geológica y las tecnologías avanzadas de evaluación por imagen han contribuido a mejorar la prospección, un ecosistema complejo y una base de activos heredados han limitado la evolución digital de las actividades de perforación y producción, respectivamente.

No obstante, no todos los subsegmentos del segmento de prospección están adelantados; del mismo modo, algunos subsegmentos de las actividades de perforación y producción están adaptándose y preparándose para dar el salto digital. En vez de detallar cada subsegmento, la siguiente sección está dedicada a un subsegmento privilegiado dentro de cada segmento —la visualización sísmica, la perforación de desarrollo y las operaciones de producción—, para los que la transformación digital es más necesaria u ofrece más potencial de creación de valor (véase la figura 3).

Visualización sísmica

La visualización sísmica —un proceso que el sector lleva usando más de ochenta años para la evaluación y la visualización de formaciones subterráneas nuevas y complejas— se encuentra en general en una etapa avanzada de las actividades de *análisis y visualización* del marco DOT. La normalización de los datos y formatos geológicos, la inversión en algoritmos avanzados llevada a cabo por el sector privado y la evolución hacia la computación de alto rendimiento —capaz de analizar datos geofísicos de miles de pozos en pocos segundos—, explican el liderazgo analítico de este segmento. ExxonMobil, por ejemplo, está recurriendo a la visualización sísmica incluso para predecir la distribución

de las fracturas en yacimientos inaccesibles, lo que contribuye a potenciar el flujo y optimizar la ubicación de los pozos⁹.

El objetivo a corto plazo de la unidad de visualización sísmica de las empresas del sector de los hidrocarburos se ha orientado a redimensionar su cartera actual de recursos, lo que incluye la identificación de recursos marginales que no se consideran comerciales, reducen la rentabilidad y bloquean un capital considerable.

Del mismo modo, en lo referente a la visualización, el sector ha registrado un sólido progreso en el desarrollo de sistemas de interpretación en tres dimensiones para la modelización geológica y de la velocidad, la interpretación estructural y estratigráfica y la generación de imágenes profundas. No en vano, algunas empresas han empezado a usar modelos sísmicos diacrónicos en cuatro dimensiones que integran los datos de producción para hacer un seguimiento de los cambios en los yacimientos de hidrocarburos¹⁰. Además, algunos se están adelantando, incorporando elementos de realidad virtual a la visualización sísmica para mejorar la percepción espacial de los objetos tridimensionales.

Por ejemplo, un equipo de investigadores de la Universidad de Calgary está empleando la realidad virtual y la realidad aumentada, así como técnicas de visualización avanzadas para ayudar a los productores canadienses que utilizan el drenaje por gravedad asistido con vapor (SAGD) a gestionar mejor sus complejos yacimientos interactuando con simulaciones en un mundo real tridimensional¹¹.

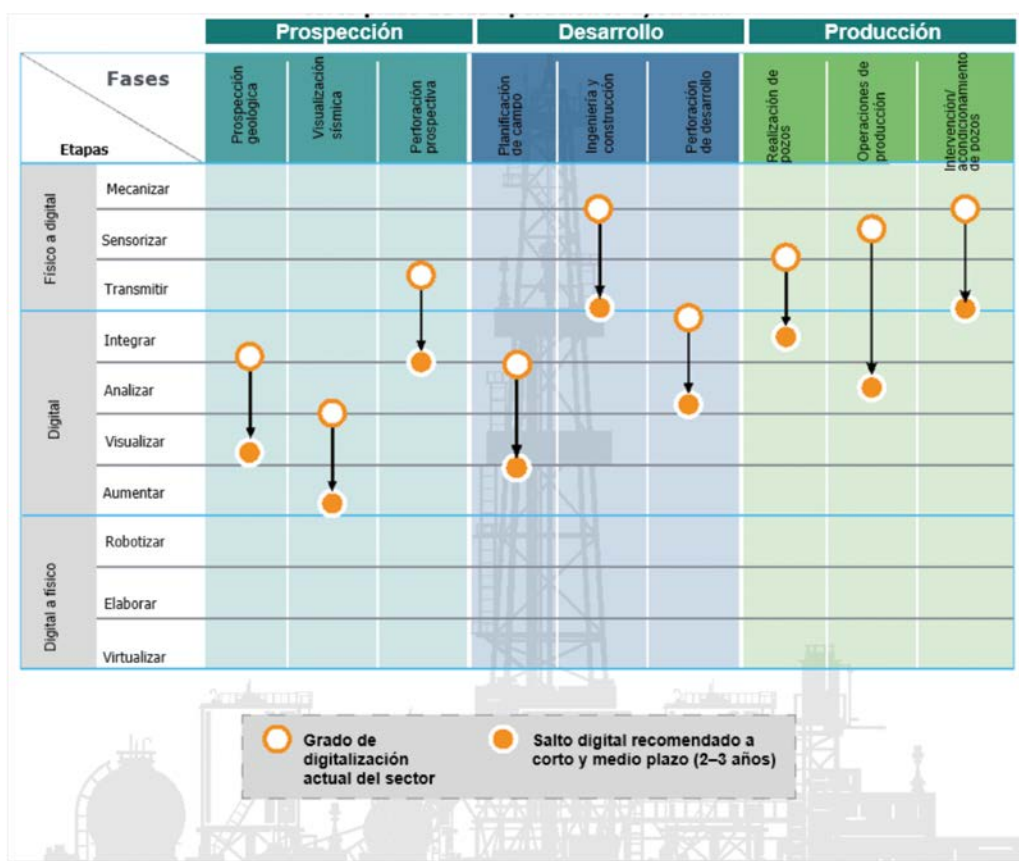
⁸ Anshu Mittal; Andrew Slaughter y Paul Zonneveld, *Protecting the connected barrels*, Deloitte University Press, 26 de junio de 2017.

⁹ ExxonMobil, «Seismic imaging overview», consultado el 31 de agosto de 2017.

¹⁰ Dynamic Graphics, «Dynamic visual analytics», consultado el 31 de agosto de 2017.

¹¹ Lynda Harrison, «SAGD reservoir simulation gets a boost from virtual and augmented reality at the University of Calgary», JWN Energy, 25 de agosto de 2016.

Figura 3. Madurez digital actual e identificación de los objetivos digitales a corto plazo de las operaciones *upstream*



Fuente: análisis de Deloitte.

¿Deberían detenerse aquí los actores del sector? La reciente caída del precio del petróleo ha afectado, al menos de momento, a los objetivos empresariales. En vez de fijarse en nuevos y complejos yacimientos en localizaciones remotas, el objetivo a corto plazo de la unidad de visualización sísmica de las empresas del sector de los hidrocarburos se ha orientado a redimensionar su cartera actual de recursos, lo que incluye la identificación de recursos marginales que

no se consideran comerciales, reducen la rentabilidad y bloquean un capital considerable.

«Con una base de activos mejor orientada y un balance mejorado, estaremos claramente dispuestos a actualizar nuestra cartera y dirigir la inversión adicional hacia los mejores proyectos de nuestra cartera», comentó Dave Hager, Consejero Delegado de Devon Energy¹².

¿Qué está en juego? Solo en EE. UU., cerca del 65% de los pozos de petróleo en producción tiene un carácter marginal, es decir, que producen menos de diez barriles al día de crudo¹³. De igual modo, las reservas probables (2P), con una certeza de extracción del 50%, representan aproximadamente la mitad de sus reservas probadas (1P)¹⁴. Esta brecha entre los recursos «buenos» y «malos» contribuye a la disparidad de valoraciones entre compradores y vendedores

¹² Devon Energy Corp., «Q3 2016 earnings call», 2 de noviembre de 2016..

¹³ Rystad Energy, base de datos UCube, consultada el 4 de agosto de 2017.

¹⁴ Ibid

de activos *upstream*. A julio de 2017, había más de 1.250 activos *upstream* a la venta a escala mundial, y cerca de cien activos llevaban a la espera de compradores más de tres años¹⁵.

Para cerrar esta brecha o identificar nuevas áreas de creación de valor, los actores deberían considerar la posibilidad de avanzar hasta la fase de *augmentación*, en la que las máquinas revelan la geología gracias al aprendizaje continuo y se adaptan de forma independiente mediante distintos factores, patrones, relaciones y situaciones. Por ejemplo, una firma dedicada a la interpretación geológica está incorporando un flujo cognitivo en el que el análisis de componentes principales y los mapas autoorganizados examinan combinaciones de atributos sísmicos que se corresponden con indicadores pertinentes de hidrocarburos¹⁶.

No obstante, a la hora de diseñar sus estrategias de digitalización, las empresas deberían tener en cuenta si la solución de *augmentación* ofrece un equilibrio óptimo entre los aspectos orientados a los datos y aquellos guiados por expertos en materia de visualización sísmica. La interpretación de datos sísmicos es fundamental y sigue dependiendo de la cognición visual de los geofísicos. En Guinea Ecuatorial, por ejemplo, un proveedor de servicios combinó sus flujos de trabajo cognitivos tanto con un espacio coloreado optimizado para la visión humana como con una interfaz que maximiza las capacidades cognitivas humanas.

Como consecuencia de ello, se mejoró la interpretación y la identificación temprana de las perspectivas, lo que permitió al operador atraer el interés de nuevos socios en el proyecto¹⁷.

PARA REFLEXIONAR

Las ventajas de las técnicas cognitivas pueden multiplicar con el uso de datos procedentes de las distintas disciplinas del ciclo de vida de un yacimiento para la modelización y la interpretación sísmica, algo extremadamente pertinente para el mercado de petróleo de esquisto estadounidenses, enormemente competitivo, que dispone de abundantes datos de perforación y producción en pozos a disposición de los geofísicos¹⁸.

Perforación de desarrollo

La perforación de desarrollo se encuentra en una etapa embrionaria de integración de datos en el marco del modelo DOT, puesto que numerosas plataformas analíticas con gran demanda aún son incapaces de agregar y estandarizar los datos de distintos proveedores¹⁹. Los distintos objetivos de los más de quince servicios requeridos para la perforación; los centenares de herramientas, *software* y tecnologías registradas de más de 300 firmas de servicios para yacimientos, así como la falta de formatos de datos estandarizados explican la dificultad que supone integrar los datos²⁰.

Como consecuencia de ello, se desaprovechan *petabytes* de información. «Si no con-

seguimos que los datos fluyan entre todas estas áreas, desde el sistema de control de la torre de perforación y los registros digitales electrónicos hasta los suministros de terceros que acuden a las instalaciones con un sistema de registro o unidades cementadoras, el sistema caerá por su propio peso», defendió Michael Behounek, Asesor de Perforación Sénior de Apache Corp²¹.

Poner fin a la compartimentación de los datos es vital para que el sector siga registrando un aumento de la eficiencia y recortando costes. A lo largo de aproximadamente el último lustro, los avances en las tecnologías operativas, como la perforación de pozos multilaterales, han contribuido a que el sector haya registrado una reducción del tiempo medio de perforación en formaciones de esquisto desde 35 días en 2012 hasta cerca de 15 días en la actualidad²². No obstante, estos logros operativos parecen estar moderándose (tal como sugiere el aplanamiento de los días de perforación y producción de nuevos pozos por torre en las formaciones de esquisto estadounidenses), exigiendo así que las tecnologías digitales tomen ahora el relevo²³.

Del mismo modo que las empresas *upstream* y de servicios para yacimientos han colaborado para lograr mejoras en la perforación a través de tecnologías operativas en este panorama de precios más bajos durante más tiempo, deberían considerar unir fuerzas también en el frente digital. Ambas deben encontrar una rentabilidad de la inversión

¹⁵ Derrick Petroleum Services, «Global M&A database», consultado el 4 de agosto de 2017.

¹⁶ Rocky Roden y Ching Wen Chen, «Interpretation of DHI characteristics with machine learning», Geophysical Insights, mayo de 2017.

¹⁷ Jonathan Henderson, «Cognitive interpretation», GEOExPro, 2015; GeoTeric, «Prospect investigation and de-risking using cognitive interpretation workflows, offshore Equatorial Guinea», 2017.

¹⁸ E&P, «Shale technology showcase: Reservoir characterization helps unlock shale reserves», 5 de julio de 2017.

¹⁹ Anya Litvak, «Shale companies turn to machines to crunch their drilling data», Pittsburgh Post-Gazette, 1 de marzo de 2016.

²⁰ Spears & Associates Inc., Oilfield market report, 1 de abril de 2016; Andrew Slaughter, Gregory Bean y Anshu Mittal, Connected barrels: Transforming oil and gas strategies with the Internet of Things, Deloitte University Press, 14 de agosto de 2015.

²¹ Drilling Contractor, «Apache deploys data aggregation technology to enable data-driven decisions, reduce drilling costs», 22 de mayo de 2017.

²² Rystad Energy, base de datos NASWellCube, consultada el 4 de agosto de 2017.

²³ EIA, Drilling productivity report; Rystad; análisis de Deloitte.

aceptable en materia de soluciones digitales, en ausencia de la cual, los *hackers* podrían explotar los flujos de trabajo no integrados, los márgenes probablemente seguirían oscilando entre ambos y el ritmo de innovación del sector se vería perjudicado. Justin Rounce, Vicepresidente Sénior de Schlumberger, planteó acertadamente: «*Es duro seguir invirtiendo en tecnología cuando no obtienes el valor asociado a esta inversión*»²⁴.

Lograr este equilibrio probablemente exija la colaboración de los actores del sector y el desarrollo de estándares de datos comunes. No obstante, conociendo la complejidad de la tarea a la que se enfrentan y los largos plazos necesarios para la estandarización de todos los formatos de datos —el Standards Leadership Council tardó casi cuatro años en finalizar el proyecto piloto de integración de los modelos de datos PPDM (por las siglas en inglés de *Professional Petroleum Data Management*) y WITSML (lenguaje de marcado estándar para la transferencia de información de pozos, por las siglas en inglés de *Wellsite Information Transfer Standard Markup Language*)— la estrategia de agregación a corto plazo de una empresa *upstream* debe vincularse a soluciones de terceros que puedan estratificar de forma segura los marcos de integración de diversos datos de perforación²⁵. Apache Corp., por ejemplo, está implantando núcleos de integración de datos en 21 plataformas norteamericanas, permitiendo así la monitorización y el análisis lineal de los datos asimilados a partir de los sistemas de control de la perforación, las tecnologías de registros adqui-

ridos durante la perforación (LWD, por las siglas en inglés de *logging while drilling*), las unidades cementadoras, etc²⁶.

Una vez que se elimine este cuello de botella, el salto digital hacia la analítica avanzada podría ser mucho más rápido. Cuando se consiga, este avance podría ofrecer un ahorro anualizado de los costes de los pozos de aproximadamente 30.000 millones de dólares²⁷ a los actores del segmento *upstream*, mientras que las empresas de servicios para yacimientos podrían generar flujos de ingresos de miles de millones de dólares con un elevado margen²⁸.

Las empresas *upstream* y de servicios para yacimientos deben encontrar una rentabilidad de la inversión aceptable en materia de soluciones digitales, en ausencia de la cual, los *hackers* podrían explotar los flujos de trabajo no integrados, los márgenes probablemente seguirían oscilando entre ambos y el ritmo de innovación del sector se vería perjudicado.

Puesto que existen numerosas áreas de creación de valor en el ámbito de la perforación —optimización de la trayectoria, tasa de penetración, resistencia por fricción, vibraciones del tren de varillas de sondeo, rendimiento del equipo, etc.—, las empresas tradicionales podrían priorizar y poner a prueba ciertas innovaciones, mientras que los líderes digitales pueden centrarse en la obtención del máximo valor a través de la analítica avanzada integrada al nivel de la empresa²⁹.

Noble y Baker Hughes, a GE company (BHGE), por ejemplo, pretenden obtener una reducción del 20% del coste de la perforación marina mediante el desarrollo conjunto de un sistema avanzado de analítica de datos.

Las empresas tienen previsto optimizar el proceso de perforación mediante la analítica del rendimiento, lo que abarca el establecimiento de nuevos indicadores clave de rendimiento, el análisis de las firmas más frecuentes de los sistemas de accionamiento y la valoración de la intensidad de uso de los activos clave. Estas capacidades se alojarán en la plataforma, mientras que los datos se enviarían a los centros en tierra firme, donde, gracias a algoritmos predictivos, se identificarían posibles problemas relacionados con la vibración, la temperatura, etc. semanas antes que con los sistemas de automatización convencionales³⁰.

A pesar de que se habla mucho en el mercado de la *augmentación* de las operaciones de perforación o de impulsar el avance de la perforación autónoma desarrollando soluciones lineales y no lineales, como el cálculo automatizado de los ajustes de la cabeza perforadora, el sector debería considerar la posibilidad de centrarse en mejorar las fases de *integración y análisis*. Es necesario solucionar estos cuellos de botella para construir las torres de perforación automatizadas del futuro. La iniciativa *Rig of the Future* de Schlumberger, por ejemplo, descansa principalmente en la integración de diversos sistemas de perforación mediante la colaboración con contratistas independientes, empleando una arquitectura de código abierto³¹.

²⁴ Linda Hsieh y Kelli Ainsworth, «Schlumberger Rig of the Future aims to optimize, integrate drilling subsystems to provide open and scalable well construction platform», *Drilling Contractor*, 1 de enero de 2017.

²⁵ Standards Leadership Council.

²⁶ *Drilling Contractor*, «Apache deploys data aggregation technology to enable data-driven decisions, reduce drilling costs».

²⁷ El valor estimado se basa en el ahorro del 10% y el 20% registrado en los costes de pozos terrestres, de aproximadamente 190.000 millones de dólares, y en los costes de los pozos marinos, de alrededor de 50.000 millones de dólares (Fuente: Rystad; Deloitte analysis).

²⁸ Rystad Energy, base de datos UCube, consultada el 4 de agosto de 2017; información facilitada por la empresa; análisis de Deloitte.

²⁹ ResearchGate, «Application of artificial intelligence methods in drilling system design and operations: A review of the state of the art», mayo de 2015.

³⁰ *Offshore Technology*, «GE & Noble look to the digital rig to cut expenditure», consultado el 31 de agosto de 2017; Bruce Beaubouef, «Industry continues to advance digitization», *Offshore Magazine*, 5 de agosto de 2017.

³¹ Linda Hsieh y Kelli Ainsworth, «Schlumberger Rig of the Future aims to optimize, integrate drilling subsystems to provide open and scalable well construction platform».

PARA REFLEXIONAR

Acercar la analítica de datos de perforación integrada y avanzada a las operaciones podría reducir de forma significativa los sobrecostos y retrasos en proyectos complejos, que exigen un elevado trabajo de mantenimiento y una adaptación *in situ*, así como generar oportunidades para combinar el diseño de ingeniería y la experiencia operativa en sistemas de sensores, lo que permitiría realizar una analítica de datos compleja del conjunto de sensores³².

Operaciones de producción

A diferencia de la prospección y el desarrollo, el segmento de producción de una empresa está formado fundamentalmente por pozos marginales, plataformas, instrumentos y sistemas de control. Alrededor del 40% de la producción de crudo y gas natural a escala mundial procede de campos que llevan más de 25 años funcionando —no en vano, existen cerca de 175 campos con más de un siglo de historia³³. En vista de que la continuidad de la producción y, por tanto, de los flujos de efectivo, es vital, el sector se encuentra atrapado en un ciclo interminable de adaptaciones y mejoras. Dicho de otro modo, el sector siempre dispone de una amplia cartera de activos productivos menos *sensorizados*, a la zaga en términos de digitalización, e incluso vulnerables a ciberataques³⁴.

Las estructuras de negocio conjunto (*joint venture*) de muchos de los campos, la dispersión de los pozos y de los activos a lo largo del ciclo de vida, junto con el coste asociado a la mejora de toda la infraestructura, pueden complicar y retrasar una mayor modernización de los activos heredados.

«La monitorización de los datos de producción no es nada nuevo para los operadores, aunque solo las principales empresas del sector podían permitirselo... e incluso entonces, debían escoger, ya que solo podían monitorizar quizás del 60% al 70% de sus pozos», declaró un directivo de WellAware³⁵.

Solucionar este problema nunca había sido tan importante como en la actualidad. Los reducidos flujos de efectivo y la incertidumbre en torno a la inflación de los costes en proyectos nuevos han conducido a un cambio en el objetivo de negocio de muchos productores, que han pasado de apostar por el crecimiento a través de proyectos nuevos a optimizar la producción de los campos existentes escatimando en gastos. El Consejero Delegado de ConocoPhillips, Ryan M. Lance, retrató acertadamente la situación actual afirmando: *«La escasa intensidad de capital es el mejor amigo de un director financiero»*³⁶.

Entonces, ¿cuál debería ser la estrategia digital de una empresa para sus activos heredados? ¿Debería optar por una inversión digital global para todos ellos o por el prototipado digital de solo algunos de los pozos productivos? Ni lo uno ni lo otro, puesto que la primera opción no sería práctica y la segunda solo ofrecería beneficios marginales. ¿Entonces? Del mismo modo que cada solución operativa (por ejemplo, una mayor extracción de crudo) y cada estrategia empresarial (por ejemplo, la adquisición de un campo cercano para aprovechar la infraestructura existente) es específica de cada campo, la inversión en la digitalización debería priorizarse y adaptarse en función de cada campo o pozo.

Por ejemplo, en un campo con gran potencial, podría valer la pena instalar sensores distribuidos avanzados y equipos inteligentes de fabricantes de primer equipo (OEM) para ofrecer información novedosa sobre las condiciones operativas de un pozo a nivel superficial y subterráneo. Un campo con un potencial moderado podría beneficiarse de sensores generalizados (para monitorizar la temperatura, la vibración, la rotación, etc.) en las bombas, las válvulas y los equipos, con el fin de desarrollar un programa de mantenimiento en función de las condiciones. Por otra parte, un campo con escaso potencial podría precisar de soluciones de automatización y monitorización estándar para mantener el funcionamiento del pozo en niveles óptimos. Es probable que dicha segmentación abarque toda la base de activos y permita optimizar la cartera de producción en su conjunto sin requerir una inversión excesiva.

Una vez implantada esta estrategia de sensorización de los equipos en distintos niveles, un salto digital hacia la *analítica* avanzada podría empezar a crear valor en los frentes de la optimización y el mantenimiento.

Los problemas observados en los campos petrolíferos heredados, como la interferencia de gases, la obstrucción de los equipos, los daños por golpe de fluido provocados por el bombeo excesivo y la extracción ineficiente por un bombeo insuficiente, podrían solucionarse integrando protocolos de automatización con plataformas analíticas alojadas en la nube, en un entorno seguro³⁷. A pesar de que las ventajas variarían de una explotación a otra, algunos cálculos apuntan a que la optimización de la produc-

³² Elaine Maslin y Audrey Leon, «The digital

³³ Rystad Energy, base de datos UCube, consultada el 4 de agosto de 2017.

³⁴ En vez de limitarse a seguir un enfoque programado o basado en el cumplimiento normativo, una empresa puede asegurar sus sistemas de producción heredados recurriendo a un programa holístico de gestión de parches centrado en el riesgo. (Mittal; Slaughter y Zonneveld, *Protecting the connected barrels*.)

³⁵ Beth Stackpole, «IoT for oil and gas industry: Updating a decades-old process», IOT Agenda, consultado el 31 de agosto de 2017.

³⁶ ConocoPhillips, «Goldman Sachs Energy Conference», 5 de enero de 2017.2015.

³⁷ Amblynt, «Production challenges», consultado el 31 de agosto de 2017.

revolution is now», OE Digital, 1 de junio de 2017.

ción en un proyecto con cien pozos puede generar flujos de efectivo anualizados por valor de 20 millones de dólares (aproximadamente 20.000 millones de dólares en todo el sector), por no mencionar los costes por daños y reparación de los equipos que se evitarían³⁸.

Probablemente, el ritmo de creación de valor aumentaría exponencialmente ampliando el análisis a todo el yacimiento.

Por ejemplo, una empresa en Kazajistán se enfrentaba a un problema de escasa presión de bombeo y un retraso de la producción en varios pozos envejecidos de condensado de gas. Además de instalar nuevas bombas eléctricas sumergibles (ESP), la empresa empleó analítica en tiempo real para realizar ajustes proactivos en caso de saltos en las bombas y modificar la potencia de los motores para adecuarse mejor a las

distintas condiciones de cada pozo. Estas soluciones inteligentes, aplicadas al nivel del yacimiento, redujeron los periodos de inactividad un 27% adicional respecto de los beneficios logrados gracias a las nuevas bombas³⁹.

Para extrapolar estas soluciones y mantener sus ventajas en otras explotaciones, probablemente sea necesario modelizar y asimilar todos los datos del ciclo de vida del pozo de forma que se pueda desarrollar un enfoque dinámico de analítica predictiva basado en la tolerancia y la volatilidad.

Una empresa en Oriente Medio está aplicando este modelo predictivo en sus cerca de mil pozos sin tener que invertir en nuevas licencias de modelización ni en análisis de ingeniería, con lo que espera ahorrar millones de dólares en costes de tecnología y tiempo⁴⁰.

PARA REFLEXIONAR

El mayor potencial en el ámbito de la sensorización y el análisis de los pozos productivos se encuentra en la región de Oriente Medio, ya que el 35% de su producción de hidrocarburos proviene de explotaciones heredadas que están en funcionamiento desde hace más de cinco décadas, seguida por el norte de África⁴¹.

Mantener el avance digital en marcha

Un objetivo a largo plazo para las empresas

La mayoría de las soluciones digitales actualmente en el mercado están destinadas a la reducción de los costes de explotación del sector, que ascendieron a 2,3 billones de dólares en 2016. Sin duda, las innovaciones digitales han reducido los costes de explotación del sector y seguirán haciéndolo.

Figura 4. Resumen del valor generado por la digitalización para las actividades de prospección, desarrollo y producción

	Prospección	Desarrollo	Producción
Objetivo	Redimensionar adecuadamente la cartera actual de recursos, lo que incluye la identificación de recursos marginales que no se consideran comerciales, reducen la rentabilidad y reducen el capital considerablemente.	Poner fin a la compartimentación de los datos y garantizar la rentabilidad de la inversión digital para mantener intactos el ritmo y el rumbo de la innovación.	Interrumpir el ciclo interminable de adaptaciones y mejoras en los campos existentes escatimando en gastos.
Situación actual	Datos estandarizados, algoritmos avanzados y el uso de la computación de alto rendimiento llevan la explotación a las fases de análisis y visualización .	La divergencia de objetivos, las herramientas registradas y la falta de datos estandarizados generan problemas de integración .	La continuidad de las operaciones y una base de activos heredados justifican que el segmento de operación esté menos sensorizado .
Salto digital sugerido	Aumentar la cognición visual de los geofísicos recurriendo al aprendizaje automático para mostrar las características geográficas.	Integrar y analizar superponiendo de forma segura los marcos y la analítica de integración de diversos datos de perforación usando una arquitectura de código abierto.	Sensorizar siguiendo una estrategia de generación de datos superpuestos y extrapolar el análisis a todo el yacimiento.
Valor potencial	Una mayor certeza de extracción y una viabilidad comercial más amplia de las reservas probables (2P), que constituyen el 50% de las reservas probadas (1P).	Ahorro anualizado de los costes de los pozos de más de 30.000 millones de dólares en beneficio de los actores del segmento <i>upstream</i> .	Flujos de efectivo adicionales de más de 20.000 millones de dólares , sumados a los recortes de los costes por fallos y reparaciones de los equipos.

Fuente: análisis de Deloitte.

³⁸ Ian Jones, «Analytical Assist: Lean times for the oil and gas industry call for analytical insights», SAS, consultado el 31 de agosto de 2017.

³⁹ Nick James; Ramana Palisetti; Remigio Stanislaw y Silva Sifontes, «Taking artificial lift to the next level, Schlumberger», 6 de enero de 2017; Schlumberger, «Case study: Schlumberger tackles ESP challenges in Kazakhstan», 6 de enero de 2017.

⁴⁰ Ian Brown y Trevor Stoddard, «Enhancing production efficiency through model-based predictive analytics», E&P, 1 de septiembre de 2016.

⁴¹ Rystad Energy, base de datos UCube, consultada el 18 de agosto de 2017.

lo, pero existe una categoría mucho mayor, con activos materiales netos —o capital productivo— por valor de 3,4 billones de dólares, prácticamente inexplorada por las soluciones digitales existentes⁴². Cabe recordar que, además, a esta cifra nada des-
deñable se suman anualmente alrededor

de 500.000 millones de dólares de inversiones en bienes de equipo⁴³.

Incluso una mejora de la productividad del capital de un 1% respecto de esta cifra— mediante la reducción de los costes de oportunidad futuros a través de robots

inteligentes, que también garantizan la seguridad de los activos y los recursos humanos; la rebaja del coste de recambio de los activos productivos desgastados mediante la impresión rápida a la carta; o la ampliación de la vida económica de los activos marinos gracias al seguimiento periódico

Tabla 1. Ejemplos sectoriales de firmas que digitalizan sus activos físicos

Etapas	Ejemplos	Oportunidades
Robotizar	<p>PROBLEMA: Entorno operativo más difícil y con mayor riesgo en las ubicaciones marinas SOLUCIÓN: Robotización de las plataformas</p> <p>Woodside Petroleum está aunando sus tecnologías en el ámbito de las ciencias cognitivas con el sistema robótico humanoide de la NASA R2C3, uno de los tres robots humanoides desarrollados por la agencia espacial en colaboración con General Motors, con el fin de diseñar en última instancia instalaciones marinas que acojan intervenciones y operaciones íntegramente robotizadas. Woodside empezará investigando las formas en que el robonauta podría llevar a cabo tareas entre las más de 300 ideas sugeridas por los operarios, ingenieros y trabajadores de mantenimiento de la empresa⁴⁶.</p> <p>«(El objetivo es) usar la tecnología de sensores para plataformas robóticas con el fin de detectar y buscar errores en las instalaciones antes de que lleguen a ser un problema, y una plataforma robotizada facilitará esta tarea», señaló Shaun Gregory, Vicepresidente Sénior y Director Tecnológico de Woodside⁴⁷.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Torres de perforación y plataformas • Unidades flotantes de producción, almacenamiento y descarga (FPSO) • Instalaciones submarinas
Elaborar	<p>PROBLEMA: Reducir el tiempo de inactividad y optimizar la cadena de suministro para piezas únicas SOLUCIÓN: Escaneado láser e impresión tridimensional</p> <p>BHGE se esfuerza por reducir el tiempo de inactividad y optimizar la cadena de suministro necesaria para el abastecimiento de piezas personalizadas complejas, como los impelentes de la bomba de producción. La empresa sometería cada pieza del rotor a un escaneado láser para crear un modelo tridimensional que actúe como una copia digital. A partir del modelo, emplearía una tecnología avanzada de impresión metálica tridimensional llamada sinterizado directo de metal por láser (DMLS) para imprimir los impelentes en tan solo diez días, frente a los cerca de tres meses que toman los métodos tradicionales⁴⁸.</p> <p>A pesar de que la utilidad a corto plazo de esta innovación es la fabricación de piezas vitales de forma rápida y precisa, las copias digitales, combinadas con la analítica, abren nuevas posibilidades en la reflexión sobre el diseño y los materiales y la optimización de las operaciones⁴⁹.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Risers marinos • Boquillas de gas • Filtros para la arena • Herramientas de inyección submarina • Boquilla de la herramienta de limpieza de fondo de pozo • Cabezas perforadoras • Juntas cortas perforadas • Ganchos de sujeción de tuberías colgantes
Virtualizar	<p>PROBLEMA: Mantener la integridad estructural de los activos fijos marinos SOLUCIÓN: Modelo dinámico del activo físico (gemelo digital)</p> <p>Un proyecto sectorial conjunto liderado por Akselos y LICEngineering está ayudando a Shell a mejorar la integridad de su estructura marina combinando simulaciones estructurales (o gemelos digitales) con datos de sensores colocados en las torres de perforación y la analítica de <i>Big data</i> en la nube. Los datos recabados a partir de los sensores de la plataforma, que recopilan información sobre la corrosión, los daños del casco, la presión, el estado del viento y el mar, etc., podrían incorporarse al gemelo digital en tiempo real mediante solucionadores alojados en la nube⁵⁰.</p> <p>Gracias a las miles de simulaciones llevadas a cabo con el gemelo digital actualizado, la empresa no solo podría ayudar a sus ingenieros a adoptar una respuesta adecuada de inmediato, sino también a prototipar diseños estructurales nuevos y ágiles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Torres de perforación y plataformas • Unidades flotantes de producción, almacenamiento y descarga (FPSO) • Buques • Instalaciones de GNL • Equipo submarino

Fuente: análisis de Deloitte.

⁴² Capital IQ de S&P y análisis de Deloitte.

⁴³ Rystad Energy, base de datos de UCube

⁴⁶ Woodside, «NASA Robonaut to touch down at Woodside», 2 de febrero de 2017.

⁴⁷ Paul Garvey, «NASA Robonaut rick logs on for work at Woodside», Australian, 17 de junio de 2017.

⁴⁸ GE, «GE Oil & Gas starts strong in 2017 with innovative digital customer agreements», 31 de enero de 2017.

⁴⁹ Mark Egan, «Better watch out! This Italian 3D printing workshop is taking a leaf from Saint Nicholas», GE, 9 de marzo de 2017.

⁵⁰ OE Digital, «Shell joins digital twin JIP», 19 de julio de 2017.

de su integridad estructural— podría implicar un ahorro de aproximadamente 40.000 millones de dólares⁴⁴. (Para contextualizar esta cifra, las empresas cotizadas no diversificadas, integradas y de servicios para yacimientos del segmento *upstream* registraron a escala mundial una pérdida neta acumulada de alrededor de 35.000 millones de dólares en 2016⁴⁵). Y cuando los esfuerzos digitales empiecen a optimizar los costes tanto de explotación como de capital, las empresas del sector de los hidrocarburos podrían revertir la tendencia descendente de su rentabilidad del capital invertido (ROCE), incluso en un contexto de precios del crudo más bajos durante más tiempo.

Una empresa del sector de los hidrocarburos podría optimizar su entorno operativo físico y adoptar nuevos modelos de capital en tres etapas: desde robots aumentados que vayan más allá de su uso típico de supervisión e inspección; la elaboración y la fabricación de piezas específicas, con un ciclo de comercialización más largo y limitadas por su diseño específico; hasta la creación de un modelo dinámico del activo físico, o clon virtual (cuya denominación técnica es «gemelos digitales»), que combine modelos basados en simulaciones físicas y la analítica orientada a los datos.

Aunque han empezado a surgir posibles aplicaciones prácticas, el sector apenas ha contribuido de forma superficial a un cambio de envergadura en sus activos físicos. La tabla 1 recoge algunas posibles aplicaciones prácticas que podrían servir de pilar al sector para ampliar sus soluciones digitales en estas tres etapas. También se han identificado los deta-

lles sobre las áreas u operaciones específicas en las que prevemos un potencial considerable de eficiencia del capital.

Sin duda, las innovaciones digitales han reducido los costes de explotación del sector y seguirán haciéndolo, pero existe una categoría mucho mayor, con activos materiales netos —o capital productivo— por valor de 3,4 billones de dólares, prácticamente inexplorada por las soluciones digitales existentes.

Tal como ponen de manifiesto estas aplicaciones prácticas, asistimos solo a los albores de esta revolución. ¿Cómo puede el sector avanzar rápidamente desde la realización de proyectos piloto de pruebas de concepto hasta la aplicación generalizada de soluciones digitales en toda la empresa, especialmente cuando dispone de una amplia base de activos heredados y sus operaciones dependen de sistemas de control de múltiples proveedores? En vez de limitarse a encontrar soluciones en su seno, el sector puede estudiar sectores pioneros en el terreno digital, con una mayor intensidad de capital, y extraer conclusiones de sus trayectorias e hitos.

Las energías renovables, especialmente la eólica, son todo un ejemplo de la escalabilidad de una solución digital. GE ha evolucionado desde un enfoque típico, centrado en los activos, de construcción, optimización y mantenimiento de un aerogenerador en perfectas condiciones, hasta la construcción de una simulación predictiva (es decir, de un gemelo digital) de cada aerogenerador de un parque eólico —sin descontar los requisitos únicos de cada uno de ellos— para

garantizar que funcionen a su máximo rendimiento⁵¹.

El sector de la fabricación, como la automovilística, proporciona numerosos ejemplos sencillos, pero interesantes, de la integración de tecnologías inteligentes en activos antiguos, pero todavía viables.

Por ejemplo, en 2010, Harley Davidson equipó cientos de máquinas de trabajo con sensores, usó las comunicaciones inalámbricas para recabar datos e implantó un sistema de *software* para detectar satisfactoriamente los primeros indicios de problemas mecánicos. A diferencia de otras soluciones únicas, ya estamos asistiendo a la sensorización de todas las instalaciones u operaciones gracias al coste menguante de los sensores. La clave, no obstante, consiste en decidir qué sensores usar y para qué⁵².

El sector aeroespacial y de defensa sigue acogiendo prácticas líderes en las áreas de integración de personal, procesos, herramientas, materiales, entornos y datos con sus gemelos digitales. Lockheed Martin está combinando los conceptos de productos y procesos e información de fabricación conectados digitalmente con la noción de gemelos digitales. Empleando tecnologías habilitadoras de última generación, la empresa está creando un gemelo digital de cada producto integrando los cuatro ecosistemas clave —ingeniería, fabricación, pruebas y controles y mantenimiento— a través de un lenguaje de datos común y una arquitectura de sistema abierto⁵³. (La figura 5 ilustra las soluciones digitales clave que podrían contribuir a la transformación de las operaciones principales de una empresa con instalaciones marinas).

⁴⁴ Análisis de Deloitte.

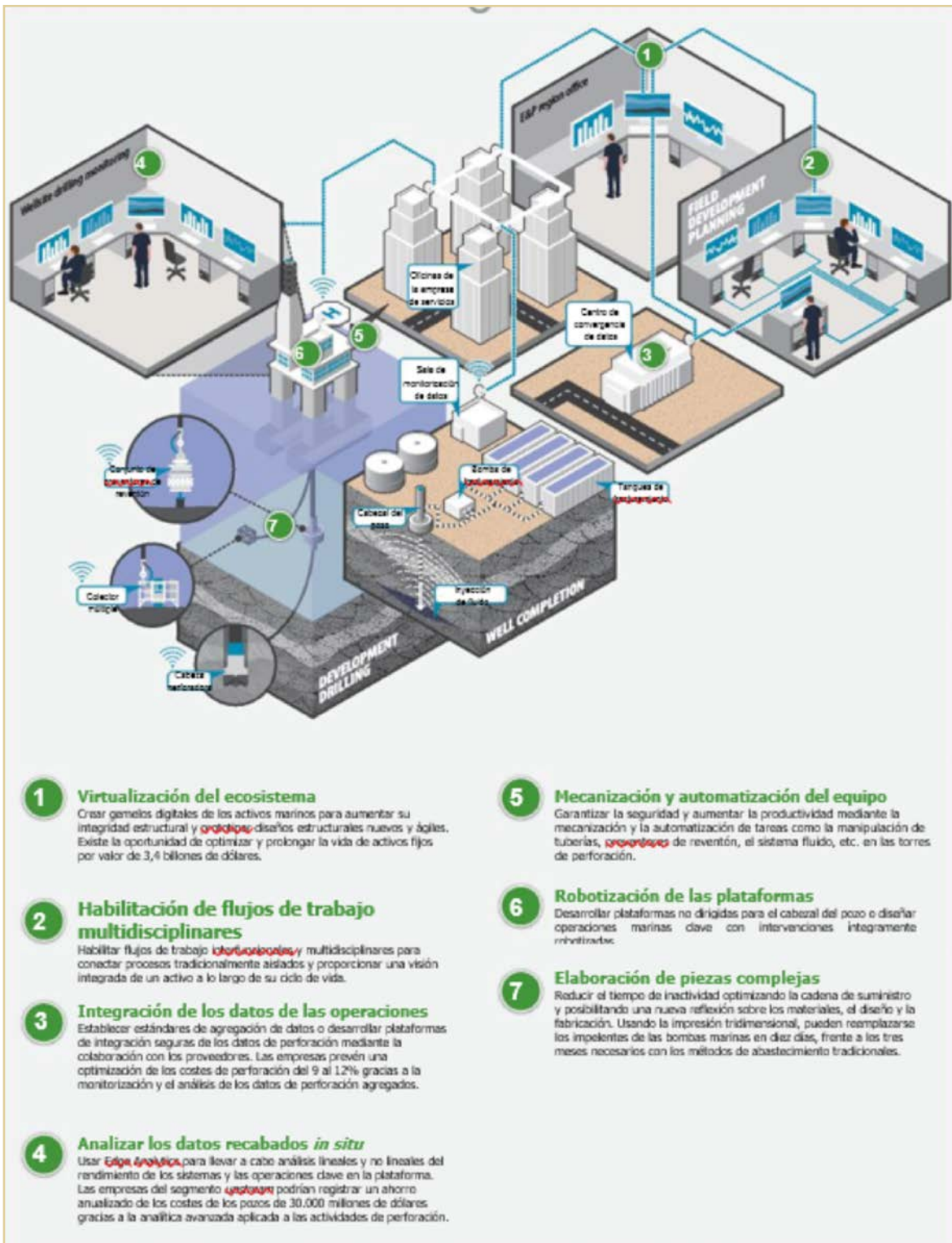
⁴⁵ Capital IQ de S&P y análisis de Deloitte.

⁵¹ GE, «GE's digital wind farm», consultado el 31 de agosto de 2017.

⁵² Mary Catherine O'Connor, «Bringing smart technology to old factories can be industrial-size challenge», Wall Street Journal, 7 de junio de 2016.

⁵³ Lockheed Martin, «The product digiverse: Looking at the future of digital environment», consultado el 31 de agosto de 2017.

Figura 5. Soluciones para la transformación digital de instalaciones de perforación marinas



Fuente: análisis de Deloitte.

Adoptar las innovaciones digitales de una vez por todas

Una vez completado el primer ciclo del marco DOT al nivel de un activo u operación, las empresas deberían considerar *mecanizar y aumentar* cada vez más sus activos tradicionales y ampliar su cobertura digital a la empresa y, en última instancia, a todo su ecosistema. Cada iteración completada podría arrojar nuevos modelos operativos, de capital y de negocio para una empresa.

¿Cómo lograr que el avance digital se mantenga al ritmo y con el rumbo adecuados? No basta únicamente con adoptar las tecnologías digitales. Para hacer suya la digitalización y liderar la revolución digital, las empresas del segmento *upstream* deberían considerar también mostrar y adoptar las siguientes actitudes en este sentido:

- **Fomentar los flujos de trabajo entre las distintas funciones y empresas:** democratizando la información en toda la organización, invirtiendo en plataformas integradas seguras y facilitando la transición hacia nuevas estructuras de

equipos de geofísicos y expertos en el análisis de datos.

- **Respaldar la normalización sin perder la ventaja competitiva:** cohesionando socios y proveedores de tecnología y otros servicios para desarrollar soluciones de plataforma abierta en áreas con gran potencial de creación de valor y una ventaja competitiva mínima.
- **Implantar cambios generalizados en la plantilla y fomentar una cultura digital:** mediante la redefinición del sector haciendo hincapié en atraer el talento digital y promoviendo un giro radical en el enfoque corporativo y de liderazgo para favorecer una cultura digital orientada al futuro⁵⁴.
- **Mantener la velocidad entre los activos digitales y heredados:** evitando la suboptimización de las inversiones digitales por no adoptar o por retrasar la modernización de activos, estructuras y toma de decisiones heredados.
- **Generar dinamismo a partir de los experimentos para favorecer su gene-**

ralización: estudiando los sectores más avanzados en el ámbito digital y aprendiendo del modo en que han generalizado sus soluciones, integrado sus sistemas y modificado sus modelos de negocio.

- **Adoptar una visión a más largo plazo en materia de estrategia digital:** garantizando el compromiso del Consejo mediante la articulación clara de la visión y las ventajas a largo plazo de la digitalización, que no deberían limitarse a la reducción de los costes de explotación (alrededor del 30% de las organizaciones con un elevado grado de madurez digital manejan un horizonte de planificación a cinco años o más⁵⁵).

Es hora de actuar. Si bien la transformación digital ya es prácticamente la norma, quizás tiene más sentido para las empresas del sector de los hidrocarburos aprovechar la oportunidad y ampliar el impacto, especialmente en el actual contexto de precios más bajos durante más tiempo, que exige nuevos modelos de explotación y de costes de capital. Después de todo, si se dispone de una exhaustiva hoja de ruta, el camino no tiene por qué ser tan duro. ■

⁵⁴ Gerald C. Kane; Doug Palmer; Anh Nguyen Phillips; David Kiron y Natasha Buckley, «Achieving digital maturity», MIT Sloan y Deloitte University Press, 13 de julio de 2017.

⁵⁵ *Ibíd*

Anexo

La caracterización de cada operación del segmento *upstream* en nuestro Modelo de Transformación Digital de las Operaciones (DOT) se basa en un exhaustivo análisis secundario acerca de los flujos de proceso y el estudio de las últimas soluciones y tecnologías proporcionadas por las principales empresas de servicios para yacimientos, de automatización y de *software*.

Asimismo, el salto digital a corto plazo se define sobre la base de los objetivos que la mayoría de las empresas tratan de alcanzar con sus respectivas operaciones.

Estos objetivos de negocio se han establecido mediante el análisis exhaustivo de la información recientemente remitida a la SEC, así como de las presentaciones corporativas de varias empresas estadounidenses y multinacionales. Asimismo, se han armonizado con las etapas del modelo DOT (véase la tabla 2) mediante el desarrollo y el análisis de una serie de estudios sobre nuevas soluciones digitales, cuya implantación está en curso o se ha previsto en el marco de distintas operaciones *upstream*.

Tabla 2. Ejemplos sectoriales de firmas que digitalizan sus activos físicos

Ámbitos digitales	Descripción de las etapas	Tecnologías habilitadoras
Físico-digital	<p>Mecanizar: automatizar los flujos de trabajo a través de soluciones eléctricas, hidráulicas, neumáticas, etc.</p> <p>Sensorizar: detectar los acontecimientos o cambios en el entorno y transmitir la información a otras soluciones electrónicas, generalmente, un procesador informático.</p> <p>Transmitir: transmitir los datos digitales o analógicos a través de un medio de comunicación a distintas</p>	<p>Motores, bombas, válvulas, engranajes ejes y herramientas eléctricas</p> <p>Sensores, controladores lógicos programables, dispositivos electrónicos inteligentes y accionadores</p> <p>Enrutadores, unidades terminales remotas, concentradores y conmutadores</p>
Digital	<p>Integrar: estandarizar, agregar e integrar las tecnologías y los datos.</p> <p>Analizar: procesar y analizar conjuntos de <i>Big data</i> para extraer información y conclusiones sobre las operaciones.</p> <p>Visualizar: proporcionar una visualización avanzada de la información para una mejor interpretación y una mayor manejabilidad, mejorando por consiguiente la movilidad de los empleados.</p> <p>Aumentar: automatizar la toma de decisiones usando datos inteligentes para predecir y determinar las mejores estrategias operativas.</p>	<p>La nube, servidores, protocolos y estándares de datos</p> <p>Computación de alto rendimiento, analítica en tiempo real (<i>Stream Analytics</i>) y otras herramientas y software de análisis</p> <p>Tecnología ponible, interfaces y soluciones de movilidad</p> <p>Inteligencia artificial, Internet de las cosas, ciencias cognitivas, aprendizaje automático y aprendizaje profundo</p>
Digital-físico	<p>Robotizar: interactuar de forma autónoma con el mundo físico empleando equipos y robots inteligentes.</p> <p>Elaborar: emplear modelos de datos tridimensionales para la impresión en capas o la fabricación de equipos con el fin de impulsar el prototipado rápido y la fabricación personalizada avanzada.</p> <p>Virtualizar: replicar en el ámbito digital los activos, procesos y sistemas físicos</p>	<p>Robots, drones y vehículos autónomos</p> <p>Impresoras 3D, fabricación aditiva y materiales avanzados</p> <p>Gemelos digitales e hilo digital</p>

Fuente: análisis de Deloitte.