



Nuevas tecnologías para la gestión de reservorios

Por *Dylan Mair, Nancy Benthien, Kandy Lukats y Scot Evans*

Las empresas dedicadas a la E & P están tratando de trabajar más rápido para bajar los costos operativos, para lo cual requieren tecnología para soportar procesos de toma de decisiones más avanzados. Este enfoque probabilístico implica la resolución de soluciones múltiples para un problema que genera incertidumbre a lo largo de la secuencia de tareas. Este trabajo fue presentado y seleccionado por el Comité Técnico de la Conferencia Río Oil & Gas realizada del 4 al 7 de octubre en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil.

Resumen

La industria de Exploración y Producción (E&P) tiene grandes niveles de incertidumbre y riesgos que las compañías petroleras intentan cuantificar antes de embarcarse en cada proyecto particular de E&P. Sin embargo, el presente retorno sobre la inversión está muy por debajo de la tasa crítica de rentabilidad. Esta discrepancia ha sido atribuida a las limitaciones sistémicas de los procesos y a la secuencia de tareas en los análisis de decisiones, que tiene como resultado reiteradas subestimaciones de riesgos y repetidas sobreestimaciones de la producción esperada del proyecto. Se requieren procesos de análisis de decisiones bien diseñados en asociación con análisis de escenarios múltiples claramente definidos de las incertidumbres técnicas significativas. Sin embargo, la simulación de esas incertidumbres no proporciona en forma realista las limitaciones de *performance* e infraestructura de la tecnología convencional. Durante los últimos cinco años, más de veinte empresas han intentado mapear los requisitos de la nueva tecnología necesaria para mejorar la evaluación de la incertidumbre y el análisis de decisiones. Se estudiaron los puntos sensibles asociados con los procesos comunes del *upstream* en E&P para identificar los problemas de tecnología informática con que se enfrentan actualmente las compañías petroleras. Se formalizó, entonces, una estrategia para crear una tecnología de nueva generación que disminuyera los puntos sensibles proporcionando, a la vez, una mejor comprensión del riesgo. Este documento detalla un sistema de tecnología dirigido a los equipos a cargo de los activos de las compañías que ha sido elaborado para mejorar el valor de los procesos de análisis de decisiones de E&P.

Introducción

Cada día, una organización de E&P se enfrenta con decisiones relacionadas con sus oportunidades para crear valores económicos. La organización puede decidir invertir, obtener más información o descartar la oportunidad relacionada con algún prospecto, campo o cartera de inversiones. Estas decisiones son influenciadas por la situación financiera de la organización, la estrategia en un sentido más amplio, los bienes existentes y la determinación de tolerar los riesgos.

Existen muchos puntos de decisión dentro de las distintas fases del embudo de oportunidades de E&P, que requieren disciplinas múltiples para trabajar juntas en la toma de decisiones. Cada aspecto de estas decisiones es afectado por incertidumbres. En relación con estas disciplinas se requiere integración y trabajo en equipo para lograr resultados oportunos.

Es preciso comprender las incertidumbres clave para tomar decisiones que tengan efectos significativos sobre el rendimiento de los bienes. Sin embargo, la identificación y medición de esas incertidumbres han estado limitadas por procesos lentos que, debido a la tecnología de soporte, son laboriosos para ejecutar y lentos para computar. Esto se traduce en que la inversión requerida para cuantificar el riesgo de una oportunidad aumenta en órdenes de magnitud a lo largo de su ciclo de vida. Aun cuando las incertidumbres

pueden cambiar sólo gradualmente, a medida que se adquieren nuevos datos, la inversión requerida para seguir adelante y, en consecuencia, el riesgo, aumentan sustancialmente. Para capturar el impacto de la incertidumbre, las soluciones determinísticas, que dan una posibilidad de salida, deben ser reemplazadas por toma de decisiones probabilísticas.

Un enfoque probabilístico implica la resolución de soluciones múltiples para un problema que propaga la incertidumbre a lo largo de la secuencia de tareas. Las organizaciones de E&P también están tratando de trabajar más rápido para bajar los costos. Se requiere tecnología para soportar procesos de toma de decisiones más avanzados. Antes, los avances en la tecnología se encontraban principalmente dentro de una disciplina particular (O'Connor y Sherman, 2002). El movimiento hacia la interpretación del volumen real, a partir de la interpretación de secciones en 3D, demuestra la posibilidad de lograr mejoras en el ciclo del tiempo que pueden ser alcanzadas en este nivel. Sin embargo, los escenarios múltiples requieren una reducción importante del ciclo de tiempo dentro de todos los dominios y procesos.

Nuestros estudios encontraron varios cuellos de botella importantes dentro de los procesos de toma de decisiones en secuencias de tareas multidisciplinarias realizadas por los equipos a cargo de los activos. Los atajos tomados en esos cuellos de botella produjeron, generalmente, pérdida de información y restringieron la comunicación entre los miembros del equipo aumentando aún más la falta de precisión en las decisiones. Las deficiencias principales encontradas pueden identificarse de la siguiente manera:

- Traspaso del modelo de subsuelo al modelo de simulación dinámica de reservorios.
- Integración del modelo de simulación de reservorios y del modelo de instalaciones.
- Transferencia de estimaciones del volumen de hidrocarburos y reservas, con sus incertidumbres asociadas, al

"Cada día, una organización de E&P se enfrenta con decisiones relacionadas con sus oportunidades para crear valores económicos. La organización puede decidir invertir, obtener más información o descartar la oportunidad relacionada con alguna inversión. Estas decisiones son influenciadas por la situación financiera de la organización, la estrategia en un sentido más amplio, los bienes existentes y la determinación de tolerar los riesgos."

modelo económico e iteración de la información a través de la secuencia de tareas de interpretación.

- Integración e iteración del modelo del subsuelo compartido con sistemas de planificación de pozos.
- Integración de interpretaciones de geociencia con ingeniería de producción y secuencias de tareas de vigilancia.
- Evaluación de la incertidumbre y sus efectos sobre la evaluación de una oportunidad o activo.

Además de esas deficiencias existen barreras de organización para la toma de decisiones precisas a lo largo de una cartera. Las organizaciones de E&P implementan procesos diversos para tratar de reducir inconsistencias, aunque con

"El movimiento hacia la interpretación del volumen real, a partir de la interpretación de secciones en 3D, demuestra la posibilidad de lograr mejoras en el ciclo del tiempo que pueden ser alcanzadas en este nivel. Sin embargo, los escenarios múltiples requieren una reducción importante del ciclo de tiempo dentro de todos los dominios y procesos."

variado grado de éxito. Un equipo de valorización puede permanecer sin cambios a lo largo de la vida de una oportunidad para tratar de evitar pérdidas de información no documentada. Aun con esta organización, algunas funciones como la perforación y la petrofísica, pueden estar todavía separadas del activo. Algunas veces se asigna un grupo de especialistas con gran experiencia para analizar cada activo de una cartera. Esto brinda consistencia, pero también demora el tiempo de evaluación, dado que este equipo debe llegar a comprender exhaustivamente cada oportunidad. Para mejorar la consistencia, los equipos pueden estar restringidos aún más a una cuenca en particular. Se pueden utilizar formularios estándar para registrar datos adicionales en torno a ciertas áreas típicas de riesgo. Cada modelo aporta algún valor adicional a la toma de decisiones dentro de la organización.

Proporcionar tecnología para resolver esos obstáculos multidisciplinares dentro de las distintas estructuras de la organización requiere una revisión de las secuencias de tareas existentes y, finalmente, una nueva generación de aplicaciones. Se formó un equipo de desarrollo multidisciplinario de productos, incluyendo expertos, miembros del equipo de valorización y desarrolladores de las áreas de perforación, geología, geofísica, economía y disciplinas de producción para diseñar una tecnología que cumpliera con esos requisitos.

Método: avances tecnológicos para la toma de decisiones probabilística

La primera serie de herramientas construidas para mejorar la toma de decisiones se concentró en temas que impactaban en forma significativa sobre la rentabilidad de los bienes, pero donde no se disponía de soluciones informáticas.

- Vinculación del proceso en sí para integrar interpretaciones geocientíficas más directamente con la simulación de reservorios y el modelado de instalaciones sin mayores esfuerzos;
- Transferencia del volumen del reservorio, producción estimada e incertidumbre técnica al modelo económico, nuevamente sin mayores esfuerzos;
- Incorporación de la economía dentro de la secuencia de tareas;
- Integración del modelo del subsuelo compartido y del plan de perforación;
- Selección automática de los objetivos de perforación cuantificando, también, las incertidumbres geofísicas, geológicas y de perforación que estén relacionadas con la selección de objetivos.

Estos requisitos fueron analizados posteriormente dando como resultado cuatro herramientas, cada una con el potencial de producir un impacto importante sobre la calidad de la toma de decisiones.

- Integración visual y orientada a la secuencia de tareas utilizando la misma visión 3D para todos los datos sísmicos y de pozo, interpretaciones, modelado y simulación de reservorios y planeamiento de perforaciones. Esto es soportado por el sistema de gestión de datos líder en la industria perteneciente a Landmark.
- Nuevo modelado de reservorios: una solución rápida de construcción de cuadrículas 3D con modelado de propiedades determinísticas y estocásticas para sumi-

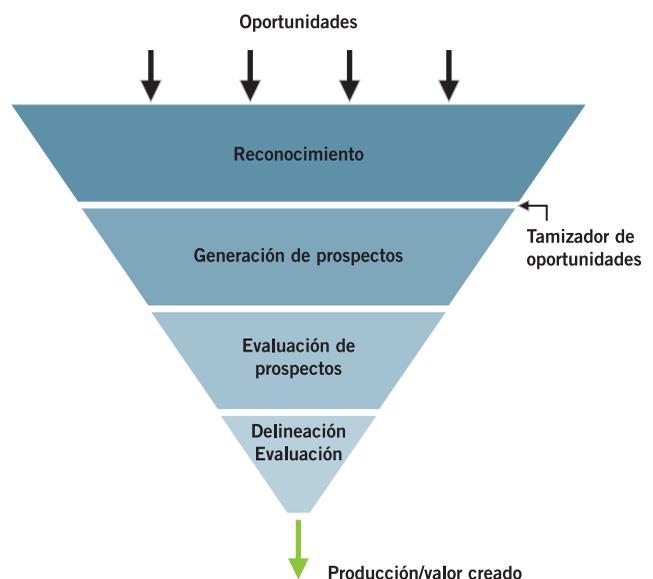


Figura 1. Embudo de oportunidades de exploración de E&P

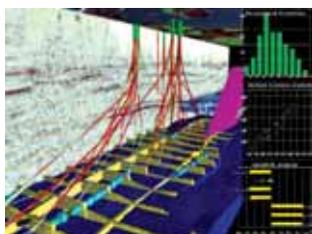
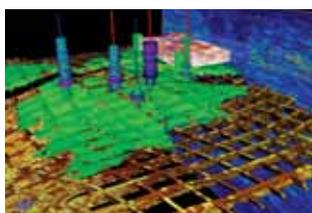


Figura 2. Simulación integrada de escenarios múltiples de reservorios, perforaciones, instalaciones y economía soportado por el sistema de gestión de decisiones.



Construcción automática de modelado de reservorios integrado con interpretación y simulación de reservorios.

nistrar un nivel sin precedentes de integración entre la interpretación de la secuencia de tareas, la simulación de reservorios, el planeamiento de perforaciones y la economía y gestión de riesgos.

- Planeamiento de los objetivos de perforación y las trayectorias de pozos. Aporta la posibilidad de recomendar objetivos de pozos y programas de perforación basados en las características de los reservorios (por ejemplo, HPV, porosidad, permeabilidad, etc.), planeamiento y costos de pozos perforables y ayuda a manejar los riesgos de los relevamientos direccionales y geológicos combinados, asociados con las perforaciones modernas de gran inclinación y los pozos horizontales.
- Gestión de casos de escenarios múltiples: proporciona el marco conceptual para la evaluación de escenarios de decisiones e incertidumbres asociadas con todos los elementos de un activo de E&P y la comprensión de su relevancia tanto en términos económicos como de producción.

Un atributo clave de estos productos va más allá de su posibilidad de actuar juntos en una forma altamente integrada. Igualmente importante es el hecho de que cada componente ofrece una tecnología de "lo mejor de su clase" en su dominio particular y que puede ser aplicado a cualquier activo en cualquier paso del ciclo de vida de un yacimiento petrolero.

Gestión de escenarios múltiples

El rendimiento de los proyectos es exagerado generalmente debido a la pérdida de información, mientras que cada dominio es enfocado en forma aislada dedicándose mucho menos tiempo a trabajar a través de otras disciplinas. Los miembros de un equipo de valorización no pueden cuantificar fácilmente las incertidumbres técnicas y reconocer rápidamente el impacto sobre la economía o la producción. Los procesos de toma de decisiones pueden mejorarse en forma considerable a través de análisis de escenarios, utilizando el método de simulación de Monte Carlo para permitir que los equipos de valorización comprendan los riesgos del proyecto y poder integrar las

incertidumbres técnicas y económicas con las variables de decisión.

Existe una aplicación diseñada para manejar escenarios múltiples a través de simulaciones con modelos interdependientes y atributos de modelos. Sin el soporte de las nuevas tecnologías, dicho análisis probabilístico exhaustivo no sería posible en un ambiente de producción. En este proceso, con patente en trámite, se captura cada entrada y salida a partir de cada iteración de la simulación para permitir que el equipo de valorización evalúe conjuntamente los datos originales, las salidas de la simulación y las interdependencias de las incertidumbres. Este sistema de gestión de decisiones es el primero en vincular todos esos componentes técnicos en detalle, incluyendo la distribución de la incertidumbre con la economía y la producción del activo.

Escenarios del modelo del subsuelo

Los fundamentos que permiten la gestión de decisiones también son parte de la infraestructura para las aplicaciones de modelado de reservorios. Esta aplicación resuelve varios cuellos de botella que existen en el modelado convencional de reservorios. En primer lugar, la integración con datos y gestión de datos asegura el acceso inmediato a la interpretación requerida para el modelo. Los modelos pueden ser guardados nuevamente en la base de datos para permitir compartir los datos con el equipo de valorización. Luego, el proceso de construcción del marco es facilitado mediante la automatización de los pasos requeridos para crear un marco completamente cerrado. La construcción rápida de cuadrículas permite la medición de incertidumbres a través de modelos múltiples. Además, esos modelos pueden ser actualizados rápidamente cuando se adquieren datos nuevos, tales como datos LWD en tiempo real e interpretaciones nuevas. Finalmente, estos modelos están listos en forma inmediata para ser ingresados al simulador, constituyendo las cuadrículas de puntos-esquineros que impulsan el actual *software* de simulación de cuadrículas estructuradas. Este enlace rápido entre el ingeniero de reservorios y el resto del equipo de valorización es crítico para el acortamiento del tiempo de ciclo y la captura de la incertidumbre, resolviendo la pesada transferencia de datos y el inevitable filtrado que anteriormente acosaba a esta secuencia de tareas.

Escenarios de planificación de trayectorias de pozos

La planificación de pozos ha sido tradicionalmente un proceso lento e iterativo. Cada iteración requiere una entrada separada de varias disciplinas, en particular, de geocientíficos e ingenieros en perforación. Este cuello de botella requiere una aplicación que permita la selección automática de los objetivos del pozo utilizando los escenarios del modelo del subsuelo. Estos objetivos son seleccionados en base a los atributos del modelo del subsuelo para priorizar los objetivos según los requisitos de pozos de inyección o de producción de petróleo o gas, dependiendo

de los parámetros de campo. Rápidamente se pueden generar escenarios de objetivos múltiples.

Con esos objetivos se pueden originar planes exhaustivos de pozos en unos pocos minutos. Potencialmente, se pueden generar cientos de pozos verticales o de plataforma que satisfagan diversas restricciones técnicas, tales como la severidad de las patas de perro. Para cada escenario, se puede dar origen una estimación grosera de costos, englobando la longitud de la barra de sondeo (tubería de revestimiento), las incertidumbres asociadas con los punzados, el costo aproximado de cada plataforma y otros parámetros. De este modo, un costo global del pozo proporciona el análisis completo de cada escenario en el sistema de gestión de decisiones. Finalmente, cada plan de pozos puede ser refinado, particularmente en el caso de pozos horizontales, para mejorar la posibilidad de éxito y la seguridad en la perforación.

En conjunto, estas herramientas permiten al equipo de valorización considerar un número de ubicaciones de pozos candidatos en términos de horas en lugar de días, con implicaciones inmediatas de costos, cronogramas de perforación y ubicación de las plataformas.

Conclusiones

Las mejoras en la tecnología se concentraron previamente en refinar las secuencias de tareas dentro de una

disciplina única. Sin embargo, es preciso que los equipos de valoración tomen decisiones rápidas pero también mejores –lo que requiere un cambio en la eficiencia de la secuencia de tareas–. Gracias a un esfuerzo de investigación de larga data y que aún continúa en Landmark Graphics, actualmente se dispone de la tecnología que permite la toma de decisiones probabilística a través de mejoras de varios órdenes de magnitud en la velocidad de las secuencias de tareas. Esto proporciona tanto la velocidad como la precisión pedidas para mejorar la eficiencia operativa y los procesos de toma de decisiones requeridos por las organizaciones de E&P. ■

Dylan Mair, Nancy Benthien, Kandy Lukats y Scot Evans integran el equipo de I+D en la empresa Landmark Graphics Corporation. Este trabajo técnico fue presentado en la última Conferencia Rio Oil & Gas Expo realizada entre el 4 y el 7 de octubre de 2004 en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, y seleccionado por el Comité Técnico de dicho evento.