

φ. 46/52 (4φ)

Factores de riesgo en la industria petrolera

Por Walter Gerold, asesor del Directorio Ejecutivo del Grupo Bolland

La industria del petróleo quizás sea tan cautivante debido al conjunto fenomenal de riesgos que debe correr. Mucho se sabe de los fantásticos éxitos de esta industria y muy poco de los fracasos en que incurre la mayoría, al ir transitando el inevitable camino de riesgos a lo largo del desarrollo de las actividades inherentes a la exploración y explotación petroleras.

El conocer la naturaleza y la magnitud del riesgo que se corre, hace que se puedan tomar los recaudos necesarios para prevenir los peligros implícitos. El análisis también revela si el nivel de riesgo queda compensado con la recompensa esperada.

En la presente nota se analizan los distintos tipos de riesgos que las empresas deben tener en cuenta en un emprendimiento petrolero y que les facilitará la toma de las decisiones para asegurar el éxito del mismo.

Cualquier empresa está expuesta a incidencias y riesgos del medio externo en que actúa, así como también a los riesgos internos que provienen de su propia estructuración y manejo humano.

La industria del petróleo quizás sea tan cautivante debido al conjunto fenomenal de riesgos que debe correr. La contrapartida son las recompensas extraordinarias que suelen suceder para los que resultan exitosos y que

son los menos. Mucho se sabe de los fantásticos éxitos de esta industria y muy poco de los fracasos en que incurre la mayoría, al ir transitando el inevitable camino de riesgos a lo largo del desarrollo de las actividades inherentes a esta exploración y explotación minera.

En la exploración petrolera se han perforado muchos más pozos secos que los que han conducido a descubrimien-

tos. Ello evidencia la existencia del riesgo y también que éste es grande.

En la búsqueda y la producción de petróleo hay distintos tipos de riesgo:

- El riesgo geológico, que gobierna la existencia o no de hidrocarburos en un reservorio.
- El riesgo de acertar el reservorio, que determina que los hidrocarburos existentes puedan ser efectivamente descubiertos.
- El riesgo económico, que determina si los hidrocarburos encontrados pueden producirse económicamente.
- Los riesgos políticos y ecológicos, que pueden afectar el futuro desarrollo del emprendimiento.



Walter Gerold

Entre todos estos riesgos, los más importantes a considerar son los dos primeros ya que, si son de resolución favorable, habilitan para poder enfrentar al resto.

Vamos a tratar entonces el primero con algo más de detalle.

El volumen total de una estructura o entrapamiento capaz de alojar hidrocarburos, se calcula multiplicando el área del entrapamiento hasta el límite del mismo, por el espesor promedio, y por la porosidad promedio. Este volumen multiplicado por

una estimación del espacio ocupado por petróleo, arroja como resultado el volumen de petróleo *in situ* multiplicado por un factor, que es la eficiencia de recuperación, dividido por el factor de expansión, y da como resultado final el volumen de hidrocarburos a recuperar del reservorio en cuestión.

La fórmula que traduce lo dicho es la siguiente:

Vol. a recuperar =
$$\frac{A \times h \times \phi \times (1 - Swi)}{Boi} \times \text{Fact. Recup.}$$

- Donde:
- A = área del entrapamiento
 - h = espesor promedio
 - φ = porosidad promedio
 - Swi = saturación de agua en el volumen poroso
 - Boi = la relación del volumen del petróleo en condiciones de superficie y en las del reservorio
 - Factor de recuperación = factor que depende de la eficiencia de la recuperación.

El área de cierre depende de la existencia real de la conformación estratigráfica o estructural postulada. Si la trampa resulta que es una anomalía de velocidad y no hay cierre, evidentemente no hay perspectiva de hallar hidrocarburos.

En forma similar, habrá resultados negativos si el reservorio presenta un cambio de facies arcillosa o no existe debido a una interrupción o fallas. La cementación del medio puede destruir su porosidad o la solución de continuidad. La mayor incógnita en este tipo de evaluaciones es si los hidrocarburos están presentes o no y si han podido ser retenidos por el entrapamiento. El grado de factibilidad de llenado del entrapamiento depende del volumen y el tipo de materia orgánica generado en la roca madre, del grado de maduración alcanzado, que se haya producido la migración hacia el entrapamiento y que éste haya sido capaz de preservar los hidrocarburos de la bio-

degradación y el recalentamiento.

Si el prospecto ha sobrepasado con éxito todos estos impedimentos y contiene hidrocarburos *in situ*, la permeabilidad del medio, la viscosidad del fluido y el empuje existente, deben ser los adecuados para permitir la producción.

Los elementos básicos que controlan la ocurrencia de hidrocarburos son la existencia de cierre de la estructura detectada, la porosidad, la roca generadora que produjo el llenado con hidrocarburos y la factibilidad de recuperación. Si cualquiera de estos factores fuera inadecuado o no existiera, el prospecto estará seco y no habrá recompensa.

En general, ninguno de estos factores se conoce con exactitud antes de la perforación. Es importante entonces que no sólo se estime el valor más probable, sino que también se realice una estimación de los valores mínimos y máximos para cada factor.

El rango de cada estimación implica la incertidumbre de los mapeos sísmicos y de facies y nuestra experiencia histórica respecto a la porosidad, el llenado con hidrocarburos y la eficiencia de la recuperación. De esta manera, el rango de las evaluaciones sirve no sólo para evidenciar la incertidumbre relativa de cada estimado, sino que también nos permite apreciar la posibilidad de que la recompensa sea mayor que la indicada por los valores más probables. Con el propósito de ilustrar mejor lo expresado se expone a continuación un ejemplo:

	Mínimo	Más probable	Máximo
Área del entrapamiento (km²)	26,0	39,0	52,0
Espesor promedio (metros)	3,0	15,3	28
Porosidad promedio	0,12	0,16	0,20
Llenado de petróleo	0,2	0,6	1,0
Recuperación	0,35	0,40	0,45
Factor de volumen	1,03	1,03	1,03
Volumen a producir (Mm³)	636	22.300	127.200

Estos resultados surgen de aplicar la fórmula indicada más arriba para los valores especificados.

Para el cálculo de estos resultados no se ha tenido en cuenta todavía la evaluación de los riesgos inherentes para cada uno de los valores. O sea que no hemos calculado todavía la *chance* de que los valores especificados para los factores de volumen sean los adecuados. Con el adjetivo de "adecuados" queremos significar específicamente la *chance* de que se excedan los valores mínimos de cada factor de volumen. La *chance* de adecuación o "*Chance of adequacy*" es igual a uno menos el riesgo. Se calcula multiplicando entre sí las adecuaciones individuales para cada factor de volumen. Llegaremos así a determinar cuál es la probabilidad de que se excedan los valores mínimos estimados para dichos factores.

Control geológico	Chance of adequacy (1 - riesgo)
Cierre de trampa	1,0
Reservorio	0,5
Porosidad	1,0
Fuente generadora	0,5
Recuperación	1,0

Chance total de exceder el potencial mínimo = $1,0 \times 0,5 \times 1,0 \times 0,5 \times 1,0 = 0,25$

A efectos de evaluar apropiadamente el riesgo de un proyecto, es necesario hacer intervenir el cálculo de probabilidades. Para ello, se pueden utilizar diversas técnicas.

Una de ellas consiste en utilizar los valores mínimos, más probables y máximos, que se indicaron más arriba, y por medio de un programa

Volumen a producir según el método
Montecarlo (en Mm³)

Mínimo
3200

Más probable
22.300

Máximo
66.800

Montecarlo computado, combinar entre sí los valores individuales para los factores de volumen, con el propósito de determinar la distribución de probabilidades del potencial de volúmenes de petróleo existentes en el yacimiento en cuestión. La computadora combinará los valores en forma aleatoria originando, por ejemplo, 1500 resultados. Para cada intento, la computadora selecciona un cierto valor para cada uno de los cinco factores de volumen y calcula la fórmula del petróleo recuperado. Por ejemplo, en uno de los intentos, la computadora puede elegir un área de cierre relativamente pequeña, un espesor de reservorio grande, una porosidad mediana, un llenado de hidrocarburo grande y una recuperación pequeña.

Los cálculos realizados por este medio dan valores máximos menores que el indicado en forma directa por la fórmula y valores mínimos mayores. Ello ocurre porque al elegirse aleatoriamente los valores, la *chance* de que coincidan en un cálculo de la fórmula todos los valores mínimos o todos los valores máximos, es muy remota. Los resultados obtenidos podrían ser los que se muestran en el cuadro superior.

Pero esto no es lo más importante que nos brinda la evaluación por el método de Montecarlo, sino que nos

permite construir una curva de frecuencias acumulativas, sin intervención del riesgo, donde en la abscisa se indica el rango de los volúmenes de recuperados posibles y en la ordenada quedan indicadas, para cada volumen posible, la probabilidad de que el yacimiento produzca más que el volumen elegido en las abscisas.

Para hacer intervenir el riesgo en el análisis final de los volúmenes potencialmente posibles de ser producidos, se utiliza el valor que se ha calculado como la Chance Total de Exceder el Potencial Mínimo.

En nuestro caso, el valor más probable dado por la curva de frecuencias acumulativas sin riesgo se reduce a 5,6 millones de metros cúbicos con el 25% del valor más probable que se calculó sin riesgo, y que era de 22,3 millones de metros cúbicos.

Para mejor ilustración de lo dicho, se ha insertado un gráfico en el que pueden verse los resultados de utilizar las *chances* de adecuación de los factores de volumen, o dicho de otra manera, los valores potenciales de los volúmenes de petróleo a producir contemplando los riesgos geológicos.

Indudablemente que el tener en cuenta los riesgos de un emprendimiento es un aporte altamente positivo para la toma de decisiones, especialmente en una empresa petrolera.

El incorporar en forma consistente y rigurosa el análisis de riesgo en las diversas evaluaciones que una empresa petrolera debe realizar para la toma de decisiones, es una importante herramienta que, a largo plazo, da resultados altamente favorables para el crecimiento de los beneficios y de la empresa misma.

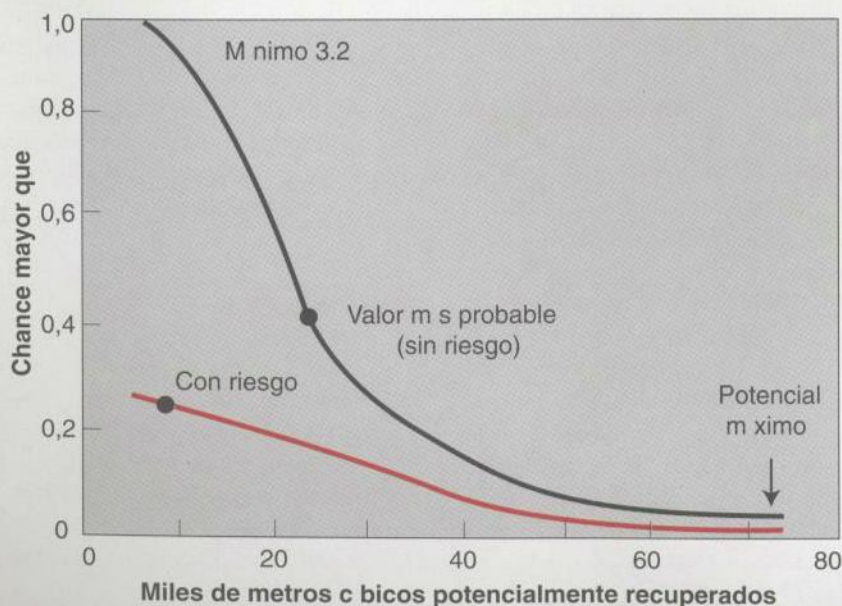
Respecto a los riesgos económicos y la predicción de sus probabilidades, el problema es bastante complejo y aleatorio, como se ha evidenciado con la ruptura sin precedentes de la estabilidad de los precios internacionales de 1973/74 y los más recientes del 98/99. El pronóstico de los factores económicos relacionados con el desarrollo y la explotación de un descubrimiento petrolero pueden ser de difícil factura. El precio del crudo está sujeto a un conjunto de factores y condiciones políticas y económicas internacionales.

El efecto de la inflación también debe ser considerado cuando se determina el valor final de un descubrimiento.

Todos estos comentarios concluyen en que la evaluación directa y simplificada de un proyecto de desarrollo petrolero no puede basarse únicamente en los cálculos directos de la existencia y la venta de un determinado volumen de petróleo a un precio estable a lo largo del tiempo. El método de evaluación debe necesariamente abarcar un espectro más amplio de consideraciones técnicas, políticas y económicas.

Como dato ilustrativo de un ciclo completo de evaluación, se adjunta un diagrama del proceso. Nótese que en dicho esquema, tanto en la evaluación geológica como en la económica se incorporan análisis de riesgo que afectan los resultados finales que se presentan para la decisión gerencial.

La evaluación de los riesgos en una industria complicada como la petrolera, no es tarea sencilla, pero no obstante es crucial para su supervivencia. Muy frecuentemente los directivos y profesionales intentan reducir las evaluaciones del riesgo a reglas y procedimientos más simples, basados en la experiencia que dio fru-



tos favorables en el pasado y que se establecen para ser seguidos rutinariamente. La experiencia es una maestra excelente, pero las condiciones bajo las cuales se ha ganado esa experiencia, frecuentemente dolorosas, deben igualar las condiciones en donde ella es aplicada.

La rutinaria aplicación de principios, fórmulas simples o la experiencia misma, usualmente es el comienzo del camino del deterioro que puede conducir a la destrucción de una organización.

Es indudable que las decisiones finales no sólo se basan en las evaluaciones técnico-económicas, sino que muchas veces intervienen otros factores que pesan grandemente. Pero lo que se considera valioso, es que los que deciden invertir o arriesgar los dineros de la empresa, conozcan los resultados de una evaluación con la inclusión de los factores de riesgo implícitos, antes de tomar una decisión. Por otra parte, cuando existen varias alternativas posibles para realizar una inversión cualquiera (aun un simple trabajo de reparación de un pozo) el análisis técnico económico, con la incorporación de los factores de riesgo implícitos, hará que se adopten las decisiones más convenientes para la organización.

Correr riesgos es inherente a la esencia de esta industria y no es en sí mismo un problema. Los análisis de riesgo por sí mismos no hacen que se descubra petróleo. Pero la ignorancia de las consecuencias potenciales del riesgo que se va a correr es otra cosa diferente. El conocer la naturaleza y la magnitud de este riesgo, hace que se puedan tomar los recaudos necesarios para prevenir los peligros implícitos. También facilita la composición de un *ranking* de proyectos de inversión para poder adjudicar el capital disponible con mayor eficiencia. El análisis también revela si el nivel de riesgo que se corre queda compensado con la recompensa esperada.

El gran secreto es hacer del uso de las evaluaciones del riesgo una práctica consistente y sostenida a lo largo del tiempo.

Para ello, la empresa debe contar

Geofísica

- Crear un programa de datos.
- Organizar la información obtenida.
- Interpretar fotografías aéreas.
- Interpretar información gravimétrica.
- Realizar mapas estructurales.
- Interpretar información.

Identificación de los entrapamientos potenciales con planos apropiados

Geología

- Geología general.
- Geología regional.
- Información paleontológica.
- Información geoquímica.
- Geología de superficie.
- Cambios de facies.
- Perfiles y coronas.
- Correlaciones.
- Mapas estructurales e isopáquicos.
- Hidrocarburos *in situ*.

Mapas, evaluación interna de hidrocarburos y comentarios correspondientes

Evaluación de reservorio

- Mecanismo potencial de empuje.
- Estudio de las estructuras según el comportamiento regional.
- Perfiles y coronas.
- Evaluación de sistemas alternativos.
- Estimación de reservas probables.
- Productividad potencial de las estructuras.
- Evaluación de la propiedad de los fluidos a producir.
- Riesgo geológico.
- Valor de la producción.

Reservas, volumen y tipo de producción

Producción

- Muestras y análisis de fluidos.
- Cambios futuros de fluidos.
- Precios de mercado.
- Evaluación de precios del mercado.
- Sistema de producción.
- Tratamientos.

Producción de líquidos y gas, monto de inversión, costo de operación

Evaluaciones económicas

- Proyección de precios y costos.
- Implicancia de impuestos.
- Evaluación de riesgos.
- Problemas legales.
- Desarrollo del flujo de caja.
- Índices de evaluación del negocio.

Evaluaciones del beneficio, informe final

Gerencia

- Verificación de evaluaciones.
- Ratificación de premisas adoptadas.
- Evaluación de alternativas.
- Verificación contra presupuesto.
- Evaluación de impacto financiero.
- Objetivos de la empresa.

Sí/No/Posiblemente más adelante

con profesionales que conozcan el tema y una convicción firme en lo que respecta al reconocimiento del riesgo, tanto en los niveles superiores así como también en los niveles intermedios que intervienen en los sucesivos pasos que implica la evaluación de un proyecto.

Es indudable que será necesario entonces desarrollar un proceso de motivación para utilizar el análisis de riesgo; montar una organización adecuada para poder cumplir con estos propósitos; impartir la educación correspondiente y fundamentalmente lograr la comunicación fluida entre los sectores involucrados.

No es tarea simple, pero implemen-

tar el uso de esta herramienta moderna en nuestra industria significa tomar mejores decisiones para las empresas a corto y largo plazo, y como consecuencia, logra diferenciar a las empresas exitosas de aquellas que no lo son.

Bibliografía

NEWENDORP, PAUL D., *Decision Analysis for Petroleum Exploration*.

CAMPBELL, *Analysis and Management of Petroleum Investment: Risk, Taxes and Time*.

MEGILL, ROBERT E., *Evaluation and Managing Risk*.