

PERFORACIÓN CON TUBERÍA DE REVESTIMIENTO

RESUMEN

Al mostrar en una forma simplificada como ha ido evolucionando el proceso de la perforación en la División Norte, sobresalen dos etapas:

Primero el cambio que sufre el diseño convencional en el Campo Arcabuz – Culebra, al perforarse con la técnica del tubingless, que consiste en modificar el arreglo convencional de 13 3/8" – 9 5/8" – 7" – 2 7/8" a uno mucho más esbelto y económico 9 5/8" – 7" – 3 1/2".

Y como una consecuencia al tubingless aparece la Técnica de Perforar con Tubería de Revestimiento, como una revolucionaria idea para la reducción de los Costos en la Perforación de Pozos Petroleros. Se aplicó esta técnica en el Campo de Gas Arcabuz– Culebra, por ser uno de los que tiene actualmente la mayor actividad y un ambicioso Plan de Desarrollo para los próximos cinco años.

Con esta técnica la Tubería de Revestimiento de 5 1/2" HD-521, se utiliza como Tubería de Perforación, para perforar la primera etapa con barrena tricónica de 12 1/4" y la segunda etapa con barrena PDC de 8 1/2". En la primera etapa se corre la T.R. de 9 5/8" y es cementada. En la segunda etapa se perfora con la misma T.R. de 5 1/2" hasta la profundidad programada y finalmente se introduce con Zapata y Cople flotador para ser cementada como Tubería de Revestimiento Intermedia.

En ambas etapas se deberá sacar la T.R. de 5 1/2" HD-521 a superficie en lingadas para eliminar barrena y herramientas de perforación en cada caso.

La tercera etapa se perfora con Tubería de Producción de 2 7/8" HD-533, barrena PDC de 4 3/4" y motor de fondo de 3 1/2". Una vez alcanzada la profundidad deseada se recupera la T.P. de 2 7/8" a superficie en lingadas para eliminar barrena y herramientas de perforación. Finalmente se introduce con Zapata y Cople flotador para ser cementada como T.R. de Explotación y asimismo realizar la función de Aparejo de Producción (Técnica Tubingless), la cima de cemento deberá tener un traslape mínimo de 100 a 200 metros con respecto a la T.R. anterior.

En la Planeación de la perforación de Campos de Desarrollo se deberá implementar como una práctica común la "Reingeniería de Diseño de Pozos", en todos los procesos establecidos para la perforación de pozos de petróleo y gas. Esto permitirá reducir constantemente los costos de la perforación y aumentar la rentabilidad de los proyectos de inversión (Activos) en Campos con explotación intermedia o avanzada, al incorporar nuevas tecnologías que permitan a la empresa lograr dichos objetivos.

Introducción.

La Gerencia de Perforación y Mantenimiento de Pozos, es una empresa preocupada por su permanencia en el mercado, por lo que tiene entre sus principales objetivos el estar a la vanguardia en la Tecnología de perforación y así ser competitivos en los mercados nacionales e internacionales, en el entendimiento de que toda incorporación de tecnología deberá de ser encaminada a una reducción en los costos y/o en un incremento en la inversión de nuestros clientes. En este entorno se detecto la técnica de Perforación con Tubería de Revestimiento.

Cuyo objetivo es el de conocer la técnica de perforación con tubería de revestimiento, asimilar lo más posible esta tecnología de tal forma que podamos transmitirla y moldear un criterio de aplicación en los campos petroleros de México.

El cambio básico consiste en eliminar la sarta de perforación y sustituirla por la tubería de revestimiento. De acuerdo a la perspectiva de las compañías que han incursionado en este método de perforación, se podrá lograr un ahorro en el costo hasta de un 30% o 35% en el tiempo total de perforación.

En el Distrito Reynosa, se adecuo un equipo para poder perforar rotando la Tubería de Revestimiento hasta el objetivo y poder evaluar tanto la resistencia de la junta como del tubo a los esfuerzos de torque y arrastre dando origen a lo que dimos por llamar: Técnica de Perforación con Tubería de Revestimiento.

Equipo de Perforación.

- ◆ El equipo de perforación es convencional.
- ◆ Deberá acondicionarse para utilizar una flecha (Kelly) de 15 metros de longitud. Para lo cuál se necesitará modificar la profundidad del agujero auxiliar y aumentar la longitud del "Stand Pipe y la manguera del cuello de ganso".
- ◆ La rampa deberá considerar la nueva longitud de la tubería.
- ◆ Los peines de la changuera deberán abrirse entre 4 y 6 centímetros más que el diámetro exterior de la tubería de revestimiento a utilizar.
- ◆ Se recomienda la implementación de un Indicador de Torsión como una herramienta necesaria durante la perforación del pozo.

Herramientas para perforar con Tubería de Revestimiento.

- ◆ Barrena de 8 ½" PDC.
- ◆ Estabilizadores de 6 ½" x 8 3/8".
- ◆ Lastrabarrenas (Drill Collars) de 6 ½" helicoidales.
- ◆ Martillo de 6 ½".
- ◆ Junta de Seguridad (Bumper) de 6 ½"
- ◆ La Tubería de Revestimiento de 5 ½" 17 lb/pie N-80 deberá ordenarse en Rango 3 de acuerdo a la norma API 5CT, para que su longitud varíe entre 13.90 y 14.50 metros.
- ◆ Las conexiones para esta tubería son Hydril Tipo 521.

Herramientas y Accesorios para el manejo y corrida de la tubería.

- ◆ Elevador de Cuñas para T.R. de 5 ½", checar que el ajustador del elevador sea del diámetro exterior de la T.R.
- ◆ Collarín de Arrastre para T.R. de 5 ½".
- ◆ Collarín de Seguridad para T.R. de 5 ½".
- ◆ Cuñas para T.R. de 5 ½".
- ◆ Araña de piso para T.R. de 5 ½".
- ◆ Juego de 3 sustitutos de Kelly. De una longitud de 40 a 45 cm. Y con un material igual o equivalente al de la T.R.R
- ◆ Juego de 4 Tapones de Manejo para T.R. de 5 ½" con la conexión Hydril Tipo 521.
- ◆ Calibrador para T.R. de 5 ½", 17 lb/pie.
- ◆ Guía de Enchufe para T.R. de 5 ½" con conexión HD-521.
- ◆ Llave de Apriete Hidráulico con capacidad para T.R. de 5 ½".
- ◆ Juego de 2 válvulas de pie.
- ◆ Grasa API modificada para T.R.

Procedimiento para el manejo de la T.R. durante la perforación.

- ◆ La tubería deberá de: Inspeccionarse, medirse y colocarse en el orden correspondiente para utilizarse durante la perforación.
- ◆ Colocar Tapón de manejo al tubo, en la cama de tubería.
- ◆ Colocar collarín de arrastre al tubo para izarlo.
- ◆ Subir la T.R. a la rampa.
- ◆ Repetir este procedimiento hasta completar 4 tramos en la rampa.
- ◆ Durante la perforación meter un tramo al agujero auxiliar.
- ◆ Al terminar de perforar la longitud del kelly. Levantar el mismo y Colocar cuñas y collarín de seguridad mientras no haya suficiente peso en la tubería.
- ◆ Quebrar la conexión del tubo al sustituto del kelly.
- ◆ Aplicar grasa API modificada para T.R. únicamente a los piñones de las roscas Hydril HD-521 y en piñón y caja en las roscas API para T.P.
- ◆ Apretar el sustituto del Kelly manualmente al tubo colocado en el agujero auxiliar (agujero de ratón). Esto evitará que se dañe las roscas por conectar la tubería de revestimiento de forma inclinada con el Kelly.

- ◆ Enroscar con el Kelly Spinner a baja velocidad para evitar dañar las roscas hasta que se pare el mismo.
- ◆ Apretar con las Llaves del equipo de perforación hasta alcanzar 6,000 libras - pie, verificar apriete en el indicador de torque del equipo de perforación.
- ◆ Levantar el Kelly conjuntamente con el tramo de T.R. para alinearlos y finalmente conectarlos con la sarta de perforación.
- ◆ Bajar con el Swivel y continuar perforando.
- ◆ Repetir esta operación hasta alcanzar la profundidad programada.

Procedimiento para el manejo de la T.R. durante la recuperación.

- ◆ Sacar la T.R. por lingadas (de una longitud equivalente a 28 metros).
- ◆ Colocar cuñas de piso.
- ◆ Quebrar con Llave hidráulica, hasta observar que ha salido más de la mitad del piñón y ha brincado ligeramente.
- ◆ Levantar lentamente el piñón y girar un cuarto de vuelta para evitar que se enganche el diente de la Serie 500.
- ◆ Colocar el protector de rosca al piñón.
- ◆ Ayudar al chango a mover la lingada hacia los peines, para estibar la tubería correctamente.
- ◆ Continuar realizando esta operación hasta tener solo 8 toneladas en el indicador de peso.
- ◆ Se deberá colocar el collarín de seguridad a partir de este momento; ya que no se cuenta con suficiente peso en la sarta. Y podríamos correr el riesgo de soltarse la tubería.
- ◆ Continuar sacando hasta recuperar los lastrabarrenas, estabilizadores y la barrena.
- ◆ Eliminar herramienta y colocarla en los burros de tubería.

Procedimiento para el manejo y corrida de la T.R. para cementarla.

- ◆ Checar si el árbol de válvulas es convencional o compacto. En caso de ser convencional se deberá retirar la charola recolectora de lodo antes de empezar la introducción de la T.R.
- ◆ Colocar la Zapata guía.
- ◆ Colocar 28 metros (2 tramos) de T.R.
- ◆ Colocar cople flotador.
- ◆ Iniciar corrida de la tubería de revestimiento por lingadas.
- ◆ Aplicar grasa API modificada para T.R., únicamente en los piñones de las roscas HD-521, durante la corrida.
- ◆ Utilizar la Guía de enchufe para facilitar el centrado y conexión de la tubería.
- ◆ Apretar las conexiones con la Llave hidráulica hasta el par de apriete óptimo de 6,000 libras - pie.
- ◆ Colocar los centradores de acuerdo al programa.
- ◆ Utilizar la araña de piso y el elevador de cuñas para hacer el manejo correctamente.
- ◆ Introducir la T.R. en lingadas hasta la profundidad programada.

- ◆ Llenar cada 4 lingadas, utilizar el tapón de manejo para proteger la rosca durante el llenado de la tubería.
- ◆ Se recomienda tener unos tramos cortos de Rango 2, para facilitar el ajuste de la tubería de revestimiento al final de la introducción.
- ◆ Colocar la cabeza de cementación.
- ◆ Circular tiempo de atraso.
- ◆ Iniciar preparativos para realizar la cementación y después efectuar la operación.

Aplicación.

La aplicación de la técnica de perforar con Tubería de Revestimiento, deberá implementarse únicamente en los pozos y campos que cumplan con los siguientes requisitos.

- ◆ Campos de Desarrollo en explotación intermedia o avanzada. Donde se requiere aumentar la rentabilidad de los proyectos de inversión (activos).
- ◆ En Pozos Verticales Someros a Medianos con una profundidad promedio entre 1,500 y 3,000 metros.
- ◆ Que requieran solo 2 ó 3 etapas para su perforación.
- ◆ Que sus necesidades de producción se manejen a través de diámetros reducidos.
- ◆ Que las Conexiones a utilizar para este tipo de tuberías deberán tener valores a la Torsión y Arrastre, igual o mayor que la correspondiente tubería de perforación utilizada normalmente para hacer pozos similares.
- ◆ Los diámetros recomendables para utilizar esta técnica son 4 ½", 5", 5 ½", 6", 6 5/8" y 7".
- ◆ Los Campos deben de ser, de Desarrollo, por lo tanto las formaciones a perforar estarán perfectamente identificadas y serán factibles de perforar con esta técnica.
- ◆ No perder de vista que el perforar con Tubería de Revestimiento, es una aplicación extraordinaria, y no es posible implementarse en todos los pozos de gas y aceite.

Recomendaciones durante la perforación.

- ◆ Se requiere del compromiso y trabajo conjunto de los involucrados para asegurar el éxito de la operación y así obtener el mayor beneficio en la aplicación de nuevas técnicas.
- ◆ Es recomendable antes de iniciar la actividad operativa tener una relación de los accesorios, herramientas y servicios que serán utilizados durante la perforación del pozo, para evitar los tiempos de espera, a fin de mejorar la procura y logística al pozo.
- ◆ Se deberá proporcionar anticipadamente los programas detallados de perforación a todo el personal involucrado, para garantizar el buen desempeño y optimización de la perforación con cualquier nueva técnica.

- ◆ Es recomendable supervisar directamente la reología del lodo de perforación para mantener valores bajos en la viscosidad plástica y punto de cedencia, para optimizar la hidráulica durante la perforación.
- ◆ Se deberá conocer el gradiente de formación y fractura para mantener el gradiente del lodo de perforación muy cercano al de formación durante la perforación, a fin de evitar el riesgo de pegadura por presión diferencial y también de esta manera incrementar el ritmo de penetración.
- ◆ En la perforación se deberán manejar los parámetros de operación dentro de un rango razonable, que permita utilizar eficientemente las tuberías y conexiones programadas en el diseño.
- ◆ La Técnica Mexicana de Perforar con Tubería de Revestimiento “Drilling with Casing” es una alternativa más, para poder optimizar la rentabilidad de los activos; pero no deberá utilizarse indiscriminadamente para cualquier pozo y campo, sin haber hecho una evaluación extensa de casos candidatos a este tipo de Tecnología.

Diseño Actual del pozo.

En el diseño actual del pozo, se perfora la primera y segunda etapa con tubería de perforación de 4 ½” y la tercera etapa se perfora con tubería de producción de 3 ½” y rosca HD-533, las sartas utilizadas en la perforación actual se muestran en la tabla 2.

La terminación con la técnica Tubingless, muestra el doble uso que se le da a la tubería de producción, utilizándose como Tubería de Revestimiento de Explotación y como aparejo de producción .

Esta tubería de producción es cementada hasta unos 200 m arriba de la zapata anterior para posteriormente ser perforada en los intervalos de interés y producir los hidrocarburos del Yacimiento a la superficie.

Nuevo Diseño del Pozo.

En el nuevo diseño se perfora la primera y segunda etapa con Tubería de Revestimiento y la tercera etapa con Tubería de Producción.

La Tubería de Revestimiento utilizada para perforar la primera y segunda etapa es de 5 ½” N-80 17# HD-521, que a su vez, queda cementada como Tubería de Revestimiento Intermedia. Para posteriormente perforar la tercera etapa con tubería de producción de 2 7/8” y rosca HD-533 terminando así el pozo con la técnica del Tubingless.

Comparación entre el diseño actual del pozo y el nuevo diseño del pozo.

(ver la figura 1)

En la perforación del nuevo diseño de pozo se conjugaron cuatro tecnologías distintas para procurar la reducción tanto en tiempo como en costo.

- 1) Perforación con Tubería de Revestimiento.
- 2) Perforación con Tubería de Producción.
- 3) Perforación de Agujero Esbelto reduciendo costo, materiales y servicios.
- 4) La Técnica del Tubingless para terminar el pozo.

Mientras que el diseño actual del pozo solamente usa tres tecnologías.

El nuevo diseño puede ser usado en pozos de aceite y gas donde se requiera disminuir los costos de perforación. En campos de desarrollo que se encuentren en una etapa intermedia o avanzada de explotación. Donde se deberán tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- ◆ Aplicación en campos de bajo riesgo donde sean suficientemente conocidos
- ◆ Aplicación en áreas donde el gradiente de formación y fractura sean bien definidos.

El nuevo diseño del pozo ofrece las siguientes ventajas:

- ◆ Eliminación de la tubería de perforación, tubería extrapesada (H.W.), lastrabarrenas (D.C.), estabilizadores y todas las herramientas que conforman el ensamble de fondo. Así como los costos referentes a la transportación, mantenimiento e inspección.
- ◆ Reducción en el volumen del lodo de perforación, fluidos de terminación y lechada de cemento.
- ◆ Reducción en el costo del acero hasta de un 26 %.
- ◆ Reducción en el volumen de arenas que serán usadas en el fracturamiento hidráulico.
- ◆ Mas rápida y eficiente limpieza después del fracturamiento hidráulico.
- ◆ Eliminación del empacador y equipo de línea de acero para la terminación del pozo.
- ◆ Reducción en el tiempo empleado tanto para la perforación como la terminación.
- ◆ Menores costos en la perforación del pozo.

El nuevo diseño del pozo también tiene las siguientes desventajas:

- ♦ Se pueden presentar pegaduras por presión diferencial o pérdidas de circulación, si la densidad del lodo no es controlada de acuerdo a los gradientes de formación y fractura.
- ♦ Se requiere un estricto control de calidad en la cementación primaria.
- ♦ Solo se aplica a pozos someros y menores de 3000 m de profundidad.
- ♦ Las operaciones de reparación son mas complicadas debido a los diámetros reducidos.
- ♦ Se requiere muy buena calidad de materiales y servicios.
- ♦ El personal se resiste al cambio en la aplicación de nuevas tecnologías.
- ♦ La Tubería de Revestimiento de 5 ½" y la Tubería de Producción de 2 7/8", tienen valores al Torque y Arrastre iguales o un poco menores a los que maneja la tubería de perforación.

Condiciones de Operación durante la Perforación:

PESO SOBRE BARRENA	4 – 6 Ton
REVOLUCIONES POR MINUTO	150 – 180 R.P.M.
VELOCIDAD DE PENETRACIÓN	1 – 2 min/m
HP EN LA BARRENA	56 %
PRESIÓN DE BOMBEO	1000 – 1500 psi
TORQUE MAXIMO	12,000 lbs-pie
DENSIDAD	1.20 – 1.35 gr/cc
VISCOSIDAD PLASTICA	10 – 20 cp
PUNTO DE CEDENCIA	6 – 10 lb/100pies ²

Resumen y Conclusiones :

1.- La Perforación con Tubería de Revestimiento y Tubería de Producción es otra alternativa para reducir los costos de perforación. El nuevo diseño reduce el costo del pozo en un 7 % con respecto al costo actual, en los pozos del Campo Arcabuz – Culebra.

2.- La Perforación con Tubería de Revestimiento optimiza la hidráulica, porque se dispone de mayor energía en la barrena, es recomendable monitorear directamente la reología de los lodos de perforación, para mantener valores bajos de Viscosidad Plástica y Punto de Cedencia, controlando así la reología y manteniendo libre de sólidos el lodo durante la perforación.

3.- Al perforar con Tubería de Revestimiento se tiene que cuidar la Densidad Equivalente de Circulación, ya que debido al reducido espacio anular que tenemos, se provoca una alta caída de presión en el mismo.

- 4.- Usando la Tubería de Revestimiento en Rango 3, ayuda a reducir el tiempo de armado y desarmado de la T.R. durante la perforación y mejora en buena forma el ritmo de penetración.
- 5.- Para Perforar con Tubería de Revestimiento y Producción, se recomienda realizarlo en pozos con una profundidad máxima de 3000 metros o de dos o tres etapas, y las conexiones que no trabajen en conectarse y desconectarse mas de seis veces.
- 6.- Resulto ser una experiencia exitosa la combinación de estas cuatro tecnologías de punta como son: 1) Perforación con Tubería de Revestimiento 2) Perforación con Tubería de Producción 3) Perforación de pozos esbeltos 4) Técnica del Tubingless para terminaciones en el Campo Arcabuz – Culebra. Estas Técnicas deberán ser usadas de preferencia en pozos de desarrollo en etapa de explotación intermedia o avanzada donde se requiera aumentar la rentabilidad del campo.
- 7.- Para garantizar el éxito de la perforación con Tubería de revestimiento en otros campos, es necesario analizar el riesgo y tener a la mano toda la información para poder evaluar el proyecto.
- 8.- La Perforación con Tubería de Revestimiento y Tubería de Producción, elimina el uso de la tubería de perforación, así como la tubería extrapesada y parte del ensamble de fondo.
- 9.- Es recomendable el uso de combinaciones que tengan el mismo tipo y grado de acero, que se este manejando en la tubería de revestimiento, para evitar dañar la conexión, así mismo es recomendable tener cuidado en el manejo de la tubería, para evitar en lo posible la eliminación de tramos por encontrarse dañados.

Referencias:

- 1.- SLIM – HOLE WELL TECHNOLOGY TRAINING MANUAL.
JULIO / 1993.
COPIA CONFIDENCIAL PARA EL USO DE LA SPE (ANIVERSARIO OCT/92).
CONSULTORES: Delwiche, R. A. BD. Stratabit.
Lejeune, M. W. D. Consultor.
Mawet, P. F. B. N. Consultor.
- 2.- APPLIED DRILLING ENGINEERING SPE (1984).
Martín E. Chenevert, Adam T. Bourgoyne Jr., Keith K. Millheim, F. S. Young Jr.
- 3.- MANUAL DE OPERACIÓN PARA BARRENAS TRICÓNICAS EN LA
PERFORACIÓN DE POZOS PETROLIFEROS.

Subdirección de Producción primaria / Gerencia de Perforación (1986).

- 4.- DRILL STEM DESIGN AND INSPECTION.
First Edition, December, 1992.
T. H. Hill Associates, Inc.
- 5.- API RP 7G, "Recommended Practice for Drill Stem Design and Operating Limits".
Fourteenth Edition, American Petroleum Institute, August 1, 1990.
- 6.- CONTROL DE VARIABLES Y OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN.
M. en I. Juan Antonio Morales Díaz de Vivar.
Instituto Mexicano del Petróleo / Universidad Nacional Autónoma de México.
- 7.- REOLOGÍA DE LOS FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y REPARACIÓN DE POZOS.
M. en C. Juan Gilberto León Loya.
Catedrático: Ciencias de la tierra – Instituto Politécnico Nacional.
- 8.- OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.
M. en C. Juan Gilberto León Loya.
Catedrático: Ciencias de la tierra – Instituto Politécnico Nacional.
- 9.- RELACIÓN ENTRE LA PROFUNDIDAD Y LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN
M. en C. Juan Gilberto León Loya.
Catedrático: Ciencias de la tierra – Instituto Politécnico Nacional.
- 10.- CASING DRILLING
A Revolutionary Approach To Reducing Well Costs.
Cia. TESCO Corporation.

Nomenclatura:

BTC	= Rosca Buttress para Tubería de Revestimiento
ECD	= Densidad Equivalente de Circulación
ID	= Diámetro Interior
Md	= Densidad del Lodo
O.D.	= Diámetro Exterior
OBM	= Lodo base aceite
PEP	= Pemex Exploración y Producción
WBM	= Lodo base agua

Unidades:

In o “	= Pulgadas
Ft	= Pies
Ft	= Libras-pie
Gpm	= Galones por minuto
Gr/cc	= Gramos por centímetro cubico
Hr.	= Horas
Kg	= Kilogramos
Lb	= Libras
Lb/ft	= Libras por pie
M	= Metros
M/min	= Metros por minuto
MTon	= Toneladas métricas
Psi	= Libras sobre pulgada cuadrada
R.p.m.	= Revoluciones por minuto
Sq. C	= Centímetros cuadrados
1000 Lb	= Miles de libras

Sistema métrico factores de conversión :

Gr/cc X 8.33	E+00	= Lb/gal
Kg/sq.cm X 1.422	E+01	= psi
M X 3.281	E+00	= ft
M ton X 2.2	E+03	= Lb