



Perforación de pozos horizontales someros de alcance extendido

Por Edgardo Lorenzo, Astra CAPSA

La perforación horizontal constituye actualmente una técnica ampliamente difundida en la industria, que involucra en general tecnología conocida y riesgos operativos cada vez más acotados. Dentro de esta categoría, los pozos horizontales de alcance extendido (ERD) son aquellos en que la longitud del pozo (MD) más que duplica la profundidad real del mismo (TVD). A medida que se incrementa esta relación se requiere la aplicación de avanzada tecnología de última generación, llegando a constituir lo que se conoce como pozos "Hi-Tec". El desafío es alcanzar objetivos ubicados a gran distancia desde la vertical del pozo. Las dificultades se incrementan cuando dicho objetivo se encuentra ubicado a muy poca profundidad (pozos someros).

El trabajo que se reproduce muestra lo realizado por Astra CAPSA en el pozo ARAh.1006, recientemente perforado en el Cinturón Costero de Restinga Alí, que constituye la primera experiencia de una empresa nacional en este tipo de pozos someros de gran alcance horizontal. Se destacan los detalles del proceso utilizado para lograr secciones horizontales extensas con un objetivo a muy escasa profundidad, lo que transforma a este pozo de alcance extendido en un verdadero desafío técnico/operativo.

Edgardo Lorenzo egresó de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo como Ingeniero de Petróleos. Además es Ingeniero de Perforación especializado en Perforación Direccional. Trabajó en Oxy Argentina en Mendoza y luego para Pérez Compagnon en Neuquén. Actualmente se desempeña como Ingeniero de Perforación del Departamento de Perforación de Astra Estructura Central en Mendoza atendiendo las operaciones en el país y en Venezuela.

El pozo de alcance extendido ARAh-1006 se ubica en el Cinturón Costero del Área de Restinga Alí, provincia de Chubut (Figura 1). Astra CAPSA es la empresa Operadora del Área para un consorcio integrado en partes iguales por Astra CAPSA y Pérez Compagnon S.A.

La capa objetivo son las arenas del miembro Glauconítico de la Fm. Yacimiento El Trébol, las que en la zona de interés se encuentran a una profundidad vertical (TVD) de tan sólo 500 m. Sobre esta capa suprayacen principalmente mantos arcillosos de reducida edad y

gran actividad, combinados con algunas arenas de buena permeabilidad.

El Glauconítico tiene amplios antecedentes productivos en la zona del Cinturón Costero. Ya en la década de 1930/1940 YPF perforó una muy importante cantidad de pozos en las restingas aledañas a la costa (en zonas de poca profundidad de agua), muchos de los cuales se mantuvieron en producción hasta épocas relativamente recientes (1970) siendo luego abandonados en general por alto porcentaje de agua en la producción.

El objetivo del pozo ARAh.1006 fue

investigar la existencia de reservas de hidrocarburos en las arenas del Glauconítico, a una distancia de aproximadamente un kilómetro desde la costa, en una posición estructural más favorable que la desarrollada por los viejos pozos de YPF. El Glauconítico tiene en la zona una excelente porosidad efectiva (aproximadamente 27%), permeabilidad con valores que superan a 1 Darcy y valores de presión en el orden de los 40 kg/cm².

Planificación de la Perforación

El diseño del pozo en cuestión, así como su operativa requirió de un cuidadoso Plan de Perforación con un alto contenido de Ingeniería. Se tuvieron en cuenta aspectos como:

- Plan direccional del pozo
- Diseño del BHA hasta el KOP y BHA direccionales
- Selección de trépanos
- Diseño de la hidráulica
- Selección de sistemas de fluidos de inyección
- Diseño de casing
- Diseño de lechadas cementadoras
- Diseño de boca de pozo
- Selección del equipo perforador
- Equipamientos especiales
- Diseño de perfilajes asistidos
- Cálculos de Torque & Arrastre
- Selección de motores de fondo y equipamiento para MWD/LWD

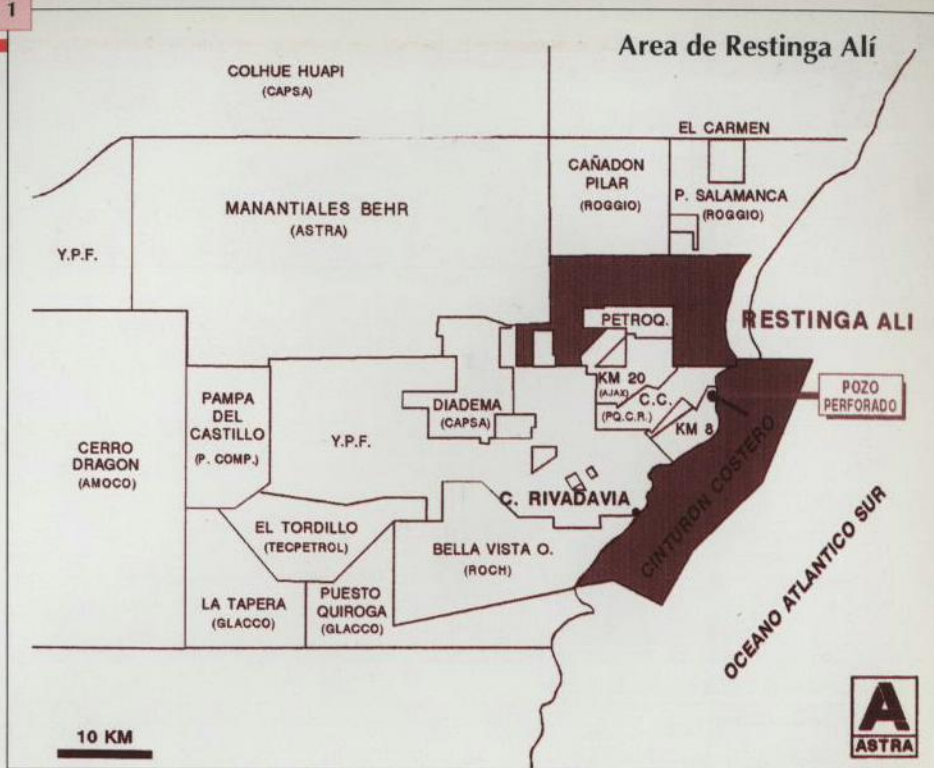
Plan Direccional

Cabe comenzar por este ítem pues tiene gran trascendencia en el éxito/fra-caso de este tipo de proyectos.

Se define como pozo horizontal extendido a aquel pozo que tenga una relación MD/TVD >2. En el caso del pozo ARAh.1006 dicha relación fue de 3,39 (1718 m MD y 506 m TVD). El objetivo por razones geológicas y de reservorios debía alcanzarse a más de 1000 m (VS) de la costa, para luego navegar dentro de la capa una distancia de alrededor de 300 m.

Luego de analizar varios diseños, se eligió uno que consistía en tener el KOP a 160 m TVD, construir una curva con DLS de 6,6°/100 ft hasta 84° y navegar en una larga sección tangencial a 84° hasta interceptar el objetivo (Figura 2).

Se proyectó llegar al objetivo con más o menos 3°/100 ft DLS hasta 90-



91° de inclinación, para luego perforar 300 m más dentro del objetivo en una dirección estructuralmente ascendente, tratando de mantenerse cerca del techo de la sección arenosa.

Diseño de Pozo y Operaciones

Se perforó un pozo de 17 1/2" hasta 42 m, en donde se entubó un conductor de 13 3/8" cementado hasta superficie.

Se perforó con 12 1/4" hasta 160 m donde se ubicó el KOP. Se construyó una curva a 6,7°/100 ft hasta 84,5° (se utilizó un DHM de 8 1/4" con BHR y MWD) y se entubó una cañería guía de 9 5/8" quedando el zapato en 542 m a 84,5° de inclinación. Se cementó hasta superficie.

Se perforó una sección tangencial en 8 3/4" hasta 1347 m a 84,5° donde se interceptó a la capa objetivo. Se utilizó un DHM de 6 3/4" con BHF y MWD. Se entubó una cañería intermedia de 7" con uniones especiales. Se cementó hasta el zapato de 9 5/8".

Se perforó en 6 1/8" a través de la capa navegando en partes a 95° de inclinación hasta 1718 m MD, logrando 394 m de extensión horizontal. Se utilizó un DHM de 4 3/4" con BHF y MWD más LWD (Gamma Ray y Resistividad). Se entubó un liner de 5" pre-perforado.

Operativa

La operativa fue muy segura en general. Se obtuvieron las ganancias pro-

gramadas para los motores de fondo de 8 1/4", con los cuales había poca experiencia en el país, a través de una adecuada selección estadística.

Se tuvieron buenas penetraciones en el tramo de 12 1/4", muy altas para estar en la etapa de construcción de la curva, constituyendo una ROP general de 16 m/h (con registros y agregadas).

La entubación de 9 5/8" fue algo dificultosa, pero se pudo llegar con el zapato a la profundidad prevista, gracias al hecho de usar equipamiento especial como fue el TOP-DRIVE hidráulico-portable.

En la sección de 8 3/4" las penetraciones fueron muy altas también, (214 m/h instantánea neta y 38 m/h instantánea considerando registros y agregadas). Se usó un trépano PDC especialmente diseñado para este tramo.

La entubación de 7" fue muy dificultosa y nuevamente fue el TOP-DRIVE y los aditivos especiales usados en el lodo los que permitieron el éxito de la misma (téngase en cuenta que se terminó entubando casing de 7" a 1325 m MD, a 84,5° de inclinación y 504 m TVD, teniendo sólo 160 m verticales y parte de la curva aportando peso efectivo).

Durante la perforación del tramo 6 1/8" (se realizó con trépano PDC) también se observaron altas ROP tanto con rotary como deslizando. Pese a que la capa tiene altísima permeabilidad no se observaron pérdidas de fluido, excepto en el tra-



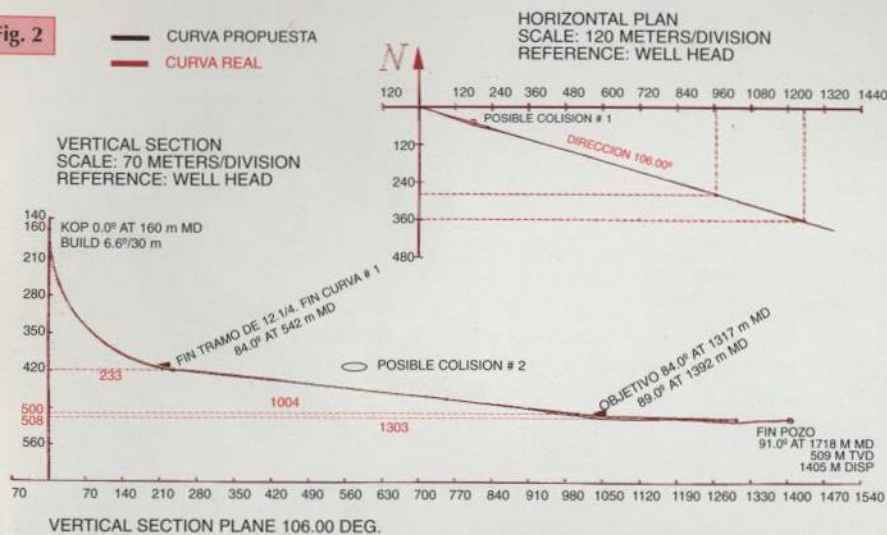
ASTRA C.A.P.S.A.
POZO: ARAH-1006
YACIM: RESTINGA ALI
GRAFICO COMPARATIVO



SERVICIOS ESPECIALES
SAN ANTONIO S.A.
DIRECCIONAL

Fig. 2

— CURVA PROPUESTA
— CURVA REAL



mo final del pozo (últimos 30 m).

La entubación del liner de 5" fue totalmente normal, asistida con sondeo de 3 1/2". La Figura 3 muestra un esquema del estado final del pozo completado.

Fluido de Perforación

El fluido de perforación fue uno de los responsables del éxito del proyecto.

Tramo 17 1/2"

Se usó un lodo bentonítico, sin inconvenientes.

Tramo 12 1/4"

Fluido de sólidos mínimos, altamente inhibitorio. Se formuló un fluido con tres premisas:

- Altamente inhibitorio
- Que brindase buena limpieza (reología)
- Con alta lubricidad

Lo primero se consiguió con altas concentraciones de PHPA, necesarias para inhibir adecuadamente las secciones arcillosas de altísima actividad en la zona. La limpieza se mantuvo manejando la reología y altos caudales de bombeo (>650 gpm). Se adicionaron en la formulación lubricantes en base a glicoles, que permitieron buena transferencia de peso, maniobras y entubación exitosas.

Tramo 8 3/4"

Fluido de sólidos mínimos altamente inhibitorio. Básicamente el fluido fue muy similar al usado en el tramo anterior, sólo con mayores concentraciones

de PHPA y lubricante, confiriéndole mejores propiedades inhibitorias. Esto considerando que se tenía que perforar la sección de peores lutitas que en TVD eran sólo 60 m (en un pozo vertical se pasan rápidamente, pero en este pozo fueron casi 800 m a un ángulo de 84°).

Tramo 6 1/8"

Se cambió totalmente el fluido a uno exento de sólidos (solids free) de alta viscoelasticidad medianamente inhibitorio con KCl. Se usó para ello Goma Xántica a altas concentraciones (2,5 a 3 lb/bbl), logrando:

- Excelente comportamiento reológico.
- Inhibición media (para minimizar daño ante invasión)
- Control de invasión a través del módulo elástico (G').

pletar exitosamente el pozo AEAh.447 en el yacimiento El Alba del Area Manantiales Behr en tan sólo 12 días.

La perforación y el completamiento del pozo ARAH.1006, horizontal somero de alcance extendido, que involucró cuatro entubaciones de cañerías, demandó solamente 13,8 días, lo que constituye un logro remarcable teniendo en cuenta la complejidad de este pozo en comparación con el récord anteriormente citado.

CONCLUSIONES

Los avances tecnológicos en materia de Ingeniería de Perforación permiten obtener logros realmente importantes en materia de alcance extendido en pozos someros (existen pocos antecedentes a nivel mundial en este tipo de perforaciones).

Empleando la tecnología adecuada, herramientas e instrumental disponibles en el país, pueden alcanzarse distancias horizontales superiores a los 1400 m en pozos de tan sólo 500 m de TVD (profundidad real del objetivo).

Valores típicos

d:	1050	PV:	11	YP:	27	Geles:	11/16/29
n:	0,211	K:	4,03	MBT:	35		
PHPA:	4,8	Sól:	4				

Recomendaciones

- Se requiere de un alto componente de Ingeniería.
- Es esencial una estrecha colaboración entre todas las partes que integran el proyecto.
- Elemento de equipamiento clave: TOP-DRIVE.
- Éxito del pozo: de la mano de un adecuado diseño del lodo.
- Fundamental: cálculo del Torque & Arrastre.

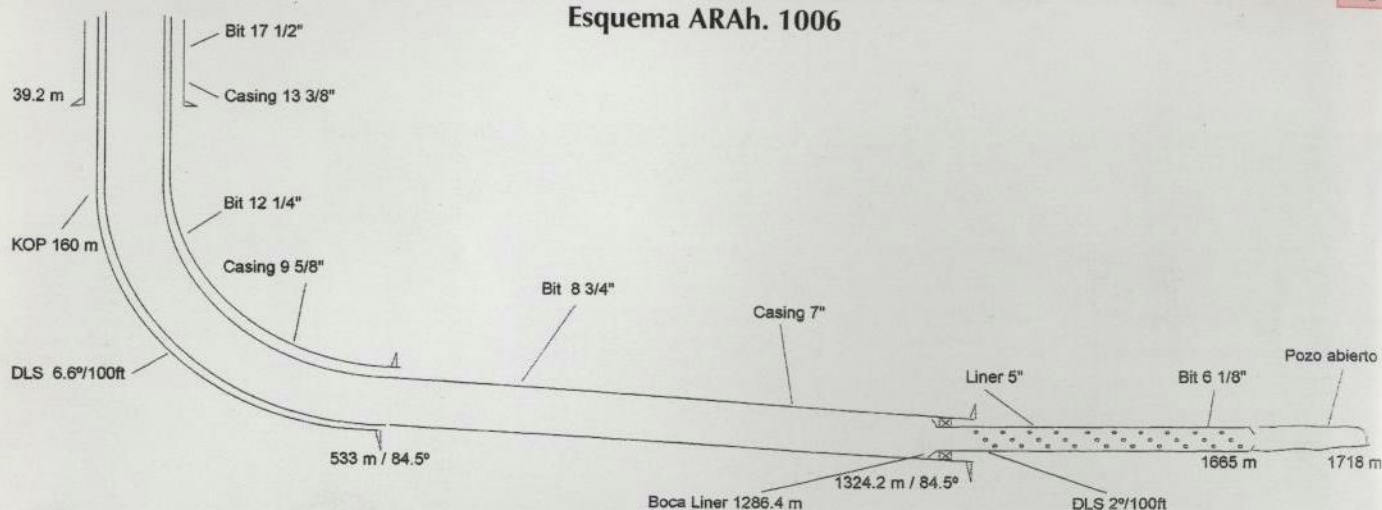
Algunos valores

d:	1020	PV:	8	YP:	29	Geles:	10/11/16
n:	0,280	K:	6,04			LSRV:	68000 cP
Sól:	2%	MBT:	0				

Tiempos de Perforación

Astra marcó recientemente un récord en cuanto a tiempos de perforación de pozos horizontales al perforar y com-

Esquema ARAh. 1006



Referencias

- C.F. Kimball III, C.N. Colwell, J.W. Knell: "Extended Reach Well Achieves 3.1:1 MD/ TVD Ratio in U.S. Gulf", Horizontal Well Report, Ocean Industry - Oct. 1991.
- G.J. Guild, T.H. Hill, M.A. Summers: "Designing and Drilling Extended Reach Wells", Petroleum Engineer International - Nov. 1994.
- M. Norman, L. Tveit, O. Kalvenes, J.O. Humblen: "The Challenges of Drilling Wells Approaching 40,000 ft", IADC/SPE 35104. paper presentado en la 1996 IADC/SPE Drilling Conference en New Orleans, Louisiana - March 1996.
- S.M. Banks, T.W. Hogg, J.L. Thoroughgood: "Increasing Extended Reach Capabilities Through Wellbore Profile Optimization", IADC/SPE 23850, 1992 IADC/SPE Drilling Conference, Louisiana - 1992.
- K.E. Ruddy, O'Brien-Goins-Simpson & Assoc., D. Hill: "Analysis of Buoyancy-Assisted Casings and Liners in Mega-Reach Wells", IADC/SPE 23878, 1992 Drilling Conference, Louisiana - 1992.
- P.C. Crouse, S. Ikeda, T. Takeuchi: "Study Results Define Horizontal Well and ERD Technology Trends", World Oil, July 1996.
- F.E. Beck, J.W. Powell, M. Zamora: "A Clarified Xanthan Drill-In Fluid for Prudhoe Bay Horizontal Wells", paper SPE 25767, 1993.
- R. Caenn, G.V. Chillingar: "Drilling Fluids: State of the Art", Journal of Petroleum Science and Engineering 14 (1996) 221-230.
- M. Zamora, D.T. Jefferson, J.W. Powell: "Hole Cleaning Study of Polymer-Based Drilling Fluids", paper SPE 26329, Oct. 1993.
- M.R. Islam, A.E. George: "Sand Control in Horizontal Wells in Heavy Oil Reservoirs", paper SPE 18789, Bakersfield, CA, April 1989.

Nomenclatura

ERD:	Extended Reach Drilling - Perforación de alcance extendido
TVD:	True Vertical Depth - Profundidad vertical real
BHA:	Bottom Hole Assembly - Conjunto de fondo
KOP:	Kick Off Point - Punto de salida lateral
MWD:	Measurement While Drilling - Medición mientras perfora
LWD:	Logging While Drilling - Perfilaje mientras perfora
MD:	Measured Depth - Profundidad medida
DLS:	Dog-Leg Severity - Severidad de la curvatura
DHM:	Down Hole Motor - Motor de fondo
BHR:	Bent Housing Regulable
BHF:	Bent Housing Fijo
PHPA:	Partially Hydrolyzed Polyacrilamide - Poliácridamida parcialmente hidrolizada
d:	Densidad (g/l)
PV:	Plastic Viscosity - Viscosidad plástica (cp)
YP:	Yield Point - Punto de cedencia (lb/100ft ²)
n:	Índice de comportamiento de flujo
K:	Índice de consistencia (lb/100ft ²)
MBT:	Metilene Blue Test - Ensayo de azul de metileno - bentonita (kg/m ³)
PHPA:	Ensayo de concentración de PHPA (l/m ³)
Sól:	Sólidos en volumen (%)
LSRV:	Low Shear Rate Viscosity - Viscosidad a 0,3 RPM (cp)

Agradecimientos

El autor agradece a los Ings. Zahid Qayum y Rod Mehidi Rezvani de Sperry Sun Drilling Services y al Ing. Phillip C. Geaslen de Pennzoil Exploration and Production Company por la colaboración recibida durante las etapas de diseño del pozo. Al Ing. A. Blanc del Departamento de Direccional de la Compañía San Antonio por su apoyo incondicional durante la operación del pozo. Al Sr. Jorge Blanco por su apoyo técnico al proyecto, al personal de inyección en el pozo y al Servicio de Inyección de Bolland y Cía. (sucursal Comodoro Rivadavia) por su colaboración. Al Sr. Johnny Peña de Kelco Oil Field Group por el apoyo técnico recibido. Al Ing. N. González de BJ Services por su colaboración durante la completación del pozo.