



# Cincuenta años de perforación: de la artesanía a la tecnología

Por **Gabino Velasco**

## Etapa inicial

Hasta la firma en 1958 de los contratos de explotación con compañías internacionales, la actividad de perforación para extraer petróleo y gas en el país había estado efectuada exclusivamente por YPF, salvo contadas excepciones, con equipos y personal propios. Se hacía con servicio de lodo y control geológico incluidos y asistidos, asimismo, por equipos de WO, de cementación, de perfilaje y de punzado, operados por la empresa estatal. Además, el mantenimiento y la reparación de todos los equipos y herramientas involucrados en esta actividad era realizado en talleres de YPF.

La perforación en la etapa previa a estos contratos, cuyo funcionamiento fue definido por el ingeniero Ignacio Carro como "50% artesanía más 50% tecnología" ya había superado, a partir de 1956, el importante desafío



que significó la perforación de pozos profundos para el desarrollo de Campo Durán y Madrejones, en el Yacimiento Norte.

Esta característica de “artesanal tecnológica” de la perforación argentina se nutrió de su instinto de supervivencia, desarrollado en el largo período de desabastecimiento originado por la II Guerra Mundial. Si bien la oferta de equipos, herramientas y tecnología se fue reestableciendo paulatinamente en la posguerra, los presupuestos de YPF como empresa estatal estaban sujetos a los recortes periódicos que sufrían todas las dependencias del Estado, con lo cual la modernización de su parque de equipos y herramientas se iba realizando con suma lentitud.

El aporte “artesanal” tenía su origen en la transmisión de los conocimientos de los perforadores alemanes, austríacos y polacos, contratados en un principio por la Dirección de Minas e Hidrología y posteriormente reforzada por YPF en los años cuarenta con el Pozo Escuela puesto en marcha con gran visión de futuro por YPF en Comodoro Rivadavia, donde se formaron técnicos que luego tuvieron un destacado desempeño en la empresa. Más tarde, en los años setenta, por la Escuela de Perforación “Máximo Pico”, impulsada por el ingeniero Héctor Giordano, que funcionó en las instalaciones del laboratorio de YPF de Florencio Varela.

Por otro lado, el aporte “tecnológico” surgió principalmente entre los profesionales egresados del Curso de Posgrado del Instituto del Petróleo de la Universidad de Buenos Aires. En lo relativo a tecnología de los lodos de perforación, fue importante el apoyo científico brindado por el laboratorio de YPF en Florencio Varela. Para la cementación de pozos, el aporte fundamental provino del laboratorio de la Universidad de la Patagonia San Juan Bosco, de Comodoro Rivadavia.

Quiero ilustrar este recordatorio con dos anécdotas que viví y que reafirman la teoría del funcionamiento entre lo artesanal y lo tecnológico de la perforación “ypéfiana”.

## Artesanía

Don Luis Piazzoni, viejo perforador (gringo-cordobés, oriundo de Colonia Caroya) misteriosamente había logrado solucionar un problema que se presentaba en la perforación de los pozos del Yacimiento Medianera, después de algunos días de seguimiento. El inconveniente era motivado por una acuífera surgente que solía atravesarse a una profundidad de aproximadamente 300 mbbp, que toda vez que se descontrolaba causaba demoras y trastornos en la perforación.

En mi deseo de aprender, le pedí que me explicara cómo evitaba que el pozo entrara en surgencia: cuando vio, por las novedades, que el equipo había terminado la carrera del trépano y, por consiguiente, iba a sacar el sondeo para el cambio de trépano, ordenó al encargado de turno que lo esperaran. El pozo estaba cerca del Campamento Catriel. “Vamos al pozo”, me invitó.

En cuanto llegamos, dio el orden de sacar el sondeo y se paró al lado de la zaranda para observar el *tee* de salida, mientras la cuadrilla del equipo realizaba la maniobra.

Durante esta operación, normalmente –si no hay ni entrada ni pérdida de fluidos– el nivel del lodo dentro

del pozo desciende en relación directa con el volumen de sondeo que se ha sacado del pozo.

Como Piazzoni era consciente del comportamiento de la capa acuífera, hacía llenar el pozo después de cada tiro de sondeo que se sacaba, con lo cual se aseguraba de mantener la presión hidrostática de control sobre la acuífera y verificaba personalmente de que no saliera lodo por el *tee* durante la extracción del sondeo.

Una década después, nos enteramos de que había entrado a formar parte del Sistema de Control de Surgencias de los equipos de perforación un dispositivo llamado Trip Tank que, sofisticaciones aparte, cumplía exactamente las mismas funciones que yo había visto hacer en forma personal a Don Luis en Medianera, con un método empírico dictado por su experiencia.

## Tecnología

A fines de los cincuenta, aparecen los trépanos *jet*, provistos de boquillas de carburo tungsteno cambiables, diseñados para optimizar la penetración del impacto en las rocas.

Este empleo del lodo como transmisor de potencia agregó otra tarea tan importante como las que ya tenía asignadas: acarrear hasta la superficie los recortes del trépano (*cuttings*), mantener la estabilidad de las paredes del pozo, controlar el ingreso de fluidos al pozo, permitir la admisión en capas de alta permeabilidad, entre otras tareas.

Esta innovación tecnológica obligó a los fabricantes de trépanos a recurrir a los servicios de especialistas en la hidráulica de la perforación, quienes desarrollaron sistemas de cálculo para obtener la máxima potencia en el fondo del pozo para el perforador, quien era, en última instancia, el que decidía los diámetros de boquilla que se utilizarían y administraría, asimismo, la potencia de las bombas de las que disponía el equipo. Además, debía encontrar una solución de equilibrio al determinar las propiedades del lodo a emplear.

Esta utilización de la hidráulica para la transmisión de potencia hasta el fondo del pozo promovió una importante repotenciación de los equipos perforadores, al obligarlos a incrementar los HP hidráulicos disponibles y llevar la potencia de bombeo de, por ejemplo, 200 HHP a 800 HHP para los equipos con capacidad perforante de hasta 2000 m; o por poner otro caso, de 1000 HHP a 3000 HHP para los equipos con capacidad perforante hasta 5000 m.

Las bombas de lodo de cuales estaban provistos los equipos eran dúplex, cuyo diseño, para las elevadas potencias requeridas en la era *jet*, tenía las desventajas de ser más costoso y con unas dimensiones que las hacía difícil de transportar. Por esta razón, todos los equipos, poco a poco, fueron cambiando sus bombas dúplex por triplex, más compactas, de menor costo y accionadas por motores más potentes.

A principios de los sesenta, la Roy Bobo Engineering ideó para la compañía Reed (fabricante de trépanos) una regla de cálculo, para “obtener, por medio del lodo, la máxima potencia en el fondo del pozo”.

Hago un paréntesis exclusivo para los lectores de la generación de las computadoras para aclarar que esta era

la única calculadora de bolsillo que utilizaba la ingeniería, cuando no existía ni la calculadora electrónica portátil, ni la *notebook* ni el *software*.

Con esta regla de cálculo más algunos datos, se podían obtener muchos resultados.

Así, a partir de los siguientes factores: 1) diámetro y profundidad del pozo estimada alcanzar en la carrera, más 2) el tipo de circuito de superficie de bombeo del lodo; 3) las dimensiones de las barras de sondeo; 4) el diámetro; presión admisible; emboladas por minuto; carrera de las camisas y potencia de la bomba de lodo; 5) definición del tipo de lodo en uso en el gráfico viscosidad plástica frente a densidad del lodo; 6) definición del tipo de lodo en uso en el gráfico punto de fluencia frente a densidad del lodo, se lograba obtener: A) caudal de bombeo (ajustado con la verificación de las EPM reales); B) velocidad de retorno en el espacio anular; C) pérdidas de carga en el sistema circulatorio; D) pérdida de carga (presión) disponible en las boquillas; E) medida de boquillas de acuerdo con la presión disponible en la profundidad por alcanzar; F) recálculo de la pérdida de carga para las boquillas elegidas; G) velocidad del lodo en las boquillas; H) HP hidráulicos erogados por la bomba; I) pérdida de potencia en las boquillas.

De la descripción precedente, se desprende la complejidad del procedimiento que debía enfrentar el ingeniero Héctor Marvaldi para poner en práctica la nueva hidráulica de la perforación con la mencionada regla en una de sus primeras experiencias de campo en el Yacimiento Plaza Huinul.

Así, al estudiar la forma de hacer accesible para los perforadores esta herramienta fundamental para obtener el rendimiento adecuado de los trépanos *jet*, Marvaldi ideó gráficos para rocas de distintas dureza y en sus ejes pozos-tipo (creados variando los parámetros de perforación dentro de los límites de los equipos) frente a la profundidad; el especialista trazó sobre ellos curvas que denominó equiboquillas, dentro de las cuales el perforador encontraba, en la intersección de la profundidad por alcanzar con el pozo-tipo, las boquillas que le iban a dar la “máxima potencia hidráulica en el fondo”.

Reed hizo propios estos gráficos equiboquillas y extendió su uso a los perforadores e ingenieros de perforación de todos los países donde eran utilizados sus trépanos.

## Contratos de 1958

Los contratos firmados en 1958 se dividieron básicamente en tres tipos (ver mapa en página siguiente):

- A) Contratos para perforación en yacimientos de YPF en el flanco sur de la Cuenca del Golfo San Jorge: Transworld Drilling, por 1000 pozos; Southeastern Drilling, por 600 pozos y Saipem (del Grupo ENI), por 300 pozos.
- B) Contratos de explotación: Pan American Argentina, para el Yacimiento Cerro Dragón; Banca Loeb, para el Yacimiento La Ventana; Tennessee, para el Yacimiento Río Grande.
- C) Contratos de exploración: Esso, en la Cuenca Neuquina (Neuquén); Shell en la Cuenca Neuquina (Río Negro).

A su vez, cada compañía operadora adjudicataria de áreas de explotación trajo al país su propio contratista de

perforación. De hecho, Pan American Argentina trajo a Loffland Brothers; la Banca LOEB, a Kerr McGee; Tennessee, a Laughlin & Porter. Cada uno se instaló con equipos flamantes *ad hoc*, con sus sondeos, herramientas, camiones petroleros, grúas, *trailers* vivienda, repuestos, etcétera.

Esta inusitada actividad de perforación provocó un giro copernicano en la actividad de perforación en el país, esto es, un antes y un después de los contratos de 1958. También promovió la venida al país de las compañías proveedoras de servicios auxiliares necesarios, como Halliburton, Dowell y BJ, de cementación y estimulación. Schlumberger, que ya estaba en el país, incrementó su operación. Vinieron Dresser, Atlas y Welex para perfilaje y punzado; Hughes y Reed en el suministro de trépanos y varios más.

En 1960, año del número cero de Petrotecnia, el flanco sur de la Cuenca del Golfo San Jorge ya había dejado de lado las pautas exclusivamente estatales que imperaban en esta actividad desde el legendario descubrimiento de petróleo, el 13 de diciembre de 1907 en Comodoro Rivadavia. Aquel hito había sido realizado con un equipo perforador de la Dirección de Minas e Hidrología y se había incorporado rápidamente en las pautas que regían la actividad en el resto del mundo occidental.

“En el período 1959-1962, los trabajos de explotación se concentraron en la Cuenca del Golfo San Jorge ya explorada por YPF, donde se perforaron más de 3000 pozos, de los cuales 2876 fueron perforados en Santa Cruz Norte. La producción fiscal total del país se triplicó de 1958 a 1962 y pasó de 4.963.624 metros cúbicos a 15.126.432”, comentó Horacio Salas en una publicación del IAPG (ver nota al pie).

## Anulación de los contratos

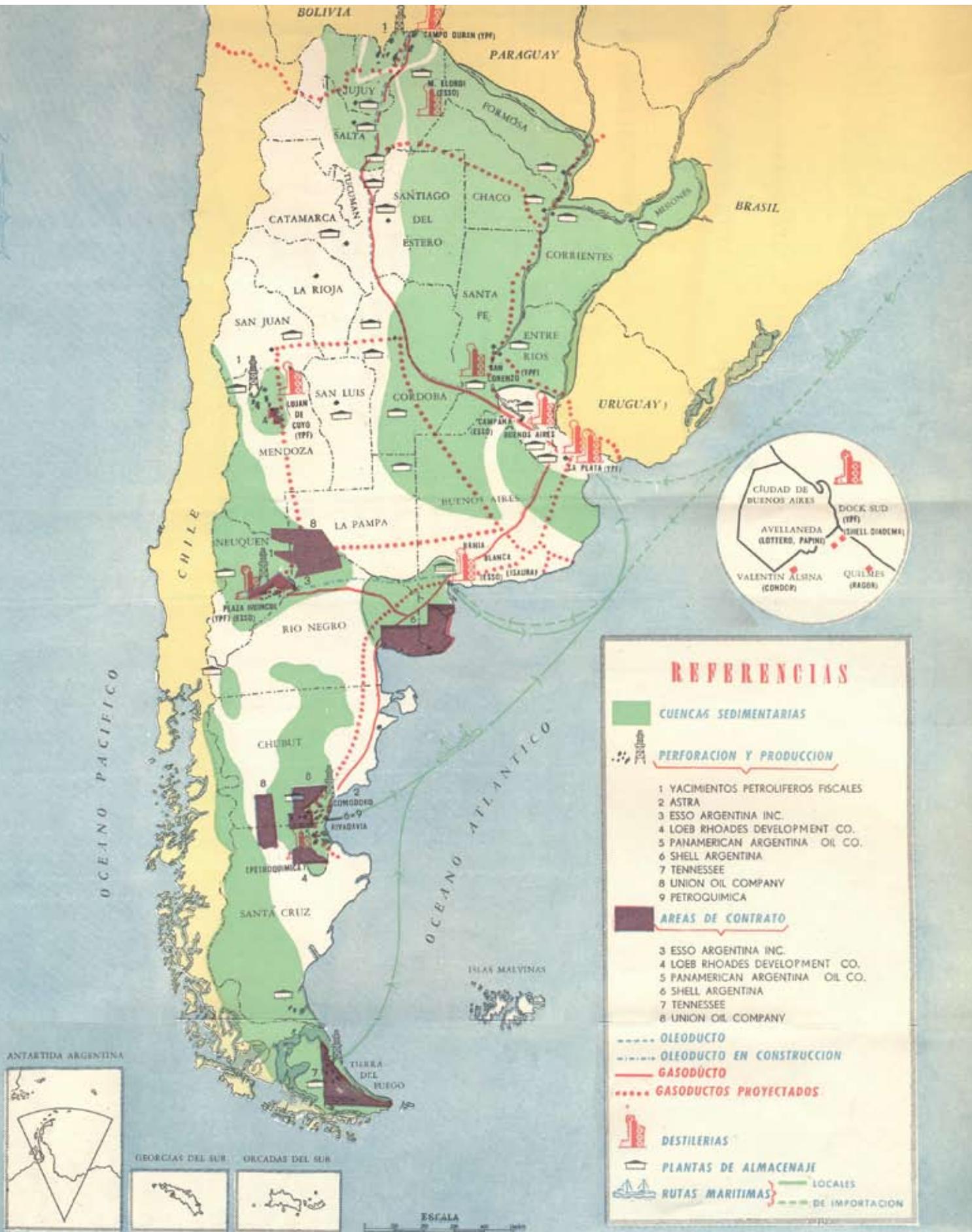
En 1963, llegamos al decreto 744/63, que anuló todos los contratos de exploración y explotación de petróleo firmados por YPF en 1958. Esa norma trajo aparejada la paralización de toda la actividad privada de perforación de pozos para petróleo.

Las empresas adjudicatarias de los contratos de perforación, explotación y exploración de 1958 habían importado, en forma temporaria, toda la maquinaria, vehículos, repuestos e insumos necesarios para alcanzar los objetivos fijados contractualmente.

A excepción de Esso y Shell, que operaron con sus propios equipos, pero luego quedaron para YPF con todo el material afectado a la operación, como lo establecía el acuerdo de indemnización, el resto de las compañías decidieron abandonar el país, pero sin reexportar sus equipos, vehículos, *trailers* vivienda, por el alto costo de la desmovilización frente al valor remanente en el mercado estadounidense por el desgaste acumulado en cinco años de trabajo intensivo, agravado por la desactualización de su diseño.

## Aparición de las compañías perforadoras privadas

Por las razones expuestas, los equipos perforadores de Transworld, Southeastern y Loffland quedaron arrumbados



## REFERENCIAS

- CUENCAS SEDIMENTARIAS
- PERFORACION Y PRODUCCION
- AREAS DE CONTRATO
- OLEODUCTO
- OLEODUCTO EN CONSTRUCCION
- GASODUCTO
- GASODUCTOS PROYECTADOS
- DESTILERIAS
- PLANTAS DE ALMACENAJE
- RUTAS MARITIMAS
- LOCALES
- DE IMPORTACION

dos en diferentes playas cerradas, en los alrededores de Comodoro Rivadavia. Los de Laughling & Porter, en Río Grande (Tierra del Fuego).

El caso de SAIPEM fue diferente, dado que en el momento de la anulación de los contratos la compañía se encontraba abocada a la construcción del Gasoducto Pico Truncado Buenos Aires. (Los ductos son otra de las actividades de esta empresa perteneciente al Grupo ENI del Estado Italiano).

Por lo tanto, la empresa paró los equipos perforadores, ordenadamente, en su base de Pico Truncado, a la espera de tiempos mejores.

En 1967, se aprobó la Ley 17.319, de Hidrocarburos, que facultaba al Poder Ejecutivo Nacional a otorgar permisos de exploración y concesiones temporales de explotación y transporte a compañías privadas.

Con el amparo de esta norma, se renegociaron dos de los contratos anulados: el de Pan American Argentina y el de Argentina Cities Services.

Se otorgaron numerosos permisos de exploración y se firmaron nuevos contratos de servicios de explotación, que crearon una demanda de equipos de perforación que no podía ser satisfecha, ya que los únicos equipos operativos en el país eran los que YPF tenía afectados al desarrollo de sus propios programas de exploración y explotación.

Ante tal panorama, las compañías privadas que tenían adjudicadas áreas y tenían programada la perforación de

pozos, no les quedó otra alternativa que convocar contratistas de perforación del exterior.

En esta ocasión, las empresas no arribaron en condición de contratistas sino como socios de compañías petroleras o de servicio argentinas. Tal fue el caso de Bidas/Cactus Drilling (después, Bidas); de Delta Drilling/Quitralco (después, Quitralco), Astra/Forenco (después, Astrafor) y Tecnicagua/Kerr McGee (después, Tecnicagua).

En el desarrollo del Yacimiento entre Lomas del consorcio APCO/Pérez Companc, las necesidades de perforar fueron cubiertas con la decisión de Pérez Companc de adquirir equipos perforadores en los Estados Unidos e incorporarlos al parque de equipos de Pulling y WO que ya se encontraban operando.

A su vez, para SAIPEM llegó la oportunidad que estaba esperando para poner a trabajar a los equipos perforadores estacionados en su base de Pico Truncado.

Paralelamente, YPF no podía cumplimentar sus programas de perforación con las máquinas operativas de las que disponía. Así, decidió recurrir a las compañías independientes.

Esta posibilidad de una fuente de trabajo con cierta continuidad despertó el interés de estas nuevas compañías perforadoras de crecer, de poner más equipos en un mercado que, sin duda alguna, iba a tener que expandirse, teniendo en cuenta que la producción anual de petróleo había descendido desde 15,4 millones de metros cúbicos en 1963 hasta 5,6 millones en 1965, en relación directa

## PRESENTES EN CINCO GRANDES ESTACIONES QUE GENERAN ENERGÍA LIMPIA\*



**SIMBA-CHILCA**  
Enersur S.A.  
600 Mw  
PERU

**FUJAIRAH**  
Arabian Bemco  
300 Mw  
UAE

**MARIB I**  
Arabian Bemco  
300 Mw  
YEMEN

**KALLPA**  
Inkia Energy  
600 Mw  
PERU

**MEJILLONES**  
Regasificación GNL  
Suez Energy  
350.000 m<sup>3</sup>/h  
CHILE

\* En calidad de EPC, Estación de Regulación, Filtración y Medición, Instrumentación y Control.



**5 Proyectos de Energía en 2 años.**

**5 Realidades de Exportación.**

Av. Monroe 5760 3º y 4º Piso  
[C1431CBD] C. A. de Buenos Aires  
Tel: (54.11)4522-8777/8680/8848  
[www.tormeneamericana.com.ar](http://www.tormeneamericana.com.ar)



a. marshall moffat®

Since 1952

# UN SOLO TEJIDO IGNÍFUGO PARA **TODAS** LAS NECESIDADES, UN DISEÑO PARA CADA EMPRESA

ARCO ELÉCTRICO • FLAMABILIDAD • SOLDADURA • SALPICADURA DE METALES FUNDIDOS



Cumpliendo con las siguientes Normas:

NFPA 70E | NFPA 2112 | EN 531 | EN 470 | IRAM 3878:2000

**INDURA**  
*Ultra Soft*



A. MARSHALL MOFFAT S.A.  
ISO 9001 : 2000  
A 16788

Sucursales propias en:

ARGENTINA

VENEZUELA

BRAZIL

CHILE

USA

CONSULTAS TÉCNICAS  
**0800-222-1403**

Av. Patricios 1959 (1266)  
Capital Federal - Buenos Aires  
[www.marshallmoffat.com](http://www.marshallmoffat.com)

(011) 4302 - 9333 - Cap. Fed.

(011) 4343-0678 - Centro

(0297) 454-9689 - Bahía Blanca

(0299) 443-3211-6139 - Neuquén

con la disminución de pozos perforados en el período.

Los equipos que faltaban estaban ahí nomás, detrás del alambrado de las playas, donde habían quedado depositados. Los de Transworld y Loffland fueron adquiridos por Bridas/Cactus. Los equipos de Southeastern ya habían pasado a manos de YPF. Finalmente, y recurriendo a la tradicional artesanía que nos caracteriza, se fueron reconstruyendo todos los equipos parados posibles, que pasaron a engrosar el parque de equipamiento disponible.

Cuando se produjo la transformación de YPF en sociedad anónima, la perforación fue considerada una actividad no estratégica para la empresa, razón por la cual –y de acuerdo con el sindicato– se organizó una compañía perforadora con equipos cedidos por YPF y gerenciada por el gremio, con las tarifas que regían en el mercado y trabajo garantizado para todas sus máquinas. Lamentablemente, no pudo sobrevivir.

El parque total de equipos en el país llegó a un máximo de 108 máquinas en condiciones de operar. No obstante, afectado por los altibajos de la demanda ligada a los precios del crudo, alcanzó un máximo de 87 máquinas en actividad en abril de 2008 y bajó a 46 en junio de 2009.

En la actualidad, las compañías perforadoras que permanecen en actividad en el mercado argentino después del arribo de nuevas empresas perforadoras, las compras, las ventas y las fusiones habidas a lo largo del tiempo son: San Antonio, DLS; Key Energy; Helmerich & Payne; En-

sign; Nabors; Well Pro; Estrella; Petreven y Verver.

La novedad más notable en el servicio de perforación de pozos de los últimos tiempos ha sido la contratación, por parte de Petrobras, de equipos perforadores hidráulicos robotizados, que emplean menos personal (razón por la que encuentran la oposición del gremio), aceleran los tiempos operativos y producen menos accidentes del personal.

Como un retorno a las fuentes, una de las últimas incorporaciones al parque de equipos perforadores está protagonizada por YPF, que adquirió cinco equipos perforadores hidráulicos robotizados Drilmec de última generación, que ha dispuesto poner en marcha mediante su operación con terceros.

Algunos adelantos de la tecnología de la perforación en este último medio siglo:

- Los equipos perforadores de accionamiento eléctrico CC – CC.
- La inspección no destructiva de los tubulares.
- La perforación con trépanos *jet* y la hidráulica de la máxima potencia en el fondo.
- Los lodos con lignosulfonatos como fluidificantes y para control del filtrado.
- La perforación con aire.
- La perforación con lodos aireados.
- Las coronas sacatestigos con herramienta de corte impregnada con diamantes.
- Los lodos de emulsión inversa para inhibición de las arcillas.



### “Servicios a la industria para el cuidado del Medio Ambiente y La Seguridad”

- Área de Auditorías en el marco de la Res. SE N° 404/94 y Res. SE N° 785/05
- Área de Seguridad e Higiene Industrial
- Área de Medio Ambiente
- Área de Consultoría
- Área de Capacitación



Tte. Rangunci 3061 (1824) - Lanús Oeste - Pcia de Buenos Aires  
(011) 4249-9200/ 0800-222-MASS (6277) info@masstech.com.ar



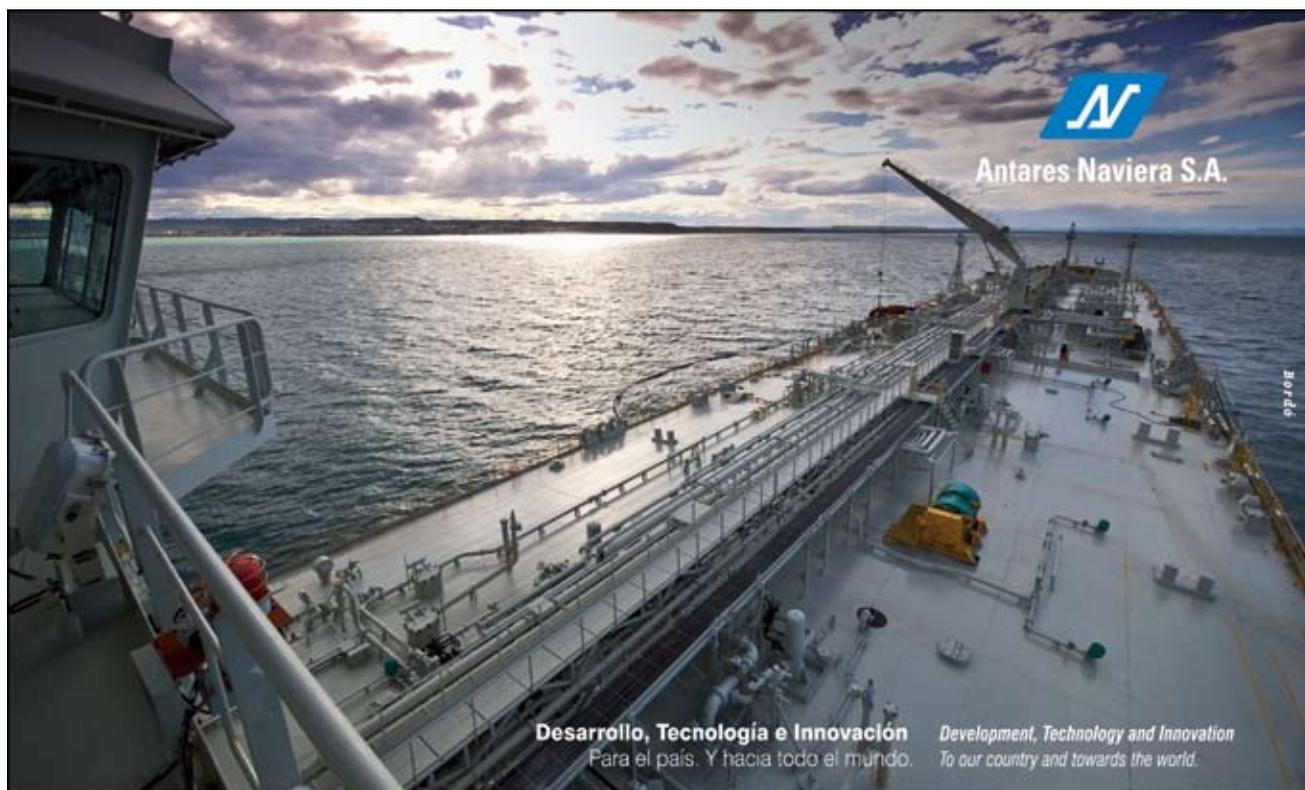
www.masstechargentinasa.com.ar



- La cementación de pozos con colchones lavadores y el bombeo del desplazamiento que provoca flujo turbulento.
- Las técnicas y el equipamiento para el control de surgencias.
- El uso del exponente D para la detección de capas anormalmente presurizadas.
- Subestructuras más altas. Como parte de las técnicas del control de surgencias, se incrementó el número de válvulas BOP y carretes en boca de pozo, lo que motivó la elevación de la altura de las subestructuras de los mástiles y causó que dejara de usarse la subestructura *box on box* que está compuesta por dos estructuras construidas con perfiles de acero cuya geometría es la de un paralelepípedo de sección rectangular y que van posicionadas una sobre la otra. Sobre ambas, va montado el mástil del equipo de perforación y la mesa *rotary*. Una vez montada, la subestructura formada por los dos *boxes* tendrá, en la sección donde apoya el mástil, la misma capacidad que la máxima carga estática en el gancho del mástil más su peso. En la sección de apoyo de la mesa *rotary*, tendrá la misma capacidad que la máxima carga estática en el gancho del mástil. La altura máxima y los tiempos de montaje de las subestructuras *box on box* no pudieron competir con los de las subestructuras que se elevaban en forma simultánea con el mástil, que fue desplazada por los mástiles provistos de subestructura autoelevable.
- Los equipos perforadores de accionamiento eléctrico AC-CC con sistema SCR de distribución de potencia.
- La perforación direccional con motores de fondo.
- La zaranda del lodo de movimiento lineal (*linear motion*).
- El instrumento MWD para la medición de la inclinación y el rumbo del pozo en tiempo real.
- El estudio ergonómico de las tareas en boca de pozo.
- Los trépanos PDC.
- El *top drive*.
- La inspección de tubulares para detección de fisuras por fatiga Norma API DS-1TM (T. H. Hill).
- La perforación en surgencia (*underbalance*).
- El lodo de bajos sólidos a base de polímeros (PHPA).
- La perforación con la tubería revestidora (*casing drilling*).
- El control mecánico de la verticalidad de la perforación (*rotary steerable system*).
- La locación seca (*closed loop*).
- Los equipos perforadores hidráulicos robotizados. ■

**Notas**

1. Salas, Horacio. *Centenario del Petróleo Argentino*, Tomo II, p. 15, IAPG.



Bouchard 547 / Piso 21 / C1106ABG / Buenos Aires / Argentina  
 Tel. (54-11) 4317-8400/8421 / Fax (54-11) 4317-8403  
 www.antaresnaviera.com / info@antaresnav.com.ar



# >> Vanguardia en Tecnología



**NABORS INTERNATIONAL ARGENTINA S.R.L.**

Una empresa de Nabors Drilling International Ltd.

**WWW.NABORS.COM**

RODRIGUEZ PEÑA 680 - LUZURIAGA (5513)  
MAIPÚ - MENDOZA - ARGENTINA  
TELÉFONO: (54-261) 405-1100 - FAX: (54-261) 405-1120



**RIG 542**