

UTILIZACIÓN DE ANCLAS DE FORMACION PARA ENTUBACIONES DE ERFV

Carlos Mierez, Fernando Gallardo
Smith-Reumann – A Smith International Company

SINOPSIS

Con la aplicación de la técnica de recuperación secundaria, aparecieron los problemas relacionados con la corrosión en los revestimientos de los pozos.

Una de las posibles soluciones aplicable al problema de la corrosión llegó con la difusión de la utilización de cañerías Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV).

La menor densidad de este material respecto al acero, trae aparejada una mayor flotabilidad. Este efecto dificultaba la estabilidad del *casing* durante la operación de cementación, ocasionando problemas operativos cuando las presiones diferenciales generan fuerzas que tienden a expulsar la tubería del pozo.

Para solucionar este problema, se desarrolló una herramienta que permite anclar la tubería a la formación, evitando el movimiento anteriormente mencionado de la misma.

El ancla es una herramienta de accionamiento hidráulico que se utiliza en conjunto con un dispositivo hidráulico de circulación. Posee un sistema de cuñas de anclaje con un amplio rango de expansión, con un máximo de 380 mm (15 pulg). La capacidad de anclaje varía de acuerdo al grado de expansión de las cuñas desde 18160 kg (40000 lbs) hasta 12260 kg (27000 lbs).

De acuerdo a lo calculado para las condiciones de un pozo típico, entubado con revestimiento de ERFV de 5 ½" de 1100 mts de profundidad con un lodo de 1100 gr/lts y cementado con una lecha de 1500 gr/lts la fuerza que ejerce la columna sobre el ancla es del orden de los 8600 kg (19000 lbs).

Hasta el momento se han realizado 76 operaciones con esta configuración.

La utilización de esta herramienta permite descartar el único condicionante que tiene los *casing* de ERFV para su utilización en los pozos inyectoros.

INTRODUCCION

A lo largo del tiempo que se está utilizando la recuperación secundaria (inyección de agua), se detectó que los problemas relacionados con la corrosión de la tubería y de los revestimientos de los pozos (pinchaduras, roturas, pérdidas de tramos completos, etc.) ocasionaron serios problemas operativos. El proceso de corrosión se ve acelerado por las características químicas del agua de inyección.

Cuando la corrosión afectó la tubería, generó una pérdida económica, pero el problema pudo ser remediado mediante operaciones de intervención de pozos, en cambio no ocurrió lo mismo cuando se vio afectado el revestimiento, ya que algunos casos derivaron en la pérdida total del pozo.

A causa de los inconvenientes mencionados anteriormente y la aparición de revestimientos de Epoxi Reforzado con Fibra de Vidrio (ERFV), con propiedades mecánicas (resistencia a la presión y al anclaje de herramientas de aislación (*packers*)) y químicas (resistencia a la corrosión) compatibles con las condiciones en los pozos de la cuenca Neuquina, se comenzó a estudiar la posibilidad de entubar los pozos con este nuevo material.

Luego de analizar la viabilidad del proyecto se llegó a la conclusión que el único inconveniente era la elevada flotabilidad del material causada por su bajo peso específico (aproximadamente un 25% del peso específico del acero).

Operativamente, esta última característica produce una inestabilidad del *casing* durante la cementación. Esta inestabilidad es causada por las presiones diferenciales que genera la lechada de cemento debido a su mayor densidad al momento de finalizar el desplazamiento y hacer tope tapón, las cuales se ven traducidas en fuerzas ascendentes que tienden a expulsar la tubería del pozo.

DESARROLLO

La única solución al problema de la flotabilidad era contar con un vínculo mecánico entre el extremo inferior de la entubación y la formación. Esta solución se materializó con el desarrollo de una herramienta denominada *ancla hidráulica de formación*.

El ancla de formación fue diseñado para soportar la tracción (tensión) a la que lo somete el revestimiento de ERFV cuando es afectado por presiones diferenciales que crean fuerzas ascendentes que superan el peso de éste mientras lo mantiene anclado a la formación.

Este desarrollo se realizó para acompañar el proyecto de PETROBRAS ENERGIA, en la entubación de pozos que emplean éste tipo revestimiento (ERFV) en el Yacimiento Puesto Hernández. Para lo cual se tomaron en consideración los cálculos de movimiento de tuberías ofrecidos por el proveedor de los revestimientos de ERFV y la resistencia de la formación.

Consideraciones sobre el diseño de la herramienta

Analizando las características mecánicas del *casing* de ERFV se llegó a la conclusión de que la mejor alternativa para accionar la herramienta es el sistema hidráulico, ya que de esta manera se evita maniobrar con la columna. Además, el hecho de contar con amplios diámetros, permitió disponer con áreas de trabajo importantes, lo que favoreció trabajar con presiones dentro del rango soportado por el revestimiento, incluso permitiendo operar el dispositivo hidráulico de circulación.

Anticipando la posibilidad de que las cuñas de anclaje pudieran arrastrar la formación o que el pozo tuviera un *caliper* mayor que el esperado para el trépano utilizado, se trabajó en el diseño de un sistema de cuñas con un amplio rango de expansión, alcanzando un máximo de 380 mm (15 pulg.).

En cuanto a la capacidad de carga del anclaje, la herramienta soporta un máximo de 18160 kg (40000 libras) con una apertura de cuñas de 280 mm (11 pulg.), reduciéndose esta capacidad a 12260 kg (27000 lbs) cuando el sistema de cuñas alcanza su apertura máxima de 380 mm (15 pulg.).

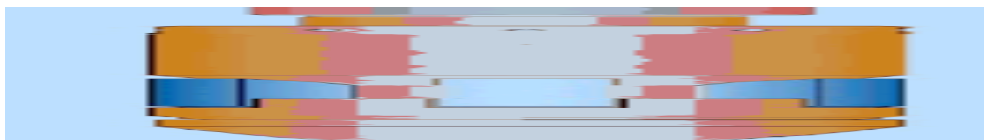


Fig. 1. Herramienta en etapa de diseño



Fig. 2. Herramienta en locación.

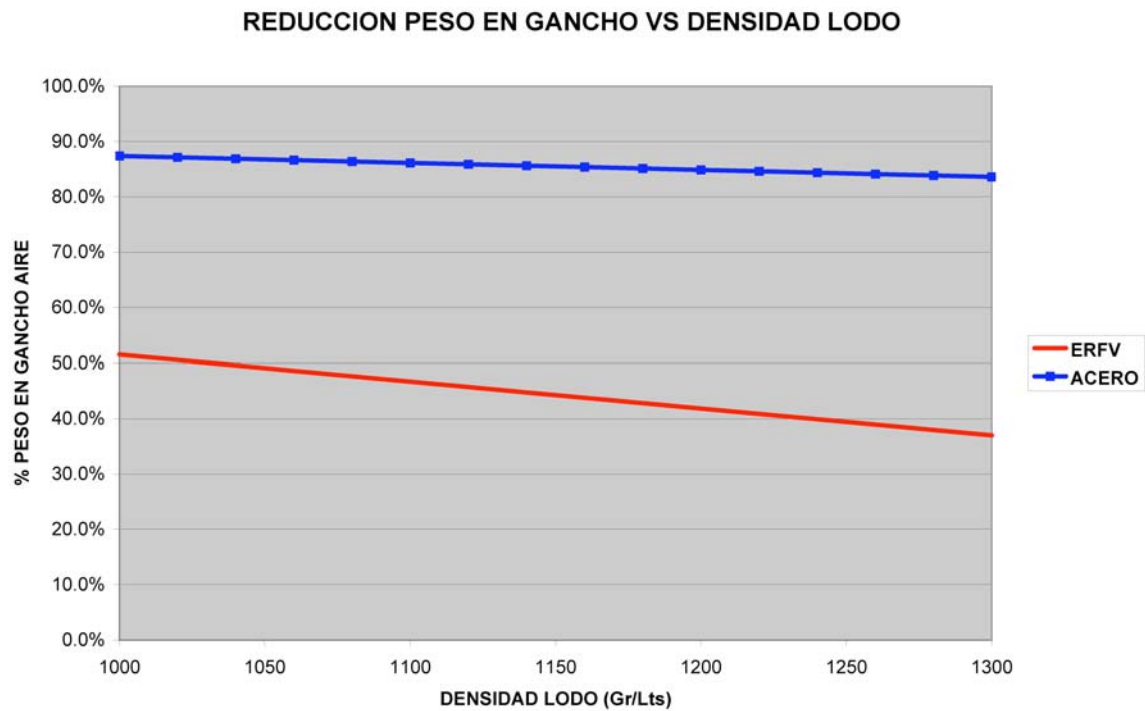
Análisis de las fuerzas actuantes

A continuación se realiza un estudio de las fuerzas actuantes sobre un entubado de ERFV de 5,5" de 1100 mts de profundidad y se lo compara con un entubado con un típico *casing* de acero de 5,5" (15,5 lb/pie).

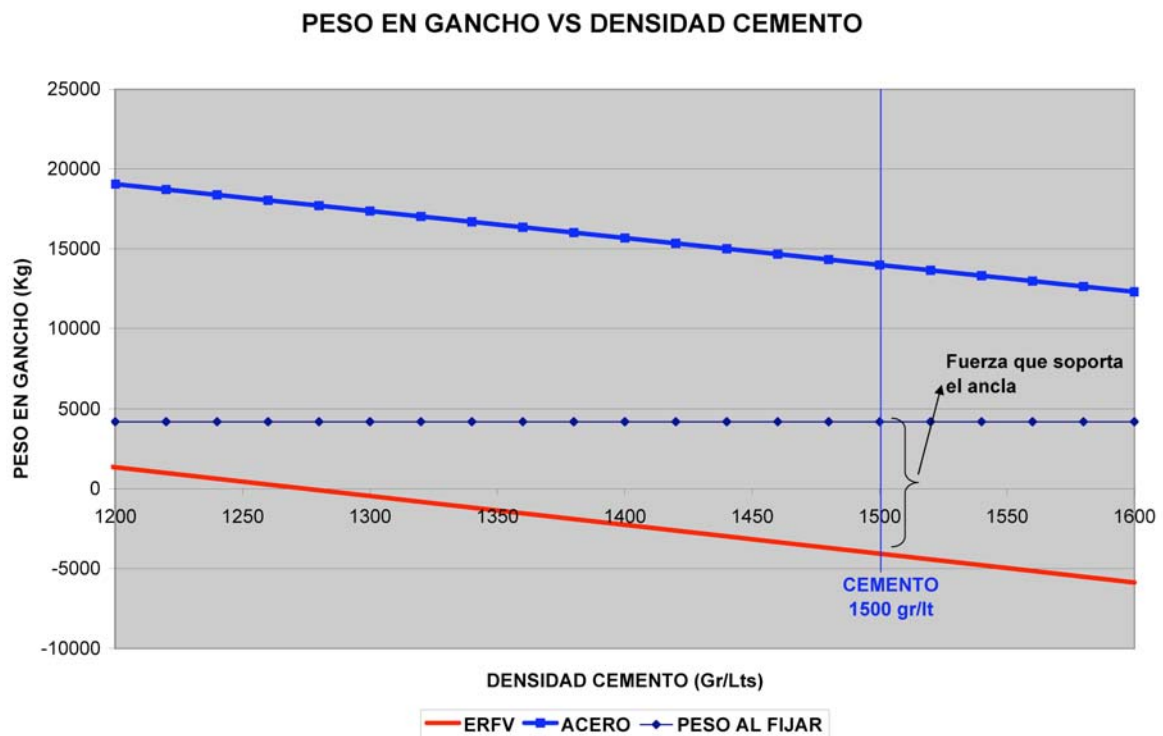
	Unidades	ERFV 5,5" DHC400	Acero 5,5" 15,5 lb/pie
Diámetro Exterior	mm (pulg)	143,51 (5,65)	139,7 (5,5)
Diámetro Interior	mm (pulg)	123,19 (4,85)	125,73 (4,95)
BOD (Box Outside Diameter)	mm (pulg)	172,72 (6,80)	153,67 (6,05)
Área Efectiva (Sección Transversal)	cm² (pulg²)	42,56 (6,597)	29,12 (4,514)
Longitud del Casing	m (pie)	9 (29,5)	Variable
Peso Unitario	kg/m (lb/pie)	8,78 (5,9)	23,08 (15,5)
Peso del entubado en aire @ 1100 mbbp	kg (lb)	9658 (21293)	25388 (55971)
Presión Hidrostática H2O @ 1100 mbbp	kg/cm2 (psi)	111,1 (1580)	111,1 (1579,8)
Peso del entubado en H2O @ 1010 gr/lts	kg (lb)	4929,6 (10858)	22152,8 (48795)
Fuerza de flotación en H2O @ 1010 gr/lts	kg (lb)	4728,4 (10435)	3235,2 (7126)
Presión Hidrostática Cemento @ 1100 mbbp	kg/cm2 (psi)	165 (2346)	165 (2346)
Peso del entubado en Cemento @ 1500 gr/lts (12,56 ppg)	kg (lb)	2636 (5825)	20583 (45338)
Fuerza de flotación en Cemento @ 1500 gr/lts (12,56 ppg)	kg (lb)	7022 (15468)	4805 (10583)

Como se puede observar en la tabla precedente, el peso de una tubería de ERFV sumergida en agua se reduce en un 49% respecto al peso de la tubería en el aire, mientras que para una tubería de acero el peso solo se reduce en un 13%.

A continuación se ilustra como se incrementa la reducción del peso en el gancho según aumenta la densidad del fluido del pozo en una columna de ERFV con respecto a una columna entubada con *casing* de acero tradicional. Se considera al 100% como el peso en el aire.



Como la función del ancla es retener la tubería en la posición deseada antes de realizar la operación de cementado, a continuación se muestra como afecta la flotación en un entubado de ERFV comparado con uno de acero tradicional luego de finalizada la operación de cementación.



Esta situación representa el caso más desfavorable para la tubería (*casing*), el gráfico fue realizado para distintas densidades de lechada del pozo, considerando que el interior del *casing* está lleno con agua con una densidad de 1010 gr/lts (es decir al finalizar la operación, luego de realizar el desplazamiento).

Analizamos el caso del ejemplo:

	Unidades	ERFV 5,5” DHC400	Acero 5,5” 15,5 lb/pie
Peso del entubado en lodo @ 1100 gr/lts (9,18 ppg)	kg (lb)	4508 (9938)	21864 (48202)
Peso del entubado en Cemento @ 1500 gr/lts (12,56 ppg)	kg (lb)	-4064 (-8959)	13984 (30829)
Fuerza de anclaje @ 1500 gr/lts (12,56 ppg) (Fza. Ascendente)	kg (lb)	8572 (18898)	7880 (17372)

Como se puede observar en la tabla precedente, de no tener una vinculación mecánica el *casing* de ERFV flotaría, elevándose por encima de la boca de pozo, dado que la fuerza de flotación a la que está sujeto es mayor que la del peso sumergido.

Al colocar el ancla hidráulica de formación el *casing* tiene una vinculación mecánica a la formación que sostiene la fuerza ascendente, por lo que el ancla estará sometida a una fuerza de 8572 kg (18898 lbs).

Descripción de una instalación típica

La descripción que se realiza a continuación corresponde a las instalaciones con *casing* de ERFV de 5 ½”.

Una vez finalizado el programa de perforación y previo a la entubación del pozo, se debe realizar un perfil para determinar el diámetro de la zona de anclaje (*caliper*).

Para entubar un pozo con un *casing* de ERFV, la columna de entubado estará compuesta por los siguientes elementos (de acuerdo al orden de ingreso al pozo):

- Ancla de Formación
- *Tubing* 3 ½ 8 Rd
- Dispositivo de Cementación (Conexiones: Superior 5 ½” 4 Rd Box - Inferior 3 ½” 8 Rd Pin)
- *Casing* ERFV 5 ½”- DHC 400 (cantidad de acuerdo a la profundidad del pozo, long. de *casing* 9 mts)
- Transición 5 ½” 4 Rd (Pin) – 5 ½” 8 Rd (Box)
- *Casing* Colgador Acero Inoxidable
- Cupla de Acero
- Trozo de Maniobra de Acero

Cabe considerar que previamente a realizar la operación y con los datos proporcionados por las distintas compañías (profundidad del pozo, datos de accionamiento de las herramientas, densidades de lodo y de cemento, etc.), el proveedor del revestidor de ERFV debe proporcionar los datos del movimiento de tubería (pesos, estiramientos, etc.).

Una vez en profundidad se coloca la cabeza de cementación y se conectan las líneas del equipo.

Se lanza la bola para cegar la directa y se coloca el tapón de desplazamiento en cabeza de cementación.

Se monta la celda de cargas electrónica para el control de pesos (excepto que el equipo cuente con un registrador electrónico) y se conectan las líneas del cementador a la cabeza y se registra el peso como valor de referencia.

Con los datos del *tally* de la tubería y el estiramiento proporcionado se profundiza la columna para que al terminar la operación la boca de pozo quede a la altura deseada.

Con la cupla en la posición deseada (de acuerdo a los datos de estiramiento proporcionados por el proveedor del *casing* ERFV) para el comienzo de las operaciones, se marca sobre el tubo de maniobra un nivel de referencia respecto de la subestructura para futuros controles de medición de estiramientos.

Con la bomba del cementador, se presuriza la directa con 650 psi para fijar el Ancla de Formación. (Un momento antes de abrir el ancla deben registrarse aproximadamente 19.600 lb., que vuelve a las 7620 lb. iniciales, luego de abierta).

Una vez fija el ancla se tensiona 10000 lb. por encima del peso sumergido para comprobar anclaje, luego de verificado el correcto anclaje descargar esta tensión.

A continuación se presuriza por directa 1.250 psi para abrir dispositivo de circulación. (Un momento anterior a la apertura del dispositivo con la presión mencionada, debe notarse un incremento de tensión máxima del orden de 25.400 lb, que se liberan al abrir, quedando el peso registrado en las 7620 lbs iniciales).

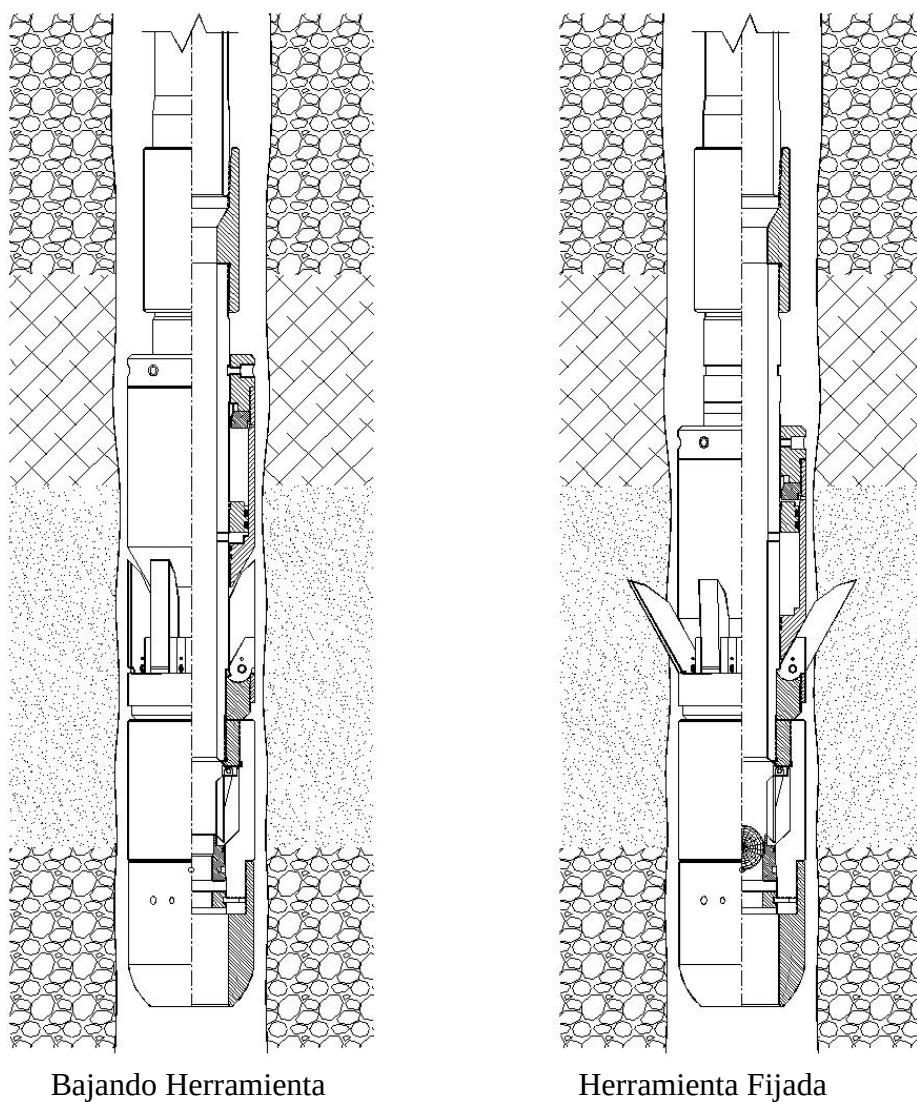
Previo a realizar el programa de cementación, y para contrarrestar la compresión generada en los *casing* de ERFV de abajo durante la misma, se debe tensionar la tubería con 12000 lb adicionales.

A continuación se circula el pozo para acondicionar el lodo observando los parámetros reológicos solicitados por el programa de cementación.

Se ejecuta el programa de cementación, finalizado el bombeo de la lechada principal, se lavan líneas, se lanza el tapón de desplazamiento. Se desplaza el tapón con agua dulce, reduciendo el caudal de bombeo sobre el final del desplazamiento y se verifica la presión final de cementación (tope tapón).

Al hacer tope tapón, se presuriza la directa con 700 psi adicionales por encima de la presión final de operación para cerrar el dispositivo de cementación, a continuación se incrementa la presión hasta 2000 psi para expulsar tapón (*shear-out*).

Expulsado el tapón finaliza la operación, debiéndose esperar fragüe de cemento.



Bajando Herramienta

Herramienta Fijada

Fig. 3. Funcionamiento de la herramienta (en la imagen no se incluye el dispositivo de circulación)

Ejemplos de Utilización

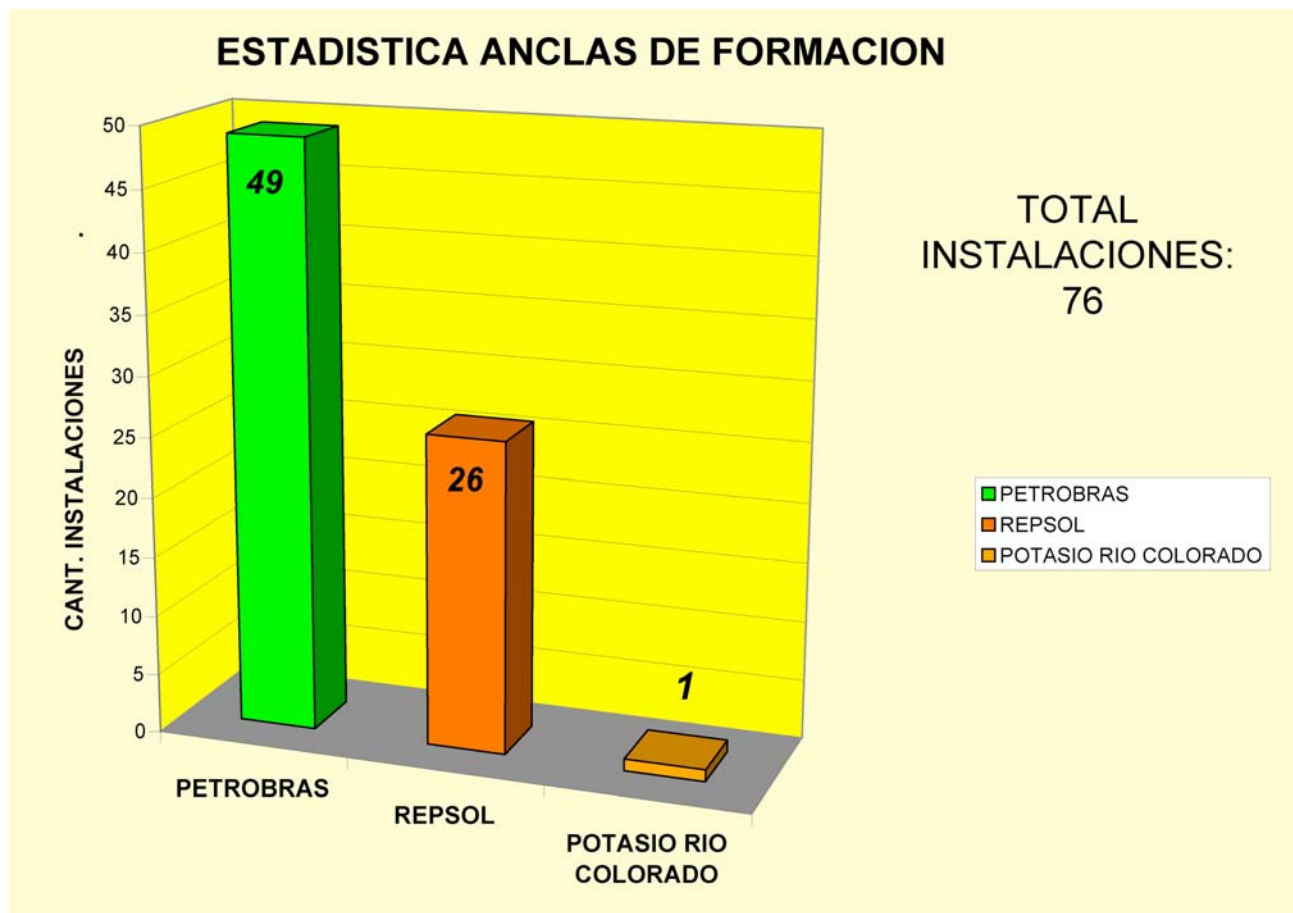
Etapa		Presión Teórica Mín (PSI)	Presión Teórica (PSI)	Presión Teórica Máx (PSI)	Presión Real PH-1655 (PSI)	Presión Real PRC-M1 (PSI)
Fijado (P1)	Ancla	561	660	759	655	630
Apertura Dispositivo (P2)		1056	1242	1428	1180	1330
Expulsión Tapón (P3)		1530	1800	2070	1850	1930

Estadística de las Instalaciones

Este sistema de anclaje se viene utilizando desde julio de 2004, cuando en el pozo PH-1102 del Yacimiento Puesto Hernández se bajó la instalación piloto.

Hasta el momento de realizar esta presentación se han realizado 75 operaciones en los yacimientos Puesto Hernández (Petrobras) y Desfiladero Bayo Este (Repsol YPF), donde se han utilizado exitosamente este sistema de anclaje.

La última instalación que se efectuó fue en julio de 2007. La particularidad de esta instalación, es que no fue realizada dentro de la actividad petrolera (aunque se utiliza un método de pozos inyectores y productores similares a los de petróleo) sino que fue realizada en una mina de potasio, donde el mineral se extrae solubilizado en una salmuera.



CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto, el condicionante que tiene este tipo de revestimiento (la flotabilidad) para ser utilizado, puede ser descartado mediante la utilización del ancla hidráulica de formación.

Esta herramienta proporciona un vínculo mecánico entre la columna de revestimiento y la formación. Este vínculo transmite la fuerza ascendente debida a la flotación a la formación, restringiendo el movimiento del casing.

BIBLIOGRAFIA

Experiencia de Uso de Casing de ERFV en Yacimiento Puesto Hernández de Petrobras Energía
José Daniel Martín – Jorge Szoke Urquiza – Luis Pedro Sajoux (Petroplastic)
Daniel Peralta (Petrobrás – CTA)
3^{er} Congreso de Producción – Mendoza

CV de los AUTORES

Carlos Mierez. Actualmente se desempeña como *Technical & Marketing Country Manager* para Argentina. Posee 27 años de experiencia en la industria, en las áreas de cementación, estimulación, fractura, ensayo y terminación de pozos. Anteriormente se desarrolló actividades en Halliburton, Weatherford y Schlumberger.

Fernando Gallardo. Ingeniero Mecánico (UTN-FRBB). Actualmente se desempeña como *Technical Service Engineer*. Posee 5 años de experiencia en diseño mecánico, principalmente en herramientas de fondo de pozo. Anteriormente se desempeñó como ingeniero de desarrollo en Invap Ingeniería S.A.