

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO Y PETROQUIMICA



"MODIFICACION DEL DIAMETRO DE LOS
"DRILL COLLARS" ("BOTELLAS") PARA LA
PERFORACION DE INTERVALOS INTERMEDIOS EN
POZOS PROFUNDOS DEL NOROESTE DEL PERU "

**TITULACION POR EXAMEN PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE PETROLEO**

JULIO CESAR TALLEDO SAAVEDRA

LIMA - PERU

- 1995 -

A: "Mery", Silvia y Diana

**MODIFICACION DEL DIAMETRO DE LOS "DRILL COLLARS" ("BOTELLAS")
PARA LA PERFORACION DE INTERVALOS INTERMEDIOS EN POZOS
PROFUNDOS DEL NOROESTE DEL PERU.**

INDICE

I. ANTECEDENTES

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Descripción Geológica y Litológica.
- 1.3 Diseño de Pozos. Programa de Revestimiento.
- 1.4 Prácticas de Perforación. Sarta Tubular.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS PARA EL DISEÑO DE LOS "DRILL COLLARS"
EN INTERVALOS INTERMEDIOS.

- 2.1 Origen de la Desviación.
- 2.2 Efecto de la Rigidez.
- 2.3a Diámetro Efectivo del Hueco.
- 2.3b Estabilización de la Sarta.
- 2.4 Número de "Botellas" en la Sarta.

III. SELECCION DE LA SARTA APROPIADA PARA INTERVALOS INTERMEDIOS

- 3.1 Tamaño de las "Botellas".
- 3.2 Tipo de Conexiones.
- 3.3 Diseño de la Sarta Tubular.
- 3.4 Selección Conjunto de Fondo.

IV. APLICACION EN POZOS DEL YACIMIENTO REVENTONES.

- 4.1 Tipo de Sarta de Perforar Empleada.
- 4.2 Parámetros de Control, Peso Sobre la Broca y Desviación.
- 4.3 Resultados en el Avance de Perforación.

V. DATOS ECONOMICOS

- 5.1 Inversiones
- 5.2 Costos

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**MODIFICACION DEL DIAMETRO DE LOS "DRILL COLLARS" ("BOTELLAS")
PARA LA PERFORACION DE INTERVALOS INTERMEDIOS EN POZOS
PROFUNDOS DEL NOROESTE DEL PERU.**

I. ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCION

La perforación de Pozos Exploratorios y de Desarrollo ha sido más delicada y compleja a medida que se ha penetrado horizontes más profundos.

La naturaleza de las Operaciones de Perforación y Completación de Pozos, las cuales incluyen riesgos e incertidumbres, ha obligado a examinar con más detenimiento cada uno de los factores que afectan el éxito de las mismas.

Conforme los pozos se hacen más profundos, ha surgido la necesidad de colocar varias sartas de revestimiento a fin de minimizar o evitar problemas derivados de la sensibilidad de las formaciones a los fluidos de perforar, presencia de zonas de presiones anormales y gradientes de fracturamiento bajas.

En el Yacimiento Reventones, Talara, los pozos son relativamente profundos y es precisamente una de las zonas de perforación difícil en el país; estos pozos se completan con tres sartas de revestimiento: Superficial (13-3/8" Ø), Intermedio (9-5/8" Ø) y Central (5-1/2" Ø).

En este trabajo se presenta una experiencia en la

identificación de la dificultad encontrada para optimizar el peso sobre la broca en la perforación de los huecos Intermedios (12-1/4" Ø) de este Yacimiento, debido al diámetro reducido de las botellas de perforar empleadas. Se hace un análisis del problema y se comenta la solución dada.

1.2 DESCRIPCION GEOLOGICA Y LITOLOGICA

El Yacimiento Reventones se encuentra ubicado en la Cuenca Sedimentaria Talara, en el Nor-Oeste del país, y pertenece a los campos que constituyen la denominada Area Lima. Específicamente, está situado en el Distrito El Alto, Provincia Talara, Departamento Piura (Fig. 1).

Desde el punto de vista geológico, el cuadro estructural del Yacimiento ha sido definido por bloques en base a dos sistemas de fallas normales; uno principal que comprende las fallas llamadas Sinches, Reventones y Taiman, y otro secundario constituido por fallas menores que son casi perpendiculares a las principales y pueden haber sido originadas como consecuencia de éstas.

La sección petrolífera principal del área está constituida por la Formación Basal Salina y las Formaciones San Cristóbal, Mogollón y Ostrea. La primera de las nombradas constituye el objetivo principal del Yacimiento y está constituida por areniscas, areniscas conglomeráticas y conglomerados de cuarzo, cuarcitas y chert, con

intercalaciones menores de lutitas y limolitas. El tope de la misma se encuentra a una profundidad promedio de 7,800 pies y tiene un espesor promedio de 300 pies.

El objetivo secundario lo constituyen las Formaciones San Cristóbal, Mogollón y Ostrea, que están constituidas por intercalaciones de conglomerados, areniscas y lutitas. El tope de la formación Ostrea se consigue a una profundidad promedio de 3,500 pies.

Como parte superior de la columna estratigráfica en el Yacimiento Reventones, se encuentran las Formaciones Clavel, Echino, Terebrátula, Lobitos y Hélico, que forman un paquete constituido por lutitas e intercalaciones de lutitas con areniscas. La secuencia estratigráfica atravezada se muestra en la Fig.2

1.3 DISEÑO DE POZOS. PROGRAMA DE REVESTIMIENTO

Practicamente están identificadas las causas de los problemas en el área Reventones, razón por la cual la planificación de los pozos trata de anular o eliminar estas causas. El diseño típico de los pozos es como sigue (Fig. 3).

Revestimiento Superficial de 13-3/8" asentado y cementado a $\pm 300'$.

- Revestimiento Intermedio de 9-5/8" asentado y cementado a $\pm 3,500'$.

Este revestidor se asienta en la profundidad

correspondiente al tope de la Formación Ostrea cubriendo las lutitas inestables y de baja presión, a fin de permitir unas condiciones de operación seguras en la continuación de la perforación del pozo.

- Revestimiento Producción de 5-1/2" asentado y cementado a la profundidad final \pm 8,100'.

El hueco de superficie se perfora con broca de 17-1/2" \emptyset y no reviste mayor problema; se utiliza lodo natural (agua + bentonita).

El hueco intermedio se perfora con broca de 12-1/4" \emptyset normalmente hasta el tope de la Formación Ostrea; se utiliza lodo lignosulfonato como fluido de perforación, y la densidad varía entre 8.3 a 11.5 #/gal. Se cementa el revestimiento hasta la superficie.

El hueco de producción se perfora con broca de 7 7/8" \emptyset hasta la profundidad final y se corre el revestimiento central desde superficie. Se utiliza el mismo tipo de fluido de perforar, pero la densidad se incrementa progresivamente hasta alcanzar 13.0 #/gal. en la formación última. La cementación depende de las condiciones de cada pozo en particular.

1.4a PRACTICAS DE PERFORACION

En la perforación del hueco de superficie se utilizan brocas de dientes largos con crestas largas, bastante espaciados entre sí y profundamente enlazados entre cono y

cono. Este tipo de broca está especialmente recomendado para formaciones blandas como las alcanzadas en los primeros 300'. Se utilizan 3 chorros de 16/32" con el fin de obtener una buena limpieza del hueco.

Para la perforación del hueco intermedio se utilizan brocas de 12-1/4" \varnothing con chorros de 13/32" a objeto de mantener una potencia hidráulica adecuada en la misma y obtener flujo laminar en el espacio anular con velocidades aceptables frente a las botellas y tubería, para asegurar la extracción de los cortes.

Este hueco atraviesa formaciones constituidas por lutitas e intercalaciones de lutitas con areniscas, consideradas también como formaciones blandas, las cuales son perforadas generalmente con brocas de dientes largos que estadísticamente han registrado los mejores resultados.

Durante la perforación de este hueco se presentan con frecuencia derrumbes por la inestabilidad de las lutitas, y la escasa resistencia de la formación ocasiona también pérdidas de circulación inducidas, lo cual hace inconveniente un incremento de la densidad para reducir el problema de los desmoronamientos.

El problema tiende a agravarse porque, debido al ensanchamiento del pozo, la velocidad anular cae por debajo de los valores aceptables, tornándose deficiente la limpieza del hueco.

1.4b SARTA TUBULAR

Los diseños de la sarta de perforación para el hueco de superficie de 17-1/2" Ø e intermedio de 12-1/4" Ø se realizaban en base a la aplicación de pesos máximos sobre la broca de 10,000# y 25,000# respectivamente, y a una desviación que no debía exceder de 40 por requerimientos geológicos.

En un comienzo, la sarta empleada para el hueco de 17-1/2" Ø consistía en 6 botellas de 7" Ø (107.0#/pie) y tubería de perforar de 4-1/2" Ø x 16.6 #/pie. Como regla general se instalaba un estabilizador sobre la broca y otro a 60 pies.

En el caso del hueco de 12-1/4" Ø, se utilizaban hasta 15 botellas de 7" Ø (107.0 #/pie), completándose la columna con botellas de 6-1/4" Ø (83 #/pie) en caso necesario, y tubería de perforar de 4-1/2" Ø x 16.6 #/ft. También como regla común se empleaban dos estabilizadores, uno sobre la broca y otro a 60 pies, o solo este último dependiendo de la tendencia de desviación del pozo.

Con la combinación de botellas de 7" Ø y 6-1/4" Ø en número promedio de 21, se alcanzaba el peso deseado, manteniéndose el punto neutral de carga muy por debajo del tope de las botellas. Como la mayoría de botellas de 7" Ø registraban pérdida de su diámetro externo y por lo tanto menos peso por pie, la cantidad de las mismas variaba, adicionándose botellas de 6-1/4" Ø para lograr el peso

sobre la broca señalado.

El empleo de estabilizadores ubicados en la parte inferior de la columna de botellas, y en la posición indicada, era una medida para estabilizar la broca y reducir en parte la tendencia a la desviación.

En la búsqueda de una mayor penetración que permitiera reducir los tiempos de ejecución del tramo intermedio, se puso de manifiesto la dificultad de incrementar el peso sobre la broca para conseguir mayor avance, dada la tendencia a desmoronarse de la zona que reducía la efectiva alineación de la broca. Además, se encontró que la sarta empleada resultaba flexible, es decir el conjunto de fondo del pozo no tenía la suficiente rigidez y contacto de pared, y también que la desviación se veía favorecida por la presencia de formaciones de estructura laminar con buzamiento, como las lutitas y areniscas.

Por lo tanto, había que diseñar un conjunto de fondo de modo que tenga la necesaria rigidez y las herramientas adecuadas de contacto con la pared del pozo para forzar la broca e ir en dirección vertical al aplicar mayor peso sobre la misma.

II. FUNDAMENTOS TEORICOS PARA EL DISEÑO DE LAS "BOTELLAS" EN INTERVALOS INTERMEDIOS.

2.1 ORIGEN DE LA DESVIACION

La desviación puede ser definida como el alejamiento de la trayectoria de la broca de la vertical del pozo. El pozo puede ser tanto vertical como inclinado y el alejamiento es en cualquier dirección.

A veces la desviación puede ser deseable, como en el caso de los pozos direccionales, o indeseable en el caso de los pozos verticales.

Aunque existen diferentes teorías sobre las causas que pueden ocasionar la desviación de un pozo, la mas común es la que resulta de la flexibilidad de la columna de perforación y de las fuerzas que actúan sobre la misma provocando su curvatura. Diferentes autores concuerdan, asimismo, que generalmente son mayores los problemas de pozos desviados en las formaciones laminares, tales como lutitas y areniscas que en las formaciones uniformes como calizas. Aún con el mejor conjunto de fondo es imposible perforar un pozo sin cambios de ángulo.

2.2 EFEECTO DE LA RIGIDEZ

Para apreciar la incidencia de la flexibilidad, es muy importante considerar el diámetro de las botellas y su relación con la rigidez, habida cuenta que el peso de una botella es directamente proporcional al cuadrado del

aumento del diámetro, mientras que su rigidez es directamente proporcional a la cuarta potencia de ese aumento. Esto significa, que con solamente un pequeño incremento en el diámetro, el peso de la botella aumentará notoriamente y la rigidez será mucho mayor, por eso deben escogerse las de mayor diámetro que sea posible usar sin riesgo.

Por ejemplo, una botella de 8" Ø pesa aproximadamente la mitad más y es el doble de rígida que una de 7" Ø. En otras palabras, si una barra de 7" se deflexiona 2" bajo cierta carga lateral, una barra de 8" sometida a la misma carga se desviará 1".

2.3 TEORIAS SOBRE EL TAMAÑO DE LAS BOTELLAS

2.3a Cálculo del mínimo diámetro efectivo del pozo

H. Woods y A. Lubinski establecieron que empleando una broca no estabilizada con botellas de poco diámetro se puede crear un pozo reducido o desviado, haciendo con ello difícil o imposible bajar la tubería de revestimiento. Ellos determinaron que el diámetro mínimo efectivo o diámetro útil del pozo puede ser igual al diámetro de la broca más el diámetro de la "botella" dividido por dos:

$$Dep = \frac{Db + Ddc}{2}$$

R.S. Hoch reformuló la ecuación de Woods y Lubinski estableciendo un medio para determinar el mínimo diámetro de las botellas colocadas sobre la broca que podría asegurar el descenso de la tubería de revestimiento con sus coples de mayor diámetro.

$$Ddc = 2 Dec - Db$$

Por ejemplo, si para un pozo de 12 1/4" Ø se baja tubería de revestimiento de 9 5/8" Ø que tiene coples de 10 5/8" de diámetro (10.625"), las botellas deberían tener un diámetro mínimo de:

$$2 \times 10.625 - 12.250 = 9"$$

Se concluye que las botellas de 9" Ø serían las de mínimo diámetro que deberían ser empleadas cerca de la broca para permitir el descenso de la tubería de revestimiento de 9 5/8" Ø.

2.3b Estabilización de la columna de botellas

Otro factor a considerar es el empleo de los conceptos de conjunto pendular o libero de fondo y del conjunto de fondo empaquetado o rígido para controlar el grado de curvatura mientras se perfora.

El conjunto pendular está compuesto por la broca y varias botellas de gran diámetro (un conjunto liso) o

bien puede tener uno o más estabilizadores ubicados en la columna de las botellas en una posición predeterminada sobre la broca. En este sistema, el objetivo es ubicar el estabilizador punto de apoyo tan alto como sea posible sobre la broca, siempre que las botellas no toquen la pared del pozo entre el estabilizador y la broca. Una adecuada ubicación es necesario para obtener el máximo esfuerzo de péndulo. Es aconsejable agregar un segundo estabilizador a 30 pies sobre el primero (punto de apoyo) para reducir la fuerza lateral sobre el mismo ayudando a prevenir que este "cave" dentro de las paredes del pozo con lo cual se lo hace más efectivo.

El conjunto de fondo empaquetado está formado por tres o más estabilizadores con una botella corta de gran diámetro entre el estabilizador cerca de la broca y el segundo estabilizador para evitar que ocurra doblamiento o pandeo entre aquellos estabilizadores. Una regla para determinar la longitud de la botella corta es hacerla de la misma longitud en pies que el diámetro del pozo en pulgadas, más o menos 2 pies.

En este sistema, el objetivo es sobreponerse a las tendencias de desviación del pozo y perforar forzando a la broca a ir derecha hacia adelante en la misma dirección, contando con un número suficiente de herramientas estabilizantes en la porción del pozo

inmediatamente sobre ella.

La mayoría de los operadores emplean en la actualidad el conjunto de fondo empaquetado para resolver problemas de pozos desviados, porque permite el máximo peso sobre la broca para una penetración más rápida.

El conjunto pendular es utilizado solamente como una medida de corrección para reducir el ángulo cuando se ha alcanzado la máxima desviación permitida; por lo cual, no se analizará su utilización en este trabajo.

Es importante que el contacto de pared de los conjuntos tenga suficiente longitud para asegurar el alineamiento con el tramo ya perforado. Dos puntos de estabilización, el primero inmediatamente arriba de la broca, y el segundo a 60 pies encima, si bien estabilizan la broca y reducen parte de la tendencia a formar ángulo, no resultan un buen conjunto. Como sabemos, dos puntos pueden hacer contacto y seguir una línea curva. La adición de un punto más evita esa tendencia. Por eso el mejor conjunto es el que tiene tres puntos de estabilización.

2.4 Nº DE BOTELLAS DE GRAN DIAMETRO EN LA SARTA

Las botellas en una columna de perforar son bajadas para suministrar al peso necesario sobre la broca para que perfore, para evitar que los tubos de perforar trabajen a compresión y para agregar rigidez al conjunto de fondo de

pozo a fin de prevenir la formación de ángulos. Cuando los tubos de perforar rotan en compresión, los esfuerzos cíclicos pueden causar fallas prematuras por fatiga. Por esta razón un 10 a 25% de exceso de peso de botellas se emplea normalmente para mantener en todo momento los tubos de perforar en tensión.

La utilización de botellas de gran diámetro tiene una ventaja frente a las de pequeño diámetro, en tanto permiten aplicar el peso muy cerca a la broca no dando lugar a pérdidas de peso nominal debido a las pérdidas mecánicas en el pozo (fricción y pandeo) como ocurre con las sartas largas de botellas de pequeño diámetro.

De otro lado, la experiencia ha demostrado que demasiados cambios bruscos en la sección de las botellas respecto a los tubos de perforar o del diámetro de una botella a otra de diámetro más pequeño, causa fallas prematuras en la conexión y rápido daño por fatiga en la columna perforadora.

Por lo tanto, es necesario el empleo de una columna cónica cuando se utilizan botellas de gran diámetro, a fin de formar una zona gradual de transición. Como regla práctica, nunca hay que reducir el diámetro de las botellas más de dos (2) pulgadas en cada sección, ni tampoco se debe reducir más una medida de conexión al mismo tiempo.

Por ejemplo, botellas de 10" Ø a 8" Ø a 6" Ø, etc. o conexión de 8 5/8 API a 6 5/8 API, etc. Siempre es

preferible por lo menos tres botellas (un tramo o barra)
del mismo diámetro en cada reducción.

III. SELECCION DE LA SARTA DE PERFORAR APROPIADA PARA INTERVALOS INTERMEDIOS

3.1 TAMAÑO DE LAS BOTELLAS

De acuerdo a la fórmula de R. Hoch, el mínimo diámetro de las botellas debe ser 9" 0 para un hueco de 12 1/4" Ø cuando se baja revestimiento de 9 5/8" Ø; sin embargo, ésta teoría es para sartas sin conjunto de fondo (no estabilizadas) o con sistema pendular.

Diferentes autores y empresas especializadas en la fabricación de tubulares, han establecido tablas recomendando las medidas mínimas de las botellas para las combinaciones más comunes de diámetros de pozo y tuberías de revestimiento (Tabla No. 1).

En dichas tablas se puede apreciar que las botellas de 8" 0, que son el doble de rígidas que las de 7" 0, también cubren los requerimientos en especial para perforar formaciones blandas que requieren más área de flujo para los regímenes de circulación más altos y a causa del mayor riesgo de ataques.

Además, es preferible este tamaño si la idea es emplear conjunto de fondo empaquetado y armar una columna cónica con botellas de 6 1/4" Ø, que en nuestro caso están disponibles por cuanto son las que se usan para perforar el intervalo final de 7 7/8" Ø. De emplear botellas de 9" Ø, obligaría a seguir utilizando las botellas de 7" Ø en la columna cónica para mantener las 2" de reducción de

diámetro entre ellas, pero como hemos dicho la mayoría de las botellas de 7" Ø han perdido diámetro, resultando en más de 2" dicha reducción, por lo tanto, es recomendable prescindir de las botellas de este tamaño.

3.2 CONEXION DE LAS BOTELLAS DE GRAN DIAMETRO

En las conexiones se encuentran los mayores esfuerzos que pueden provocar fallas por fatiga, siendo por eso importante reducir las zonas potenciales de fallas, lo cual se consigue con menor número de botellas; sin embargo, el uso de las botellas de gran diámetro supone la aplicación de mayores torques de ajuste, que si no se observan pueden provocar demoras y fallas por casos prematuros de fatiga o engranamientos tan severos que impiden el desenrosque normal y fuerzan a cortar las conexiones.

Para un óptimo rendimiento, la conexión debe ser diseñada y ensamblada para satisfacer en el pozo dos requerimientos básicos:

Tener capacidad para absorber esfuerzos de flexión.

Transmitir el torque necesario para rotar la broca.

Cuando el diseño satisface el primer requerimiento, el segundo generalmente no presenta problemas, felizmente los fabricantes de equipos tubulares han conjugado todos los requerimientos o condiciones necesarias en el diseño de las conexiones y proveen las botellas con el tipo de conexión apropiada.

3.3 DISEÑO DE LA SARTA TUBULAR

De acuerdo a lo analizado, para un hueco de 12 1/4" Ø y tubería de revestimiento de 9 5/8" Ø, la mejor sarta de "botellas" sería:

- Broca 12 1/4" Ø

Botellas de 8" Øe x 2 13/16" Øi con conexión 6 5/8" Reg.

Botellas de 6 1/4" Øe x 2 13/16" Øi con conexión 4" IF.

La cantidad de botellas de 8" Ø se establece en función del peso a aplicar sobre la broca, tendiendo a concentrar un gran porcentaje en éstas botellas; del número de estabilizadores a instalar y de la regla de mínimo número de barras con un mismo diámetro. La cantidad de botellas de 6 1/4" Ø está en relación al peso adicional necesario para estar por lo menos 15% más alto que el peso máximo previsto para la broca.

3.4 SELECCION CONJUNTO DE FONDO

En el caso de los pozos que se perforan en el área, donde las formaciones iniciales son blandas y suelen erosionarse rápidamente, se hace necesario el empleo de un conjunto de fondo empaquetado para estabilizar. Como la tendencia a la desviación no es severa, el espaciamiento entre estabilizadores pueden estar en cada conexión de botellas y siempre deben ser tres como mínimo.

La idea de utilizar varios estabilizadores tiene el propósito como hemos dicho, de guiar la broca en la misma dirección que el hueco ya perforado.

IV. APLICACION EN POZOS DEL YACIMIENTO REVENTONES

4.1 TIPO DE COLUMNA DE "BOTELLAS" EMPLEADA

Identificadas las causas principales de los problemas por empleo de "botellas" de poco diámetro en huecos de 12 1/4" Ø, y luego de una etapa programada en que se adquirió las "botellas" de perforar de 8" Ø, comenzó su utilización en el área de Reventones.

La longitud de la columna de perforación involucrada en el proceso de desviación se determinó en base a dos factores principales, la constitución física de la columna de perforación y el peso deseado sobre la broca.

Si consideramos el propósito de incrementar 40% el peso máximo que se venía aplicando a la broca con "botellas" de 7" de Ø, se establece que el nuevo peso es 35,000 Lbs. La siguiente ecuación determina la cantidad necesaria de "botellas" para un pozo vertical:

$$\begin{aligned}
 \text{Peso de las botellas} &= \text{Peso sobre la broca} \times \text{factor de seg.} \\
 \text{en el aire} & \quad \frac{\text{Factor de flotabilidad en el fluido}}{\text{0.82(12 Lbs/g)}} \\
 &= \frac{35,000 \times 1.15}{0.82(12 \text{ Lbs/g})} = 49,090 \text{ Lbs.}
 \end{aligned}$$

Para una longitud activa de 90 pies a partir de la broca, y encima un tramo o barra, se requieren cinco (05) botellas de 8" Ø x 30' que pesan en total 20,550 Lbs. (137

Lbs/pie x 150 pies).

Por lo tanto, el número de botellas de 6 1/4" Øe x 2 13/16" Øi necesarias es como sigue:

$$\text{No. de "botellas"} = \frac{49,090 \text{ Lbs} - 20,550 \text{ Lbs}}{83 \text{ Lbs/pie} \times 30 \text{ pies/bot.}} = 11.5$$

4.2 PARAMETROS DE CONTROL, PESO SOBRE LA BROCA Y DESVIACION

Además de la longitud de las "botellas" de 8" Ø necesarias, se incluyó un conjunto de fondo empaquetado de tres puntos de estabilización como mínimo, para permitir aplicar el máximo peso sobre la broca para una penetración más rápida.

Los elementos de este conjunto son cuatro estabilizadores de aletas rotatorias de 5 pies cada uno, el primero ubicado sobre la broca; y una "botella" corta de 10' situada entre el primer y segundo estabilizador.

En la Tabla No. 2 se presenta el tipo de sarta empleada con los detalles más relevantes.

La medición de la desviación se hizo siguiendo el método mecánico acostumbrado, es decir bajando el instrumento al pozo a través de la sarta a la profundidad deseada, lo que implica detener momentáneamente la perforación para efectuar la maniobra, otras veces se aprovecha de los viajes para el cambio de broca, y se

suelta el instrumento al fondo que es recuperado al sacar la sarta del hueco. Este método práctico puede originar problemas en el pozo, y además el registro de la desviación no es continuo.

4.3 RESULTADOS EN EL AVANCE DE PERFORACION

Podemos señalar en la Tabla No. 3 los resultados de la perforación de tres huecos intermedios antes y después de emplear "botellas" de 8" Ø. Obsérvese el incremento del peso sobre la broca que fué prácticamente 40%, y la desviación registrada.

De acuerdo con esta tabla, con la optimización se ha disminuido el tiempo de perforar de 1 a 2 días por pozo, lo cual implica que al cabo de un año de perforación se habría ahorrado suficientes días de equipo.

La utilización de este sistema ha permitido a la vez el logro de ciertos beneficios secundarios, tales como la disminución de problemas de pozo al reducir el número de "botellas" en la sarta en la realización del hueco intermedio, maniobras más rápidas por mejor geometría del hueco referido, y optimización de la perforación del hueco de superficie.

V. DATOS ECONOMICOS

5.1 INVERSION

La adquisición de las "botellas" de perforar de 8" Ø, los estabilizadores y los accesorios necesarios, fue considerado como una inversión de reposición, por cuanto implicaba el reemplazo de componentes para mejorar el nivel de eficiencia de un equipo de perforación.

Los criterios usados para la evaluación económica de éste proyecto de inversión, tales como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el período de recuperación de la inversión (PAYOUT), no son tratados en el presente informe.

La inversión neta inicial, que comprende los egresos de dinero para implementar el proyecto, está representada básicamente por el costo del activo adquirido incluyendo los derechos de importación.

El monto de la adquisición realizada fue como sigue:

6 botellas de 8" Ø x 30'	US\$	22,200
1 botella de 8" Ø x 10'		1,300
3 estabilizadores de aleta en espiral (c) 8" Ø x 12 1/4" Ø.		2,400
1 estabilizador de aleta en espiral (l) 8" Ø x 12 1/4" Ø.		1,000
Accesorios		500

SUBTOTAL	US\$	27,400
		=====

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- El empleo de "botellas" de 8" de \emptyset en combinación con estabilizadores, para la perforación del hueco intermedio de 12 1/4" \emptyset , es un adelanto considerable, permite aplicar más peso sobre la broca y conseguir un pozo lo más cerca de la vertical, que a la vez permite correr sin problemas el revestimiento de 9 5/8" \emptyset . Sin embargo, como en las operaciones de perforación predominan factores aleatorios, pienso que una columna de 8" \emptyset estabilizada es tan sólo un elemento más entre tantos en la optimización de un pozo petrolero.
- 2.- La utilización de este esquema ha permitido reducir costos considerablemente, lo cual se ha visto reflejado en la perforación de más pozos (en un mismo período de tiempo) dentro del área, por menor tiempo de permanencia del equipo de perforación en el pozo, y como consecuencia, acelerar la terminación y puesta en producción del mismo.
- 3.- A pesar de lo expresado en los puntos anteriores 1 y 2, no se descarta otro tipo de columnas para lograr el objetivo, ni la necesidad de perforar con poco peso como única solución en algunos casos especiales. A nuestro criterio la tendencia debe ser ganar la mayor cantidad de pies en las partes superiores del pozo, sobretodo en pozos profundos, aunque esta apreciación se vea comprometida en

ciertas zonas del norte, puesto que es en esa parte donde la tendencia a ganar ángulo es mayor.

- 4.- Evidentemente para llevar un buen control de la desviación vertical a medida que la perforación progresa en profundidad, es imprescindible contar con instrumentos de medición en forma continua, sin proceder a efectuar maniobras costosas, lo que involucra por supuesto, el uso de "botellas" antimagnéticas en la columna perforadora, ubicadas muy cerca de la broca.

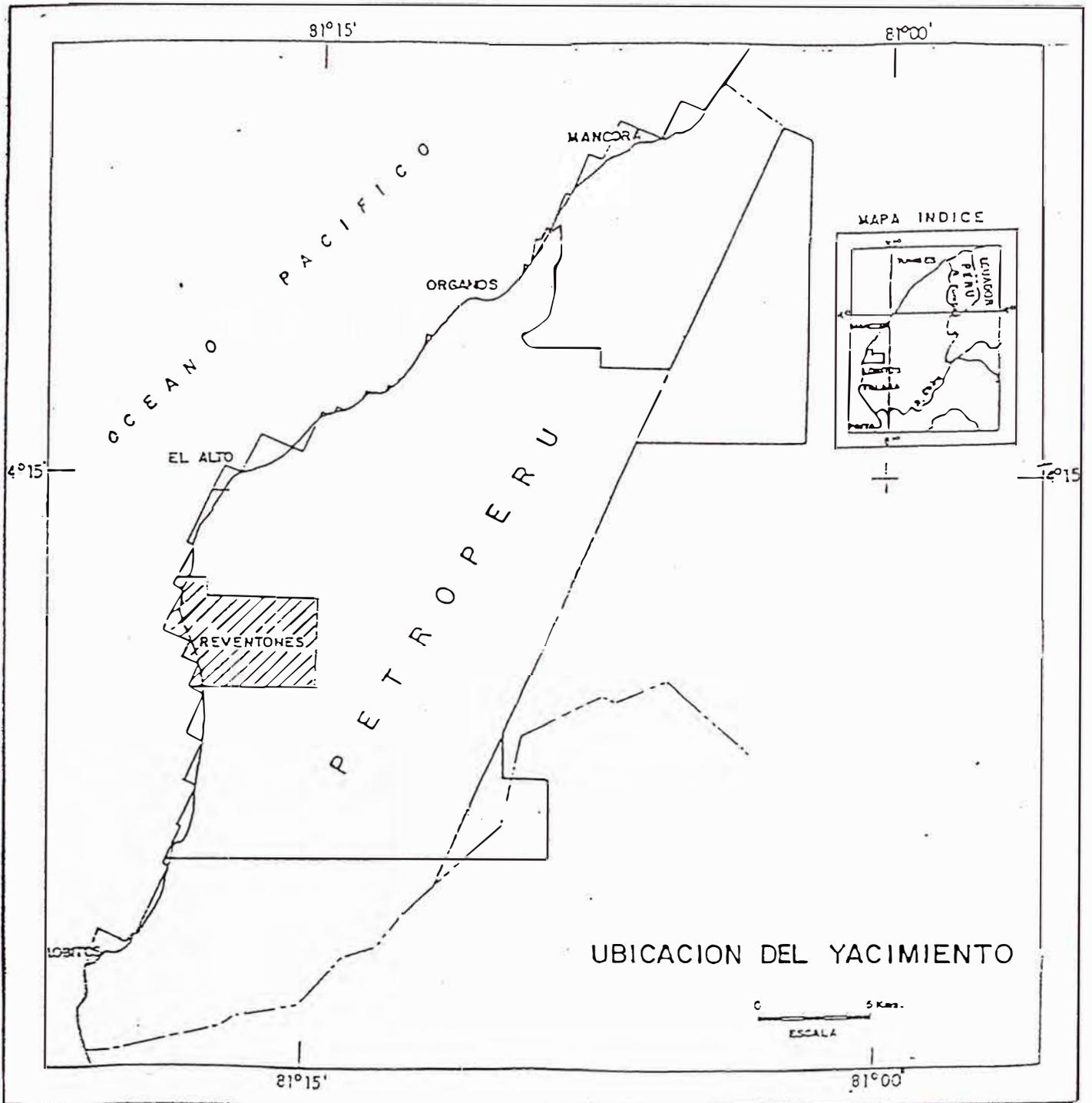


FIG. 1

SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

EDAD				FORMACION	ESPESOR (PIES)	LITOLOGIA
C E N O Z O I C O	T E R C I A R I O	E O C E N O	M E D I O	HELICO	300	Arenisco gris o gris verdoso, gr. fn. md. o grso.
				LOBITOS	700	Lut. marrón osc., calc.
				TEREBRATULA	1000	Arenisco gris gr. fn. md.
			I N F E R I O R	ECHINO	1400	Arenisco blco. o gris claro gr. md. o grso.
				CLAVEL	300	Lut. gris masivo, suave
				OSTREA	900	Arenisco gris, gr. fno. md.
				MOGOLLON	1300	Arenisco gris verdoso, gr. grso. o conglomeradico.
				SAN CRISTOBAL	1500	Areniscos y lutitas
				BASAL SALINA	300	Areno de czo. blanco semilech. gr. grso. o conglomeradico

FIG. 2

DISEÑO TIPICO DE POZOS

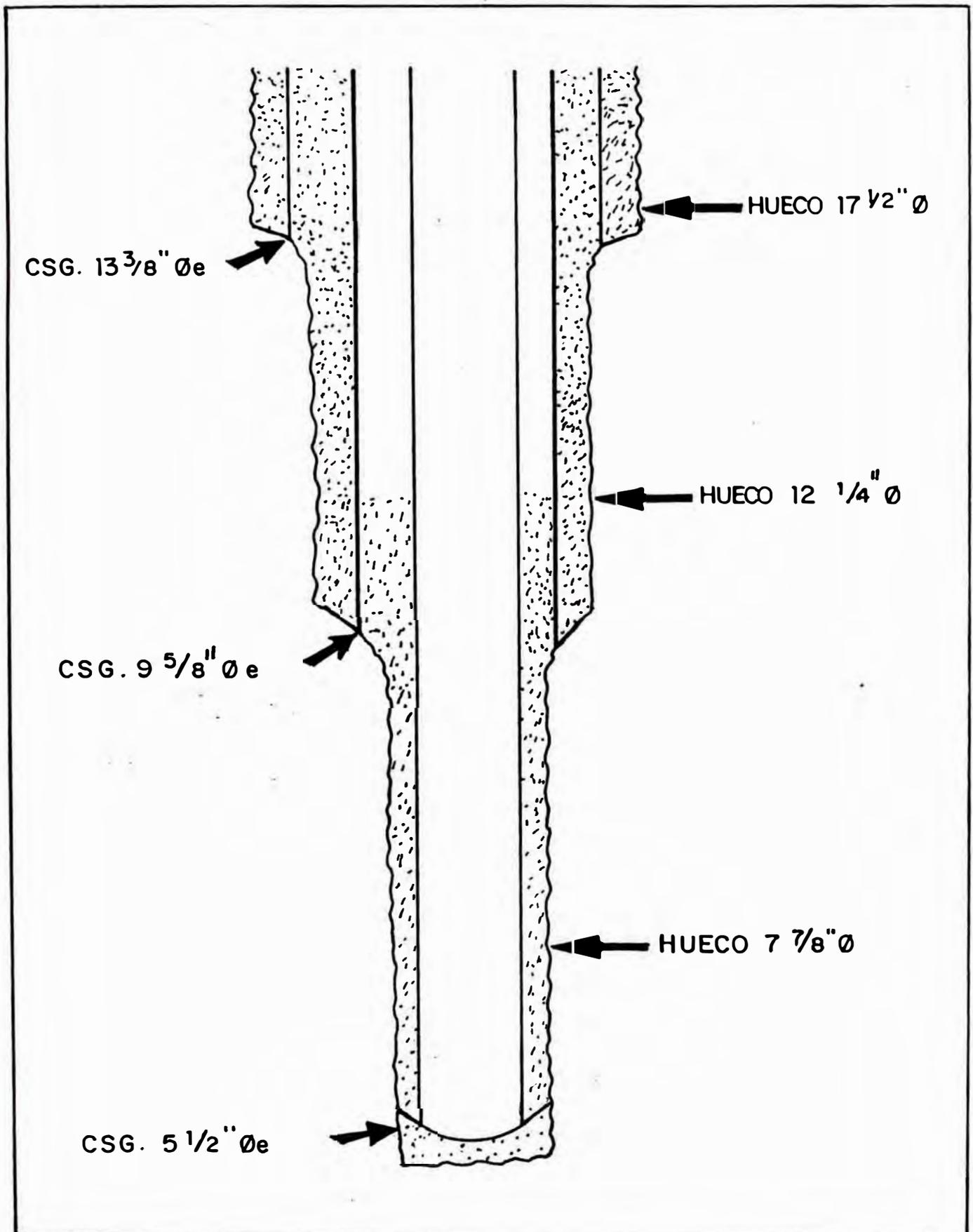


FIG. 3

TABLA 1

TAMAÑO DE BOTELLAS Y SUS CONEXIONES

TAMAÑO DEL POZO (PULGADAS)	FORMACIONES BLANDAS	FORMACIONES DURAS
<p>5/8" - 7 7/8"</p> <p>1/2" - 8 3/4"</p>	<p>6" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>4" H-90</p> <p>6 1/4" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>4" IF</p> <p>6 1/2" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>4" IF ó 4 1/2" IF</p>	<p>6 1/4" Øe ó 6 1/2" Øe x 2 Øi ó 2 1/4" Øi</p> <p>4 1/2" H-90, 4" IF ó 4" H-90</p> <p>6 3/4" Øe ó 7" Øe x 2 1/4" Øi</p> <p>5" H-90 ó 4 1/2" IF</p>
<p>1/2" - 9 7/8"</p> <p>5/8" - 11"</p>	<p>7" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>4 1/2" IF ó 5" H-90</p> <p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" Reg.</p> <p>7" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>4 1/2" IF ó 5" H-90</p> <p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p>	<p>7" Øe x 2 1/4" Øi</p> <p>4 1/2" IF ó 5" H-90</p> <p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p> <p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p> <p>9" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>7 5/8" Reg.</p>
<p>12 1/4"</p>	<p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p>	<p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" Reg.</p> <p>9" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>7 5/8" Reg.</p>
<p>17 1/2"</p>	<p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p>	<p>8" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>6 5/8" H-90 ó 6 5/8" Reg.</p> <p>9" Øe x 2 13/16" Øi</p> <p>7 5/8" Reg.</p> <p>10" Øe x 2 13/16" ó 3" Øi</p> <p>7 5/8" H-90 ó 7 5/8" Reg.</p> <p>11" Øe x 3" Øi</p> <p>8 5/8" Reg.</p>

TABLA 2

TIPO DE COLUMNA PERFORADA

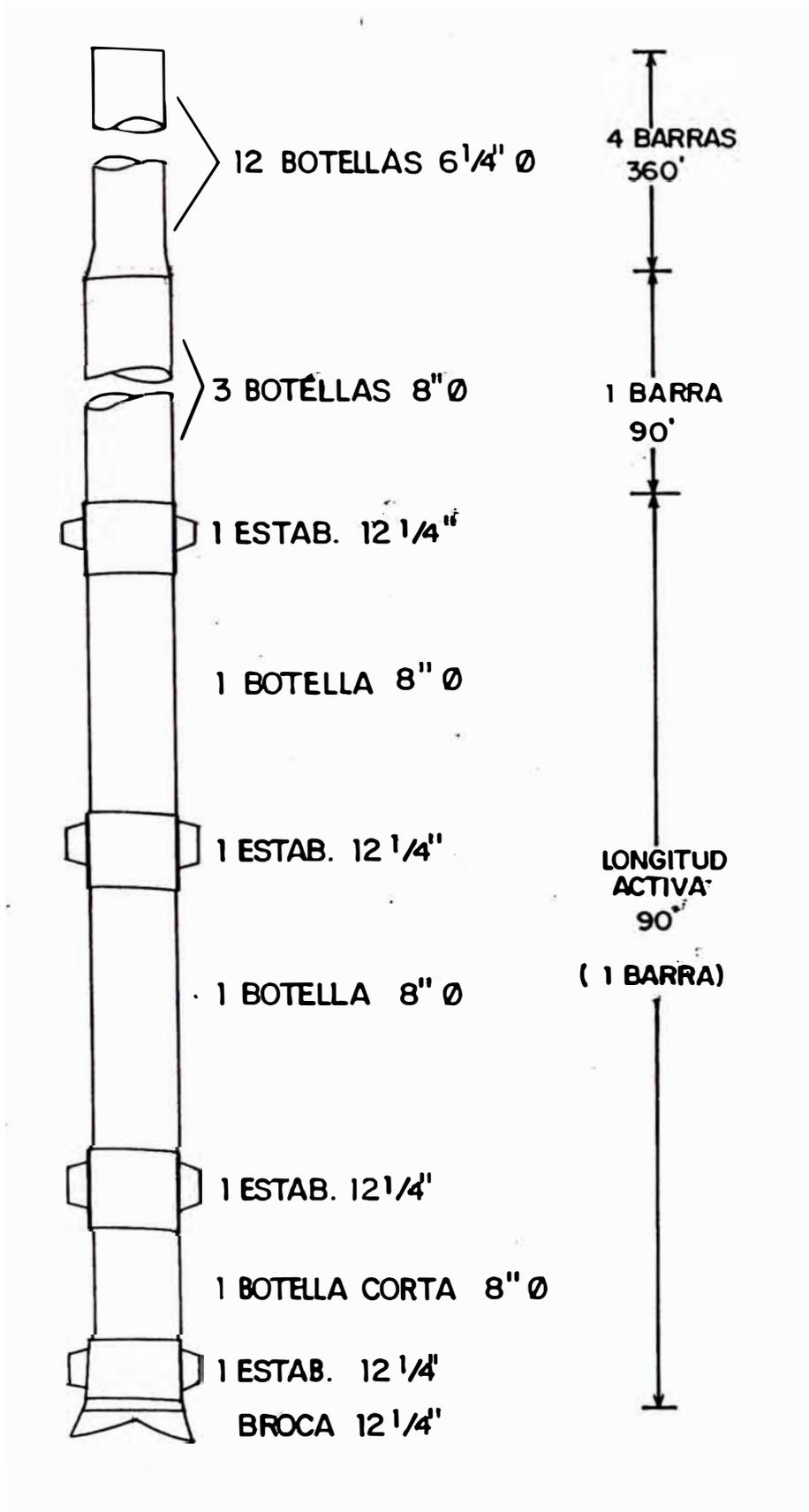


TABLA 3
R E S U L T A D O S

			A N T E S						D E S P U E S					
P O Z O N°			5668		2144		2232		6758		6906		6904	
N U M E R O D E B O T E L L A S S E G U N Øe			7"	6 1/4"	7"	6 1/4"	7"	6 1/4"	8"	6 1/4"	8"	6 1/4"	8"	6 1/4"
			10	15	15	6	15	6	5	12	5	12	5	12
P E S O S O B R E L A B R O C A M I L E S L B S.	P R O F U N D I D A D	1000'	10		10		10/15		30		25		25	
		2000'	15		15		15		30/35		30/35		30	
		3000'	15/20		15/20		15/25		35		35		30/35	
D E S V I A C I O N G R A D O S	P R O F U N D I D A D	1000'	0.5		5		4.0		3.0		1.5		-	
		2000'	-		5		3.5		4.0		1.5		-	
		3000'	1.5		2		1.0		-		-		0.5	
P R O F U N D I D A D F I N A L E N P I E S . H U E C O 12 1/4" Ø			2,955		3,196		3,370		2,948		3,355		3,516	
T I E M P O D I A S			9 5/6		11		14		8 4/6		11 3/6		13 4/6	

└ D I F E R E N C I A 1/6 ─┘

└ D I F E R E N C I A 2 3/6 ─┘

BIBLIOGRAFIA

1. Manual de Perforación, Sección P.
Hughes Tool Company S.A.C.I.F.I.
Buenos Aires, Argentina, 1985
2. Manual de Perforación, Sección D.
Hughes Tool Company S.A.C.I.F.I.
Buenos Aires, Argentina, 1985
3. Como Seleccionar Conjuntos de Fondo.
Por Gerald E. Wilson, Gerente Servicios Técnicos
Drilco, Houston, Texas, E.U.A., 1980
4. Como Perforar un Pozo Util.
Por Gerald E. Wilson, Gerente Servicios Técnicos
Drilco, Houston, Texas, E.U.A., 1976
5. Archivos Pozos Perforados, Yacimiento Reventones
Petróleos del Perú, Operaciones Noroeste
Dpto. de Perforación, Talara, Perú, 1985