

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO



**“EVOLUCION Y APLICACION DE LOS TREPANOS
EN LAS OPERACIONES DE PERFORACION DE
PETROPERU EN LA SELVA PERUANA”**

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

AMADOR JAVIER RIVERA HUAMAN

PROMOCION 1980-1

LIMA-PERU

1996

**EVOLUCION Y APLICACION DE LOS TREPANOS EN LAS
OPERACIONES DE PERFORACION DE PETROPERU
EN LA SELVA PERUANA**

INDICE

- 1. INTRODUCCION**
- 2. GEOLOGIA**
 - 2.1 Generalidades**
 - 2.2 Estratigrafía de la Cuenca Marañón**
- 3. PERFORACION**
 - 3.1 Evolución de los Trépanos utilizados.**
 - 3.2 Escenario de la Evaluación.**
 - 3.3 Rendimiento de los Trépanos.**
 - 3.4 Análisis de los Costos de Perforación.**
- 4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**
- 5. FIGURAS**
- 6. GRAFICOS**
- 7. ANEXOS**

1. INTRODUCCION

A través de los años, el diseño de los trépanos ha evolucionado por innovaciones efectuadas tanto en su estructura cortadora como en los cojinetes, estas modificaciones han permitido optimar los tiempos con el consiguiente ahorro en las actividades de perforación.

Los trépanos actuales poseen dientes o insertos en formas especiales, hechos con grados de carburo de tungsteno altamente desarrollados; cojinetes journal sellados con compensador de presiones, en los cuales se emplean los recientes desarrollos de tecnología en materiales y lubricantes; así como nuevas boquillas para chorros de alta velocidad y sofisticados procesos metalúrgicos y de tratamiento térmico.

Como se muestra en el desarrollo de este trabajo, la adecuada utilización de los trépanos de reciente tecnología ha permitido superar ampliamente la vida de los mismos, en comparación a aquellos que se empleaba hasta hace 10 años cuyo diseño comprendía, entre otras cosas, cojinetes a bolillas y rodillos no sellados.

La falla más común de estos trépanos se presentaba por un severo astillado de la estructura cortadora y por el desgaste abrasivo tanto del cojinete como de su calibre.

Para poder apreciar la influencia de todos estos cambios tecnológicos en las operaciones de perforación de PETROPERU en la Selva, se ha seleccionado un número determinado de pozos por campaña de perforación, coincidiendo, en cada oportunidad, con la introducción de nuevos diseños de trépanos.

En base a esta muestra se ha efectuado el análisis correspondiente, teniendo especial cuidado en seleccionar pozos de similar profundidad y espesores de formación, a fin de realizar un conveniente análisis comparativo.

2. GEOLOGIA

2.1 GENERALIDADES


La columna estratigráfica general de la Selva Norte (Fig. 1), está constituida por sedimentos terrígenos de edad terciaria y cretácica que descansan en discordancia sobre sedimentos de edad permotriásica.

La sección terciaria está compuesta predominantemente de sedimentos continentales rojizos, (Formaciones Corrientes, Marañón, Chambira y Yahuarango), con dos intercalaciones de lutitas verdes y areniscas depositadas en ambiente salobre marino (Formaciones Pebas y Pozo), que corresponden a dos breves transgresiones.

La Sección Cretácica está compuesta por tres ciclos depositacionales bien definidos separados por discordancias:

- 1° El Grupo Oriente**
- 2° La Formación Chonta**
- 3° La Formación Vivian**

La formación Vivian y el Grupo Oriente, compuesto por las formaciones Cuchabatay, Raya y Agua Caliente tienen mayor influencia deltaica a fluvial, mientras que la formación Chonta muestra un ambiente depositacional con mayor influencia marina.



2.2 ESTRATIGRAFIA DE LA CUENCA MARAÑON

A efectos de conocer el medio en que se ha efectuado la optimización de los trépanos se da una descripción litológica sumariada de las formaciones presentes.

FORMACION ALUVIAL (20 Ft.)

Está constituida por greda gris clara, blanda en parte limo-arenosa, grisácea con restos de materia orgánica.

FORMACION CORRIENTES (880 Ft.)

Compuesta por areniscas de cuarzo, de grano medio a muy grueso, sub-angular o sub-redondeado, selección regular, cemento no calcáreo, con elementos de roca ígnea, volcánicas, metamórficas, intercaladas con arcillita.

FORMACION MARAÑON (850 Ft.)

Es una secuencia que consta de arenisca lítica, grano fino con matriz arcillolimoso, no calcárea; lodolitas marrón y rojizas, firmes, masivas, microcarbonosas, ligeramente calcáreas y arcillita blanca, amarilla pardusca, firmes, masiva, no calcárea.

Hacia la base se encuentran intercalaciones de yeso traslúcido, cristalizado y también capas de carbón marrón negruzco, firme en parte piritoso.

FORMACION PEBAS (1,600 Ft.)

Está conformada por una secuencia de lodolitas, masiva, sub-laminar, micromicácea, calcárea, arcillita gris clara, firme, micropirítica, microcarbonosa, calcárea en parte arenosa.

FORMACION CHAMBIRA (4,300 Ft.)

Está constituida por intercalaciones de lodolitas abigarradas, firmes, masivas; lutitas firmes no calcáreas; limolitas masivas, firmes, calcárea y arcillitas suaves a firmes, masivas: también presenta anhidrita blanca y teñida de amarillo, dura, masiva, en parte nodular y sacaroidea.

FORMACION POZO (350 Ft.)

Compuesta principalmente por lutitas firmes, fisibles, astillosas, quebradizas no calcáreas. En la parte superior se encuentra delgadas capas de arenisca cuarzosa, blanca friable de grano muy fino a fino, no calcárea, microbarbonosa, glauconítica, en parte limosa.

MIEMBRO POZO BASAL (75 Ft.)

Consiste de arenisca blanca, cuarzosa de grano muy fino a fino, angular a sub-angular, no calcáreo, intercalada con limolitas y arcillitas con granos de cuarzo muy fino.

FORMACION YAHUARANGO (775 Ft.)

Está conformada principalmente por capas de lodolita rojo ladrillo firme, masiva, micromicácea, no calcárea: arcillita suave a firme, masiva no calcárea y limolita marrón rojiza, marrón clara, amarillo ocre, friable micromicácea, no calcárea, con abundante óxido de hierro.

FORMACION VIVIAN (350 Ft.)

Consta principalmente de capas de arenisca blanca, cuarzosa de grano muy fino a fino, alcanzando al grano medio en algunas capas, sub-angular, poco friable, con matriz ligeramente arcillosa, selección buena, no calcárea con intercalaciones de limolitas.

FORMACION CHONTA (700 Ft.)

Consta principalmente de capas de arenisca blanca, cuarzosa de grano muy fino a fino, alcanzando al grano medio en algunas capas, sub-angular, poco friable, con matriz ligeramente arcillosa, selección buena, no calcárea con intercalaciones de limolitas.

FORMACION CHONTA (700 Ft.)

Es una secuencia de arenisca blanca, blanca grisácea, cuarzosa de grano muy fino a fino, ocasionalmente de grano medio, sub-angular a sub-redondeado, poco friable, matriz ligeramente arcillosa, cemento ligeramente calcáreo o no calcáreo. Hacia la base se encuentra en capas de caliza dura.

FORMACION AGUA CALIENTE (100 Ft.)

Está constituida principalmente de areniscas blancas de cuarzo friable, matriz arcillosa, cemento no calcáreo, intercalado con limolitas, firmes micromicáceas, no calcárea, algo lutácea y de capas de tufo marrón claro, firme quebradizo, masivo, no calcáreo, con fragmentos de vidrio volcánico.

3. PERFORACION

3.1 EVOLUCION DE LOS TREPANOS EMPLEADOS

De acuerdo a los considerandos, se ha dividido la evolución de los trépanos utilizados en las diferentes campañas de perforación en la Selva Peruana en CUATRO GENERACIONES, las cuales se les ha definido por su principal característica. De acuerdo a esto tenemos lo siguiente:

1ra. GENERACION

Esta clasificación corresponde a las brocas utilizadas hasta el año 1975. Estas brocas se caracterizaban por tener estructura cortadora a dientes y cojinetes no sellados. Se han analizado un total de 37 pozos perforados en dicho lapso. El promedio de número de brocas y tipo IADC por diámetro es mostrado en el Anexo 1.

2da. GENERACION

De 1975 hasta el año 1987, se emplearon mayormente brocas con estructura cortadora a dientes con cojinetes sellados. Es en este período donde aparecen las primeras brocas con cojinetes journal. Se han analizado un total de 54 pozos perforados en dicho lapso. El promedio de números de brocas y tipo IADC por diámetro es mostrado en el Anexo 2.

3ra. GENERACION

Con la campaña de perforación de los pozos comprendidos en el período 1992-1993, es cuando se emplean en forma regular las brocas con cojinetes journal, pero con estructura cortadora de insertos de carburo de tungsteno de tamaño similar a las brocas de estructura a dientes que anteriormente se empleaban para la perforación de zonas suaves para la zona. Se han analizado un total de 14 pozos perforados en dicho lapso. El promedio de número de brocas y tipo IADC por diámetro es mostrado en el Anexo 3.

4ta. GENERACION

Se compara la performance de brocas comprendidas en las anteriores generaciones con las brocas policristalinas PDC que se está recientemente implementando en PETROPERU. Se ha iniciado el empleo de estas brocas en nuestras Operaciones, al haberse superado deficiencias anteriores como: potencia hidráulica del equipo de perforación (con bombas de mayor capacidad), incremento de RPM de la mesa rotaria y mejoras en los equipos de control de sólidos. Se han analizado los 3 pozos perforados recientemente. El resultado es mostrado en el Anexo 4.

3.2 ESCENARIO DE LA EVALUACION

El presente estudio se efectuó con un análisis de las brocas utilizadas en diferentes períodos, utilizando los resultados promedios de las brocas de mejor performance, cuidando en todo momento de limitar el análisis a pozos con profundidades y formaciones similares con el fin de realizar una comparación más adecuada.

Es importante mencionar que la comparación se ha efectuado en pozos direccionales los cuales son predominantes en las operaciones PETROPERU en la Selva Peruana y cuya trayectoria es del tipo “S” con una razón de crecimiento angular de 2.0 grado/100’ y una declinación de 1.0 grado/100’ en promedio. El ángulo promedio es de 21 grados con una separación horizontal de +/- 2,000 pies. Se bajan forros de superficie de 13 3/8” hasta 1,250’, forros intermedios hasta 8,000’ y se completa el hueco de producción con lina de 7”. En la figura 2 se aprecia el esquema ilustrado.

En el transcurso del tiempo se han mejorado otros parámetros tales como el tipo de lodo utilizado. Inicialmente en el período comprendido en las dos primeras generaciones de brocas, se empleó lodo tipo lignosulfonato que ocasionó muchos problemas operativos, especialmente en la perforación del hueco intermedio debido a la presencia masiva de anhidrita de la formación Chambira.

Conjuntamente en el desarrollo de las dos últimas generaciones de brocas, para la perforación del tramo intermedio se empleó lodo tipo yeso, que actúa con características de inhibición al retardar la hidratación de las arcillas del hueco, por lo que se obtiene mejor estabilidad en el pozo, al tener un mejor control sobre las propiedades del lodo, logrando de esta manera controlar el efecto contaminante de la anhídrita.

Otro cambio importante se dio en la modalidad de adquisición de los trépanos. Inicialmente se adquirían grandes lotes para un estimado de consumo por campaña (de dos a tres años), que ocasionaba un sobre-stock, con una cantidad de brocas que por el rápido desarrollo tecnológico de este producto quedaban obsoletos, este hecho impedía el empleo de trépanos de tecnología más reciente, debido a la necesidad de utilizar las brocas disponibles.

A fin de evitar el sobre-stock se modificó este sistema de adquisición por otro a consignación, en el cual PETROPERU solicita periódicamente a la compañía proveedora los tipos de broca que utilizará en un período corto (3 meses), pudiendo de esta manera acceder con facilidad a las de última tecnología.

Ultimamente se ha logrado en forma paulatina bajar a 0 (cero) el antiguo stock de brocas obsoletas.

3.3 RENDIMIENTO DE LOS TREPANOS

Las mejoras e innovaciones en el diseño de los trépanos ha permitido reducir su número por pozo. Tal como se observa en el Gráfico N° 1, los cambios más sustanciales se han logrado en el tramo del hueco intermedio (12 1/4" con +/- 6,750' de espesor), donde de 11 brocas inicialmente empleadas, se pudo reducir primero a 8 y actualmente de 2 a 3.

Similarmente en el tramo del hueco de producción, (de 8 1/2" con +/- 2,000' de espesor), de 8 brocas empleadas inicialmente, se logró bajar a 4 en una primera etapa y finalmente a sólo 3.

Esto se puede apreciar mejor en los gráficos N°s 2 y 3 donde para el tramo de 12 1/4", se compara el rate de penetración por broca, tanto por etapas como por tramos. En dichos gráficos se observa que el rate de penetración por broca se ha triplicado y por tramos se ha sextuplicado su tiempo de vida respectivamente.

El resultado anterior se verifica con los resultados mostrados en los gráficos N°s. 4 y 5 donde se observa la reducción de las horas de rotación acumuladas, de 440.5 Hr. (1ra. Generación) a 230 Hr. (4ta. Generación) lo que representa una mejora en un 48% y menor tiempo de viaje de 268.2 Hr. (1ra. Generación) a 97.3 Hr. (4ta. generación) con una mejora de 64%.

En los gráficos N°s. 6 y 7 se muestra como se ha logrado incrementar el rate de penetración, llegando incluso a duplicarse con respecto a los rates obtenidos hace 10 años. Similarmente se han modificado parámetros, tales como el peso sobre la broca (ligero incremento), así como el incremento de las RPM en un casi 50%, todo ello debido al empleo de brocas como metalurgia de avanzada y al haber mejorado notablemente la composición del carburo de tungsteno. Estos cambios tecnológicos en su conjunto, ha permitido el empleo de insertos con un notable incremento en su longitud.

En resumen, la disminución de tiempo empleado para las maniobras operativas ha disminuido sustancialmente por el empleo de brocas de última tecnología, ello ha permitido optimar los tiempos y adicionalmente reducir los riesgos o problemas que son inherentes a un mayor tiempo de perforación (estabilidad en las paredes del pozo, daño en las formaciones productivas, cavernas, etc.).

3.4 ANALISIS DE LOS COSTOS DE PERFORACION

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se concluye que el desarrollo tecnológico de los trépanos ha determinado una mejora sustancial en su rendimiento y en la disminución de los tiempos de perforación, así como el aumento en los rates de penetración, pero el verdadero impacto se observa al analizar en forma detallada los costos de perforación.

A fin de efectuar la comparación respectiva de los costos de perforación se ha empleado la siguiente fórmula:

$$C.U. = \frac{C.B. + (H.R. + T.V.) * C.E.}{INTER.}$$

- C.U.** : COSTO UNITARIO EN US\$/PIE
C.B. : COSTO DE BROCA EN US\$
H.R. : HORAS DE ROTACION DE BROCA
T.V. : TIEMPO DE VIAJE EN HORAS
C.E. : COSTO DE EQUIPO POR HORA EN US\$
INTER. : TRAMO PERFORADO POR BROCAS EN PIES

En el gráfico N° 8 se compara el costo total de la perforación de los pozos comprendidos en el período 1975-1993 (Generación 1 al 4), en dólares constantes al presente año, que considera lo siguiente:

1. **Costo equipo de perforación en 750 USA/Hora.**
2. **Precios actualizados de las brocas empleadas.**

De acuerdo a ello se observa que los costos totales han disminuido sustancialmente de 605.955 US\$ (1ra. Generación) a 326,885 US\$ (3ra. Generación) lo que representa un ahorro aproximado del 46%, obteniendo de esta manera no sólo una sustancial optimización operativa sino fundamentalmente económica.

De acuerdo a la comparación de la 3ra. y 4ta. Generación no hay mayor diferencia en cuanto a los costos totales (326,885 US\$ vs. 332,860 US\$) a pesar que se ha disminuido el tiempo de rotación (275 Hr. vs. 232 Hr.) debido a que nos encontramos en pleno proceso de optimización de brocas PDC.

Todo lo anterior se resume en el siguiente cuadro:

| GENERACION | COSTO TOTAL (US\$) | COSTO BROCA (US\$) | PORCENT. (%) |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1ra. | 605,955 | 50,430 | 8.0 |
| 2da. | 462,260 | 43,310 | 9.0 |
| 3ra. | 326,885 | 38,660 | 12.0 |
| 4ta. | 332,860 | 67,660 | 20.0 |

Lo que significa que a pesar que el porcentaje del costo por el uso de las brocas ha aumentado en la estructura del costo total de la perforación (por el mayor precio de las actuales brocas), este último ha disminuido en un 46%.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1. Las mejoras efectuadas en los diversos factores que intervienen en la optimización de la perforación tales como: Tipo apropiado de lodo, disponibilidad de mejor potencia hidráulica y mecánica del equipo, empleo de brocas de tecnología avanzada, etc. nos ha permitido disminuir el costo de perforación en 54% (605,955 US\$ vs. 326,885 US\$) en los últimos 20 años.**
- 2. Asimismo, las horas de rotación y los tiempos de viaje han disminuido en ese mismo lapso en un 48% y 64% respectivamente.**
- 3. Si bien el porcentaje del costo de las brocas dentro de la estructura de costos totales se ha incrementado en un 50% (de un 8% a 12%), el ahorro por costo total de perforación ha disminuido en un 54%.**
- 4. La introducción de trépanos de insertos de carburo de tungsteno ha contribuido a la disminución en tiempos y costos. Dentro de este campo el incremento en la longitud del tamaño de los insertos ha permitido el incremento de los rates de penetración en terrenos blandos.**
- 5. Las compañías operadoras deberían de establecer como norma que el abastecimiento de sus brocas sea por el sistema a consignación pues esto permite utilizar brocas de tecnología reciente y disminuir o eliminar el sobre stock de brocas obsoletas.**

- 6. Los regímenes de penetración se han visto sustancialmente incrementadas en los tramos intermedio (12 1/4") y de producción (8 1/2").**

- 7. No se ha obtenido una mejora sustancial al comparar la performance de brocas tricónicas de tecnología reciente versus las brocas PDC por encontrarse esta en proceso de optimización.**

5. FIGURAS

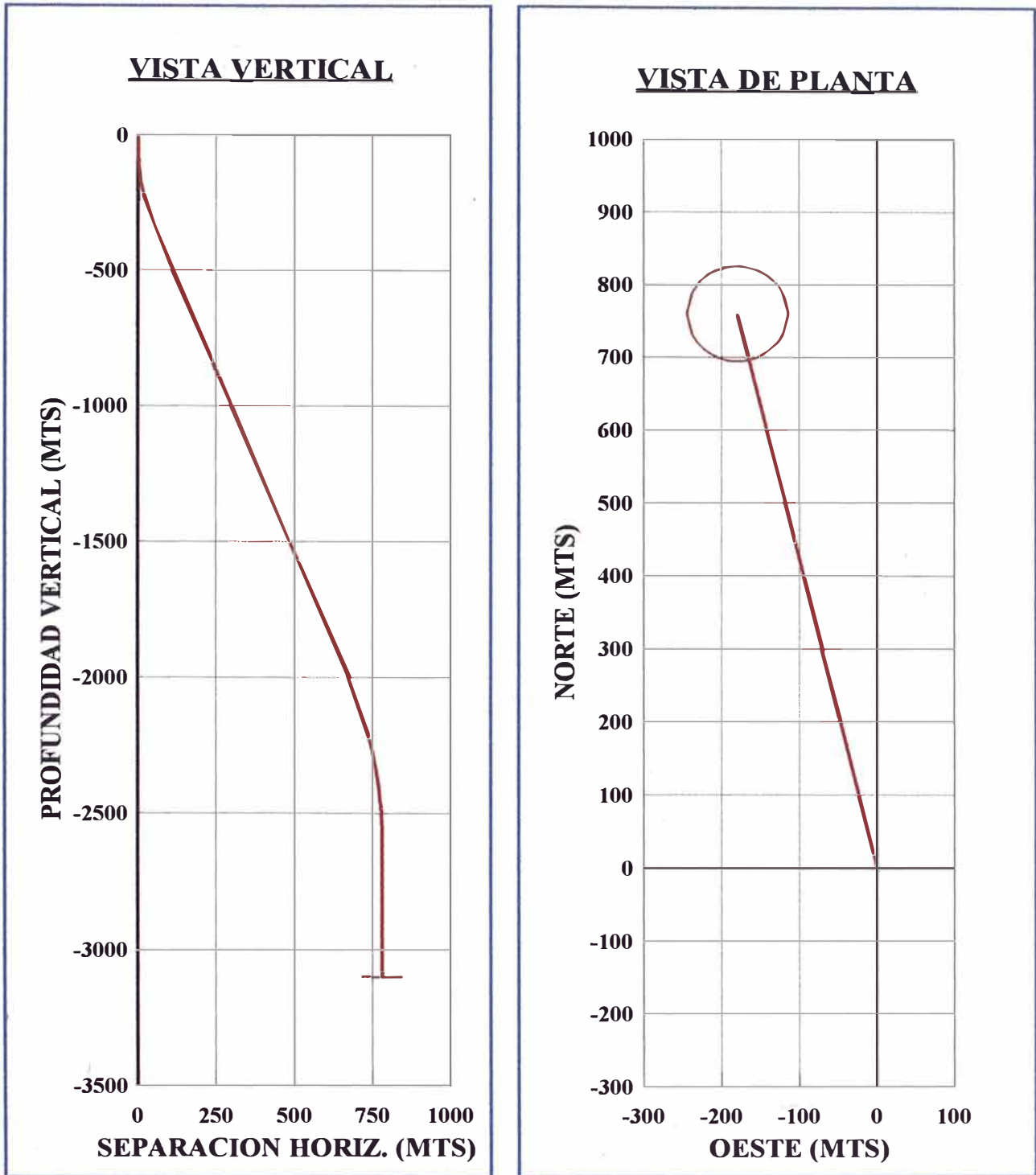
FIGURA N° 1

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERAL SELVA NORTE

| | | | | | |
|--|--|---------------------------------|---------|--|---|
| C E N O Z O I C O | C U A T E R N | FORMACION ALUVIAL | 0' | | - ARCILLITA Y LODOLITAS. |
| | | FORMACION CORRIENTES | 20' | | - ARENISCAS, LITICA, CON INTERC. DE ARCILLITAS. |
| | | FORMACION MARAÑON | 900' | | - ARENISCA, CUARZOSA, CON INTERC. DE ARCILLITAS, Y LODOLITA ABIGARRADA. |
| | | FORMACION PEBAS | 1,750' | | - LUTITA, LIGERAMENTE CALCAREA CON INTERCALACIONES DE MARGA. |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - LODOLITA LIMOLITICA, CON INTERC. DE ANHIDRITA Y ARENISCAS. |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - LUTITA FISIBLE. |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - LODOLITA ABIGARRADA, CON INTERC. DE LOMOLITA, CAPAS DE ANHIDRITA. |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - LODOLITA CALCAREA CON INTERCAL. DE ARCILLITAS. CAPAS DE ANHIDR. |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - ARENISCAS, CALCAREO. CAPAS DE ANHIDRITA |
| | | FORMACION CHAMBIRA | 3.350' | | - ARCILLITA, ABUNDANTE MODULOS CALCAREOS. CAPAS DE ANHIDRITA |
| C R E T A C E O | T E R C I A R I A | FORMACION POZO | 7,650' | | - LIMOLITAS. |
| | | FORMACION POZO BASAL | 8,000' | | - LUTITA, FISIBLE, PIRITOSA, NO CALCAREA |
| | | FORMACION YAHUARANGO | 8,075' | | - ARENISCA, CUARZOSA |
| | | FORMACION YAHUARANGO | 8,075' | | - LODOLITA, NO CALCAREA |
| | | FORMACION YAHUARANGO | 8,075' | | - LODOLITA, LIMOLITICA, CALCAREA, C/ DE ARENISCAS. |
| | | FORMACION VIVIAN | 8,850' | | - ARENISCAS, CUARZOSA, C/ DE LUTITAS. |
| | | FORMACION CHONTA | 9,200' | | - LUTITAS, PIRITOSA. |
| | | FORMACION CHONTA | 9,200' | | - ARENISCA, CUARZOSA, COMPACTA |
| | | FORMACION AGUA CALIENTE | 9,900' | | - ARENISCA BLANCA CUARZOSA FINA ARCILLOSA |
| | | FORMACION AGUA CALIENTE | 10,000' | | - ARENAS PETROLIFERAS |
| M E S O Z O I C O | C R E T A C E O | | | | |
| | | | | | |

FIGURA N° 2

PERFORACION DIRECCIONAL TIPO "S"
SELVA NORTE



6. **GRAFICOS**

GRAFICO N° 1

PERFORMANCE NUMERO DE BROCCAS

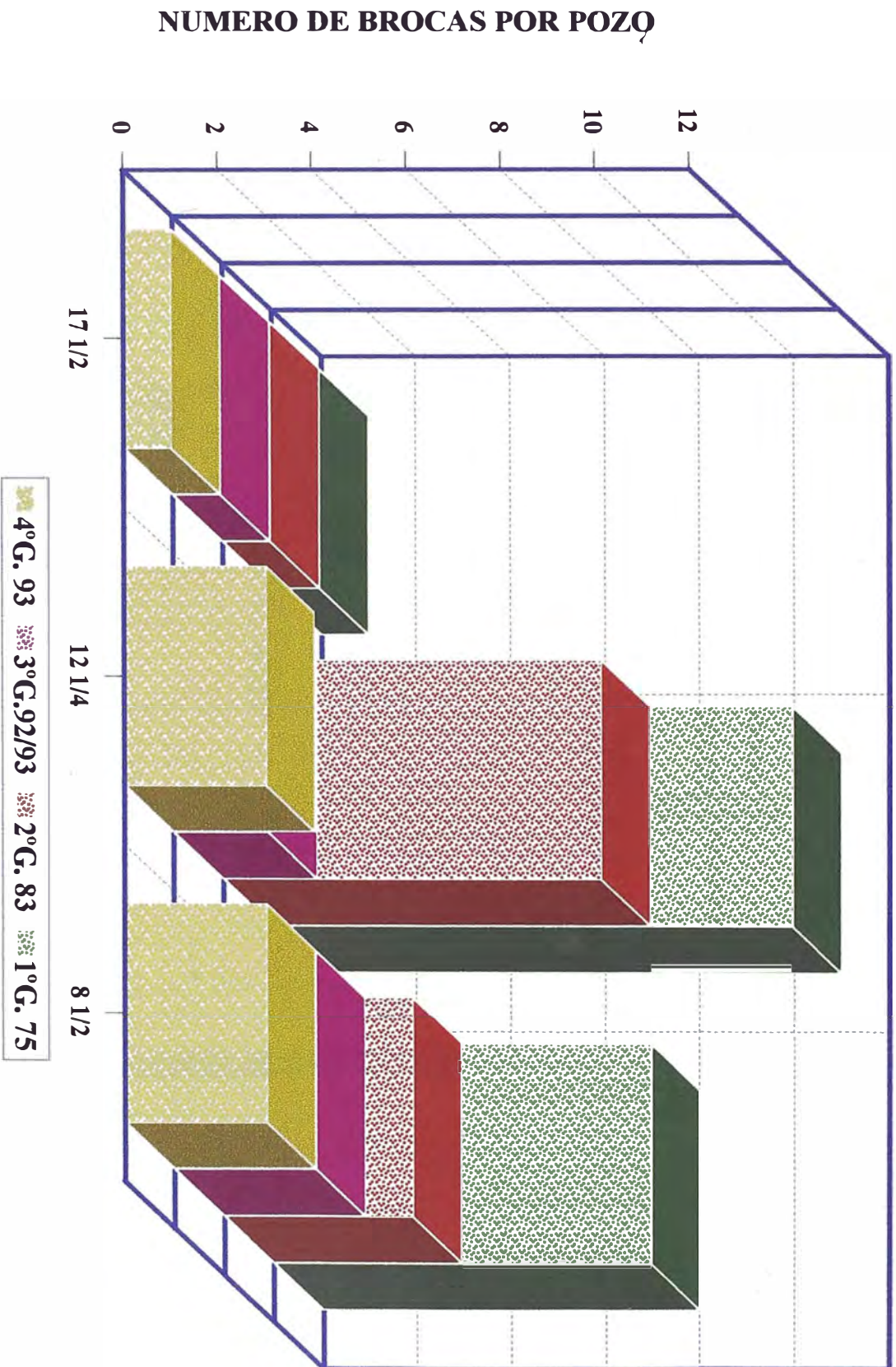


GRAFICO N° 2
REGIMEN DE PENETRACION POR BROCA

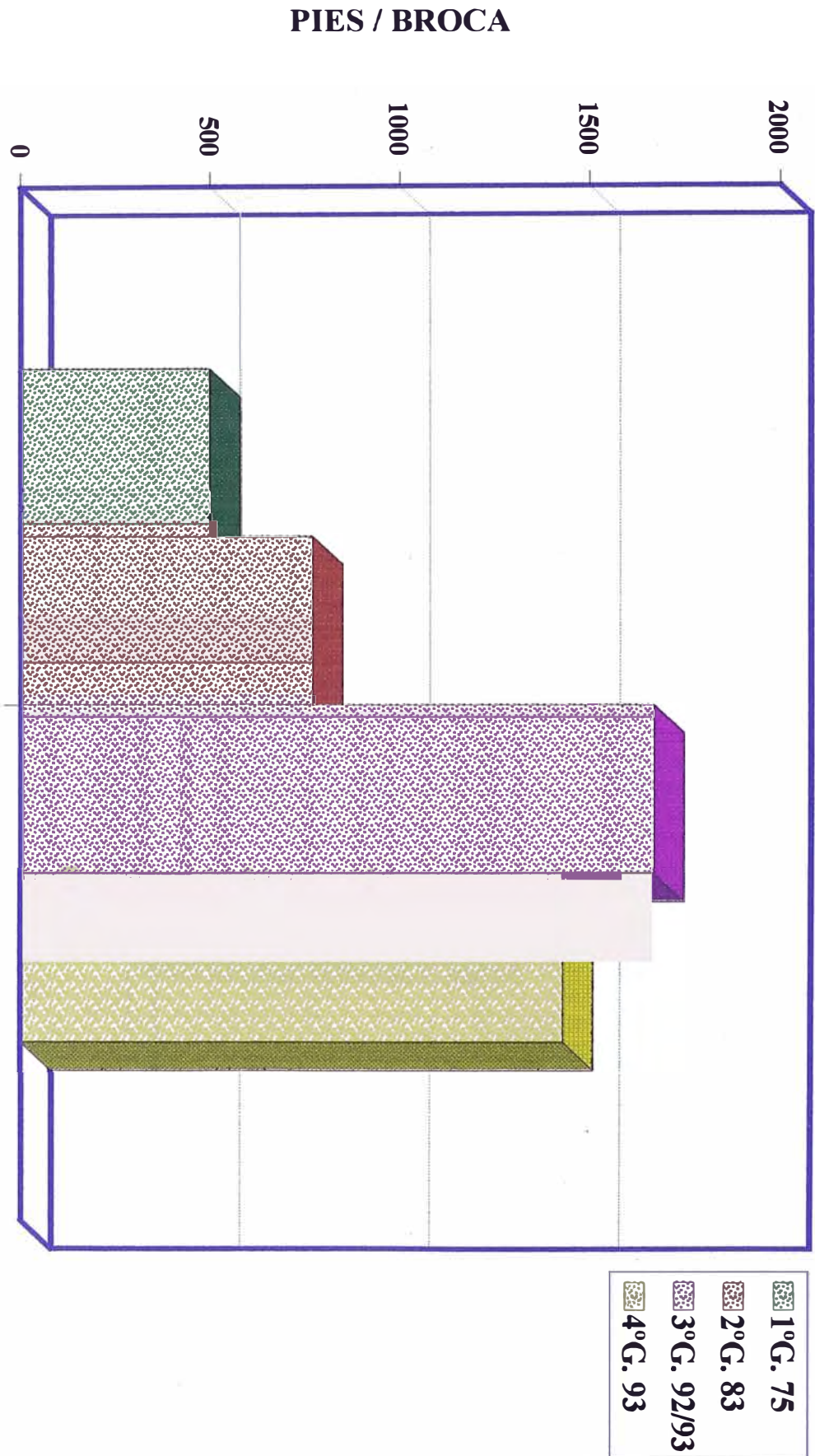


GRAFICO N° 3

REGIMEN DE PENETRACION POR BROCA POR TRAMO

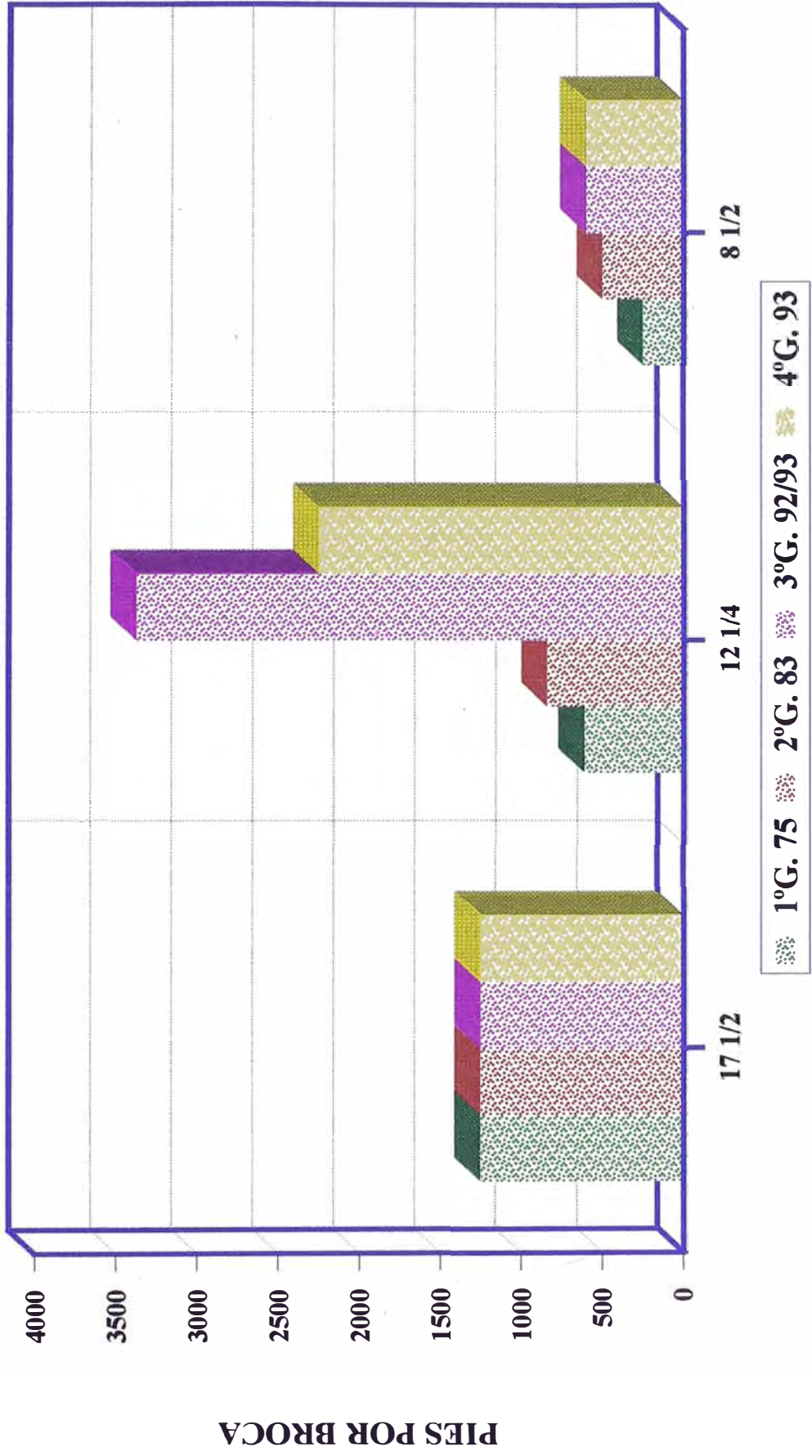


GRAFICO N° 4
HORAS TOTAL DE ROTACION POR POZO

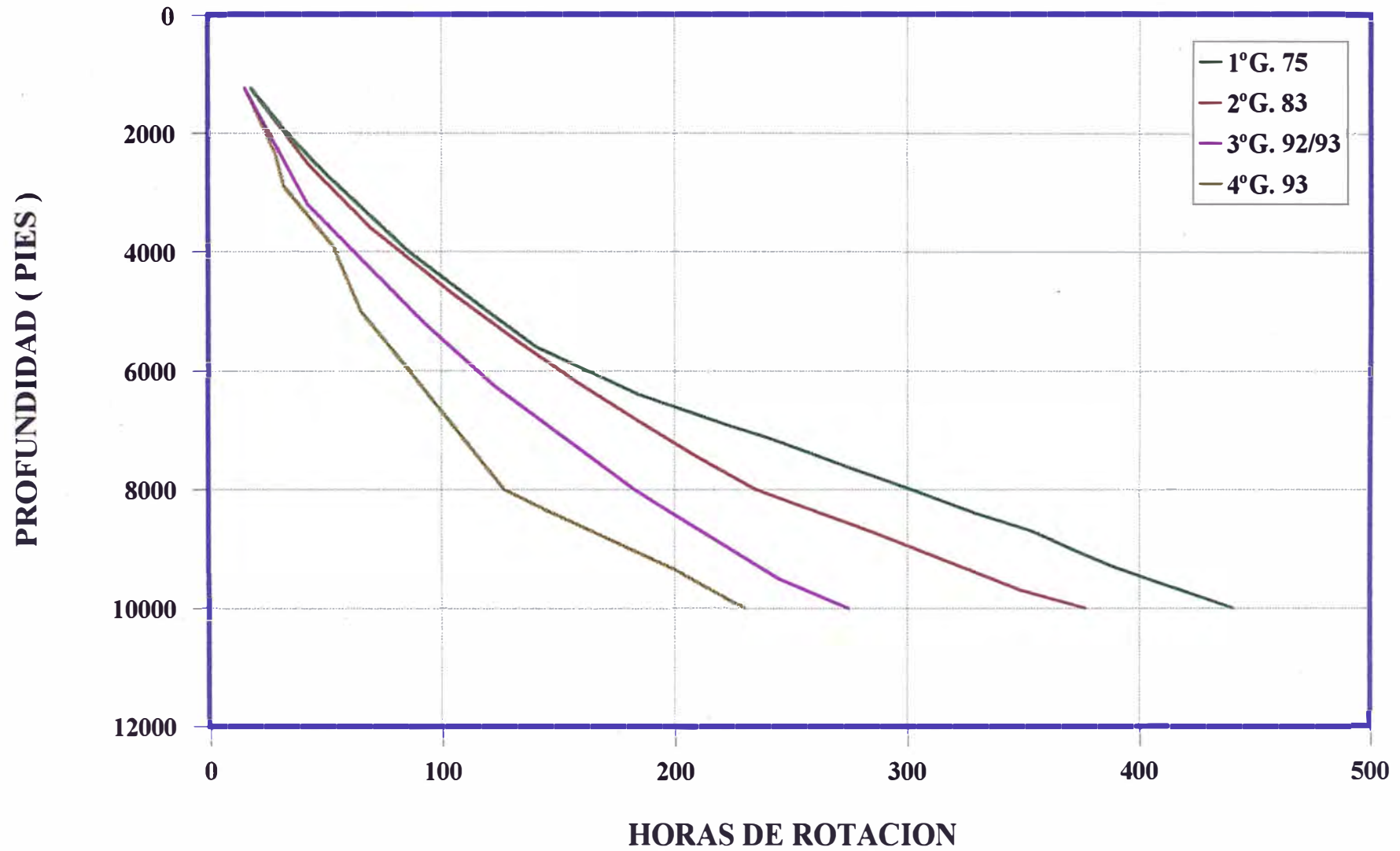


GRAFICO N° 5

HORAS DE TIEMPO DE VIAJE POR POZO

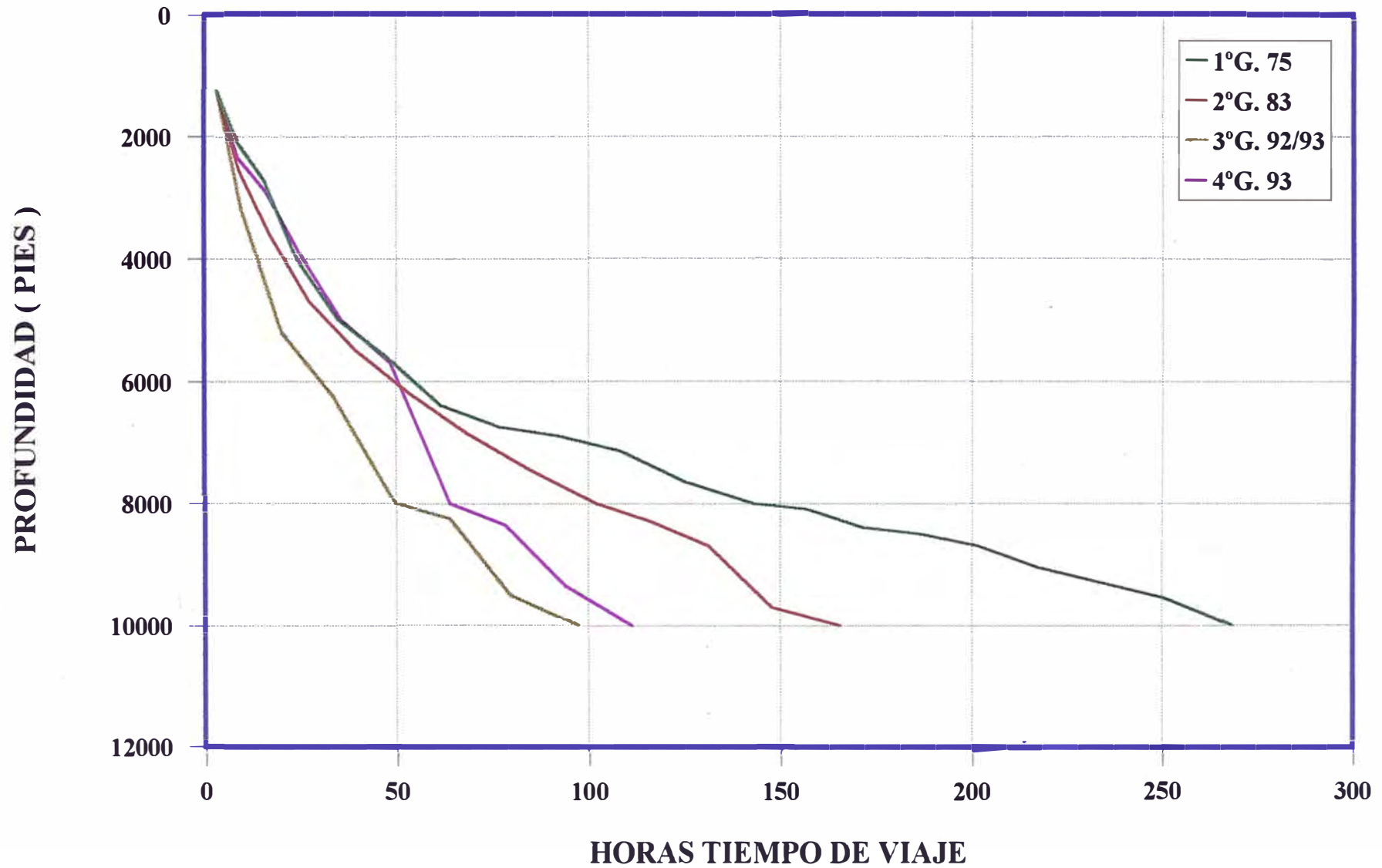


GRAFICO N° 6
REGIMEN DE PENETRACION PROMEDIO POR BROCA

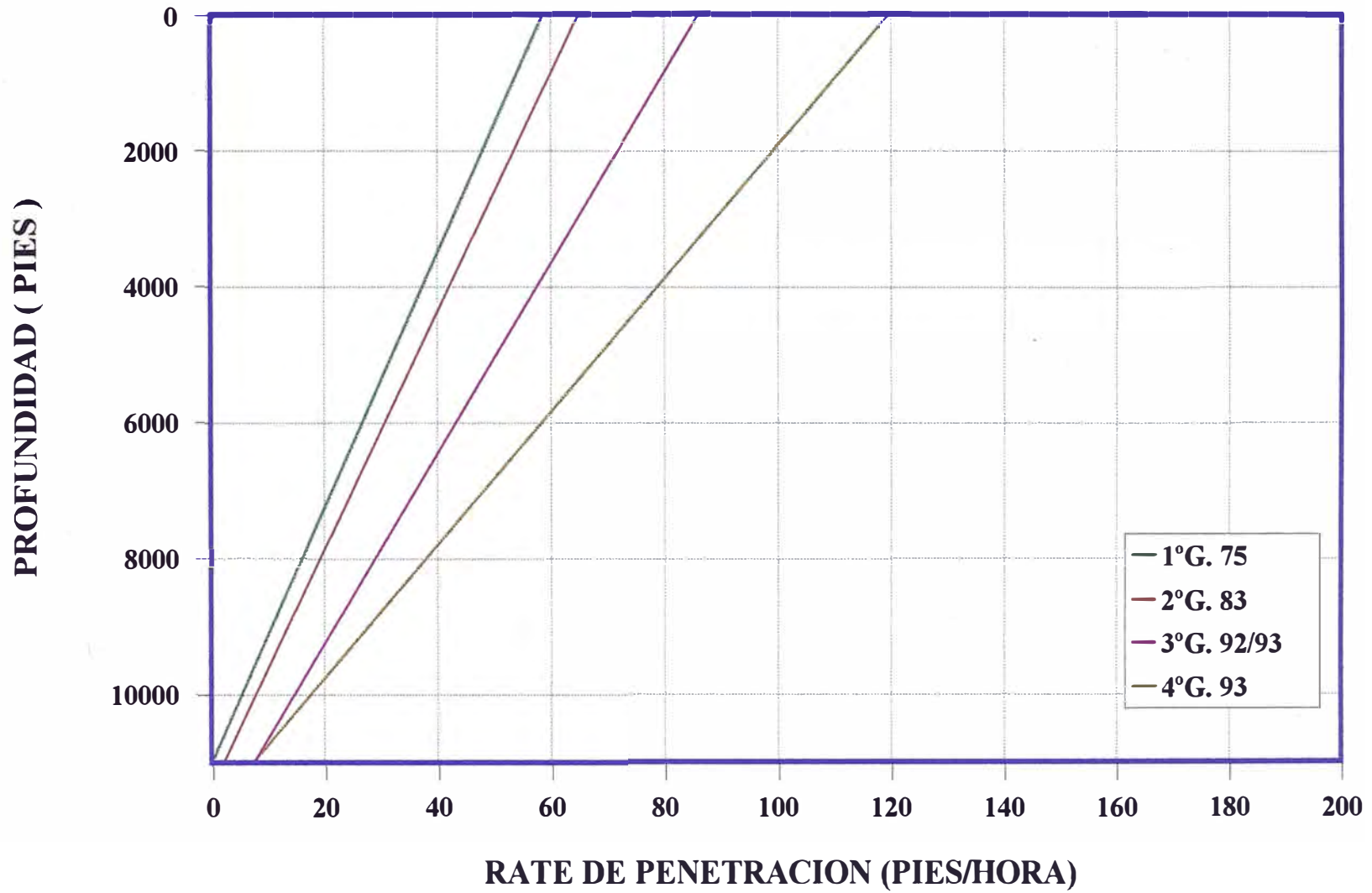


GRAFICO N° 7

REGIMEN DE PENETRACION TOTAL POR BROCA

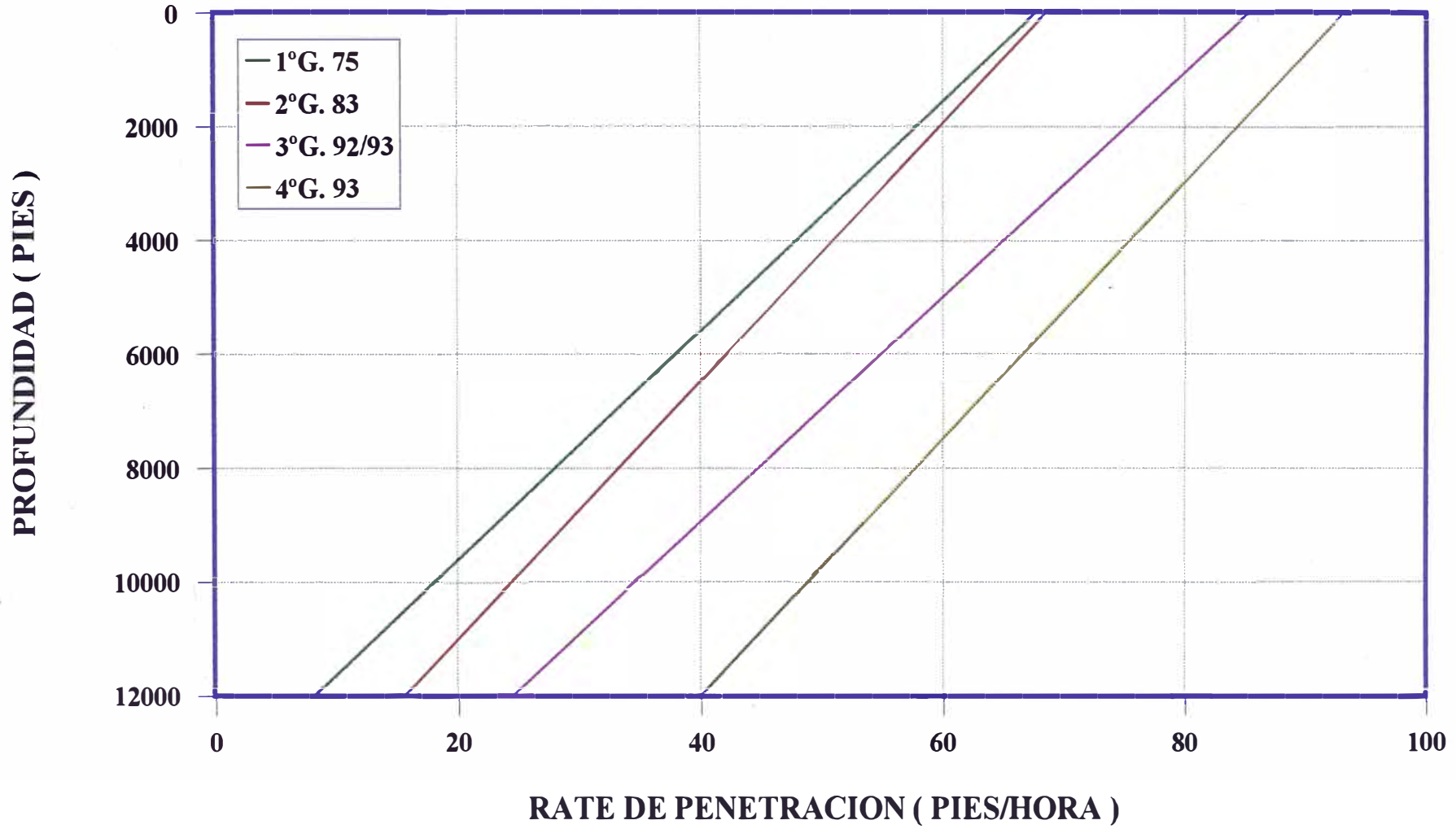
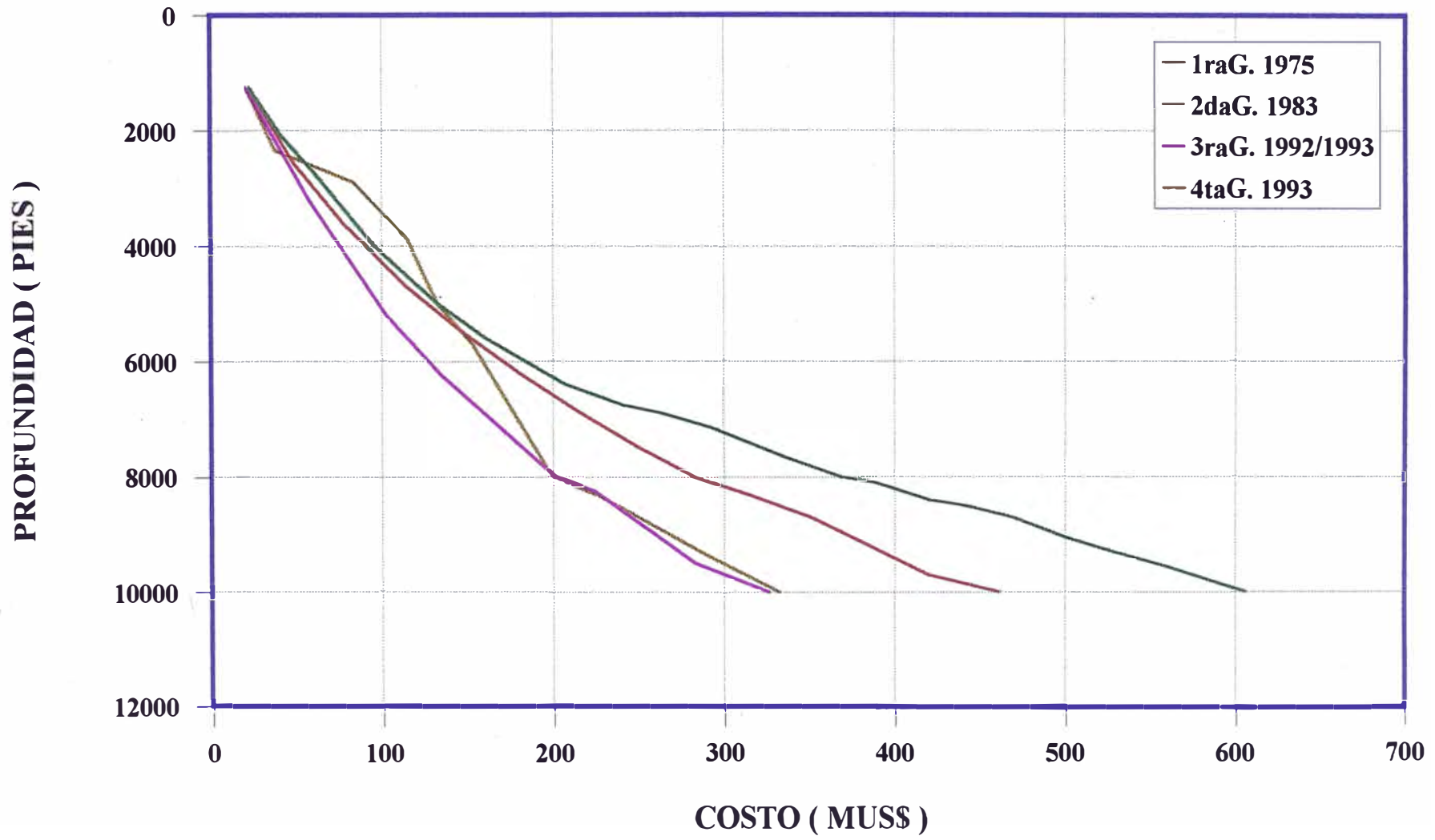


GRAFICO N° 8
COSTO TOTAL ACUMULADO



7. ANEXOS

ANEXO

PARAMETROS Y COSTOS PROMEDIO

PRIMERA GENERACION - 1975

| No | DIAM. | TIPO | J E T S | SALE A | INTERV. | ACUM. | HRS. | ACUM. | RATE | ACUM. | PRESI. | GPM | WOB | RPM | DENS | T - B - G | V.A. | HPsup. | HPbit | %HPbit | HSI | COSTO BROCA | COSTO TOTAL | COSTO ACUM. | TIEMP. VIAJE |
|----|-------|-------|--------------|--------|---------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-----|-----|-----|------|-----------|------|--------|-------|--------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 17.50 | 1-1-1 | 15 15 15 0 0 | 1,250 | 1,250 | 1,250 | 19 | 19 | 65.8 | 65.8 | 1,200 | 445 | 15 | 80 | 9.1 | 1 - 1 - 0 | 36 | 312 | 159 | 51 | 0.7 | 6,050 | 22,334 | 22,334 | 3 |
| 1 | 12.25 | 1-1-1 | 13 13 13 0 0 | 2,100 | 850 | 850 | 18 | 18 | 47.2 | 47.2 | 1,500 | 445 | 10 | 70 | 9.2 | 4 - 4 - 1 | 73 | 389 | 286 | 73 | 2.4 | 2,070 | 18,988 | 41,322 | 5 |
| 2 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 13 0 0 | 2,700 | 600 | 1,450 | 15 | 33 | 40.0 | 43.9 | 1,500 | 400 | 10 | 100 | 9.6 | 6 - 4 - 1 | 65 | 350 | 217 | 62 | 1.8 | 2,070 | 17,714 | 59,036 | 6 |
| 3 | 12.25 | 1-1-4 | 14 13 13 0 0 | 4,000 | 1,300 | 1,300 | 35 | 35 | 37.1 | 37.1 | 1,800 | 445 | 25 | 100 | 10.1 | 3 - 5 - 1 | 73 | 467 | 283 | 61 | 2.4 | 3,030 | 35,790 | 94,826 | 9 |
| 4 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 13 0 0 | 5,000 | 4,665 | 5,965 | 34 | 69 | 137.2 | 86.4 | 2,000 | 445 | 25 | 100 | 10.1 | 3 - 4 - 0 | 73 | 519 | 314 | 60 | 2.7 | 3,030 | 36,668 | 131,494 | 11 |
| 5 | 12.25 | 1-1-4 | 12 12 11 0 0 | 5,600 | 600 | 6,565 | 21 | 90 | 28.6 | 72.9 | 2,000 | 370 | 25 | 100 | 10.1 | 5 - 4 - 0 | 60 | 432 | 277 | 64 | 2.4 | 3,030 | 27,894 | 159,388 | 12 |
| 6 | 12.25 | 1-1-4 | 12 11 11 0 0 | 6,400 | 800 | 800 | 44 | 44 | 18.2 | 18.2 | 2,000 | 365 | 25 | 100 | 10.1 | 4 - 5 - 1 | 60 | 426 | 299 | 70 | 2.5 | 3,030 | 46,446 | 205,834 | 14 |
| 7 | 12.25 | 1-1-4 | 11 11 11 0 0 | 6,750 | 350 | 350 | 26 | 26 | 13.5 | 13.5 | 2,000 | 350 | 25 | 100 | 10.1 | 3 - 3 - 0 | 57 | 408 | 298 | 73 | 2.5 | 3,030 | 33,516 | 239,350 | 15 |
| 8 | 12.25 | 1-1-4 | 11 11 11 0 0 | 6,900 | 150 | 150 | 11 | 11 | 13.6 | 13.6 | 2,000 | 350 | 25 | 100 | 10.1 | 5 - 4 - 0 | 57 | 408 | 298 | 73 | 2.5 | 3,030 | 22,510 | 261,859 | 15 |
| 9 | 12.25 | 1-3-1 | 11 11 11 0 0 | 7,150 | 250 | 400 | 20 | 31 | 12.5 | 12.9 | 2,000 | 350 | 25 | 100 | 10.1 | 0 - 0 - 1 | 57 | 408 | 298 | 73 | 2.5 | 2,070 | 28,707 | 290,566 | 16 |
| 10 | 12.25 | 1-3-1 | 11 11 12 0 0 | 7,650 | 500 | 500 | 35 | 35 | 14.3 | 14.3 | 2,000 | 375 | 25 | 100 | 10.2 | 4 - 4 - 0 | 61 | 438 | 327 | 75 | 2.8 | 3,030 | 41,730 | 332,296 | 17 |
| 11 | 12.25 | 1-3-1 | 11 11 13 0 0 | 8,000 | 350 | 350 | 26 | 26 | 13.5 | 13.5 | 2,000 | 370 | 25 | 100 | 10.2 | 4 - 4 - 0 | 60 | 432 | 277 | 64 | 2.4 | 2,070 | 34,590 | 366,886 | 17 |
| 1 | 8.50 | 1-1-1 | 11 11 10 0 0 | 8,100 | 100 | 100 | 7 | 7 | 14.3 | 14.3 | 2,000 | 340 | 30 | 90 | 9.6 | 4 - 6 - 1 | 115 | 397 | 294 | 74 | 5.2 | 1,250 | 17,433 | 384,319 | 15 |
| 2 | 8.50 | 1-1-4 | 11 11 10 0 0 | 8,400 | 300 | 400 | 21 | 28 | 14.3 | 14.3 | 2,000 | 340 | 30 | 90 | 9.7 | 4 - 3 - 0 | 115 | 397 | 297 | 75 | 5.2 | 1,690 | 28,861 | 413,180 | 15 |
| 3 | 8.50 | 1-1-4 | 11 11 10 0 0 | 8,500 | 100 | 100 | 8 | 8 | 12.5 | 12.5 | 2,000 | 340 | 30 | 80 | 9.7 | 2 - 4 - 0 | 115 | 397 | 297 | 75 | 5.2 | 1,250 | 18,834 | 432,014 | 15 |
| 4 | 8.50 | 1-3-1 | 11 11 10 0 0 | 8,700 | 200 | 200 | 17 | 17 | 11.8 | 11.8 | 2,000 | 330 | 30 | 80 | 9.7 | 2 - 6 - 1 | 112 | 385 | 271 | 71 | 4.8 | 1,250 | 25,909 | 457,923 | 16 |
| 5 | 8.50 | 5-3-7 | 11 11 10 0 0 | 9,050 | 350 | 350 | 20 | 20 | 17.5 | 17.5 | 2,000 | 330 | 30 | 80 | 9.8 | 8 - 6 - 0 | 112 | 385 | 274 | 71 | 4.8 | 1,250 | 28,729 | 486,652 | 17 |
| 6 | 8.50 | 5-3-7 | 11 11 10 0 0 | 9,300 | 250 | 250 | 15 | 15 | 16.7 | 16.7 | 2,000 | 330 | 30 | 70 | 9.8 | 8 - 3 - 0 | 112 | 385 | 274 | 71 | 4.8 | 1,690 | 25,826 | 512,478 | 17 |
| 7 | 8.50 | 5-4-5 | 11 11 10 0 0 | 9,550 | 250 | 250 | 18 | 18 | 13.9 | 13.9 | 2,000 | 330 | 30 | 70 | 9.9 | 4 - 6 - 0 | 112 | 385 | 277 | 72 | 4.9 | 1,690 | 28,483 | 540,960 | 18 |
| 8 | 8.50 | 5-4-5 | 11 11 10 0 0 | 10,000 | 450 | 450 | 34 | 34 | 13.2 | 13.2 | 2,000 | 330 | 30 | 60 | 9.8 | 8 - 8 - 0 | 112 | 385 | 274 | 71 | 4.8 | 4,820 | 44,345 | 585,305 | 19 |

444

COSTO EQUIPO 750 US\$/HR
TIEMPO VIAJE 2.2 HR/1000FT

269

ANEXO II

PARAMETROS Y COSTOS PROMEDIO SEGUNDA GENERACION - 1,987

| No | DIAM. | TIPO | J E T S | SALE A | INTERV. | ACUM. | HRS. | ACUM. | RATE | ACUM. | PRESI. | GPM | WOB | RPM | DENS | T - B - G | V.A. | HPsup | HPbit | %HPbit | HSI | COSTO BROCA | COSTO TOTAL | COSTO ACUM. | TIEMP. VIAJE |
|----|-------|-------|--------------|--------|---------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-----|-----|-----|------|-------------|------|-------|-------|--------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 17.50 | 1-1-1 | 18 18 16 0 0 | 1,250 | 1,250 | 1,250 | 19 | 19 | 65.8 | 65.8 | 800 | 529 | 10 | 15 | 8.9 | 6 - 6 - 1 | 42 | 247 | 146 | 59 | 0.6 | 6,050 | 22,334 | 22,334 | 3 |
| 1 | 12.25 | 1-1-4 | 14 14 13 0 0 | 2,550 | 1,300 | 1,300 | 18 | 25 | 52.0 | 52.0 | 1,400 | 455 | 10 | 100 | 9.1 | 4 - 6 - 1 | 74 | 372 | 247 | 67 | 2.1 | 3,030 | 25,930 | 48,265 | 6 |
| 2 | 12.25 | 1-1-4 | 14 14 13 0 0 | 3,600 | 1,050 | 2,350 | 15 | 52 | 38.9 | 45.2 | 1,600 | 450 | 20 | 100 | 9.4 | 5 - 5 - 1 | 73 | 420 | 247 | 59 | 2.1 | 3,030 | 29,139 | 77,404 | 8 |
| 3 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 13 0 0 | 4,700 | 1,100 | 1,100 | 35 | 35 | 31.4 | 31.4 | 1,800 | 385 | 25 | 100 | 9.5 | 4 - 4 - 1/4 | 63 | 404 | 191 | 47 | 1.6 | 3,030 | 36,929 | 114,333 | 10 |
| 4 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 12 0 0 | 5,500 | 5,165 | 6,265 | 34 | 63 | 184.5 | 99.4 | 2,000 | 380 | 30 | 100 | 9.5 | 6 - 6 - 1 | 62 | 443 | 204 | 46 | 1.7 | 3,030 | 32,981 | 147,314 | 12 |
| 5 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 12 0 0 | 6,200 | 700 | 6,965 | 21 | 89 | 26.9 | 78.3 | 2,000 | 380 | 30 | 100 | 9.5 | 4 - 4 - 1 | 62 | 443 | 204 | 46 | 1.7 | 3,030 | 32,621 | 179,935 | 13 |
| 6 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 12 0 0 | 6,850 | 650 | 650 | 44 | 26 | 25.0 | 25.0 | 2,000 | 380 | 30 | 100 | 9.6 | 4 - 5 - 1 | 62 | 443 | 206 | 46 | 1.7 | 3,030 | 33,678 | 213,613 | 15 |
| 7 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 12 0 0 | 7,450 | 600 | 600 | 26 | 25 | 24.0 | 24.0 | 2,000 | 380 | 35 | 100 | 9.7 | 4 - 4 - 1 | 62 | 443 | 208 | 47 | 1.8 | 3,030 | 33,905 | 247,518 | 16 |
| 8 | 12.25 | 1-1-4 | 13 13 12 0 0 | 8,000 | 550 | 550 | 11 | 25 | 22.0 | 22.0 | 2,000 | 375 | 35 | 100 | 10.0 | 4 - 4 - 1 | 61 | 438 | 206 | 47 | 1.7 | 3,030 | 34,800 | 282,318 | 17 |
| 1 | 8.50 | 1-1-4 | 12 11 11 0 0 | 8,300 | 300 | 850 | 20 | 46 | 14.3 | 18.5 | 2,000 | 335 | 25 | 90 | 9.0 | 4 - 4 - 1/8 | 114 | 391 | 207 | 53 | 3.6 | 1,690 | 28,698 | 311,016 | 15 |
| 2 | 8.50 | 1-1-4 | 12 11 11 0 0 | 8,700 | 400 | 400 | 35 | 28 | 14.3 | 14.3 | 2,000 | 335 | 30 | 90 | 9.2 | 6 - 6 - 1/8 | 114 | 391 | 212 | 54 | 3.7 | 1,690 | 34,599 | 345,615 | 16 |
| 3 | 8.50 | 5-1-7 | 11 11 11 0 0 | 9,700 | 1,000 | 1,000 | 26 | 65 | 15.4 | 15.4 | 2,000 | 308 | 30 | 80 | 9.2 | 4 - 4 - 1/8 | 104 | 359 | 186 | 52 | 3.3 | 4,820 | 67,107 | 412,722 | 18 |
| 4 | 8.50 | 5-1-7 | 11 11 11 0 0 | 10,000 | 300 | 300 | 7 | 28 | 10.7 | 10.7 | 2,000 | 308 | 30 | 60 | 9.4 | 2 - 2 - 1 | 104 | 359 | 190 | 53 | 3.3 | 4,820 | 39,845 | 452,567 | 19 |

311

168

COSTO EQUIPO 750 US\$/HR

TIEMPO VIAJE 2.2 HR/1000FT

ANEXO III

PARAMETROS Y COSTOS PROMEDIO TERCERA GENERACION 1,992/1,993

| No | DIAM. | TIPO | J E T S | SALE A | INTERV. | ACUM. | HRS. | ACUM. | RATE | ACUM. | PRESI. | GPM | WOB | RPM | DENS | T - B - G | V.A. | HPsup | HPbit | %HPbit | HSI | COSTO BROCA | COSTO TOTAL | COSTO ACUM. | TIEMPO VIAJE |
|-----|-------|-------|---------------|--------|---------|-------|------|-------|------|-------|--------|-----|-----|-----|------|-------------|------|-------|-------|--------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | 17.50 | 1-1-1 | 18 18 16 0 0 | 1,250 | 1,250 | 1,250 | 16 | 16 | 78.1 | 78.1 | 500 | 418 | 5 | 120 | 8.8 | 1 - 1 - 1 | 33 | 122 | 71 | 58 | 0.3 | 6,050 | 20,084 | 20,084 | 3 |
| 1 | 12.25 | 4-4-7 | 14 14 14 10 0 | 3,200 | 1,950 | 1,950 | 27 | 27 | 72.2 | 72.2 | 2,600 | 727 | 35 | 140 | 9.5 | 1 - 1 - 1 | 119 | 1,103 | 700 | 63 | 5.9 | 12,030 | 37,488 | 57,572 | 7 |
| 1R | 12.25 | 4-4-7 | 14 14 14 10 0 | 5,200 | 2,000 | 3,950 | 50 | 77 | 40.0 | 51.3 | 2,600 | 635 | 35 | 180 | 9.6 | 1 - 1 - 1 | 104 | 963 | 471 | 49 | 4.0 | 0 | 45,963 | 103,535 | 11 |
| 1RR | 12.25 | 4-4-7 | 13 13 13 9 0 | 6,250 | 1,050 | 5,000 | 30 | 107 | 35.0 | 46.7 | 2,800 | 590 | 30 | 180 | 9.7 | 1 - 1 - 1 | 96 | 964 | 523 | 54 | 4.4 | 0 | 32,672 | 136,207 | 14 |
| 2 | 12.25 | 4-3-7 | 13 13 14 0 0 | 8,000 | 1,750 | 1,750 | 60 | 60 | 29.2 | 29.2 | 3,000 | 528 | 37 | 110 | 10.4 | 7 - 8 - 1/4 | 86 | 924 | 487 | 53 | 4.1 | 9,250 | 67,270 | 203,477 | 17 |
| 1 | 8.50 | 1-1-4 | 11 11 11 0 0 | 8,250 | 250 | 250 | 10 | 10 | 25.0 | 25.0 | 2,500 | 380 | 30 | 100 | 9.8 | 4 - 2 - 1 | 129 | 554 | 372 | 67 | 6.5 | 1,690 | 20,367 | 223,844 | 15 |
| 2 | 8.50 | 4-3-7 | 11 11 11 0 0 | 9,500 | 1,250 | 1,250 | 52 | 52 | 24.0 | 24.0 | 2,500 | 380 | 35 | 100 | 9.8 | 8 - 6 - 1/8 | 129 | 554 | 372 | 67 | 6.5 | 4,820 | 57,031 | 280,875 | 18 |
| 3 | 8.50 | 5-1-7 | 11 11 11 0 0 | 10,000 | 500 | 500 | 30 | 30 | 16.7 | 16.7 | 2,600 | 380 | 35 | 90 | 9.9 | 6 - 3 - 1/8 | 129 | 576 | 375 | 65 | 6.6 | 4,820 | 41,345 | 322,220 | 19 |

275

103

COSTO EQUIPO 750 US\$/HR

TIEMPO VIAJE 1 HR/1000FT

NOTA - Broca Nº 1 de 12 1/4" con sello metálico.
- Broca Nº 2 y 3 de 8 1/2" de alta tecnología.

ANEXO IV

PARAMETROS Y COSTOS PROMEDIO CUARTA GENERACION 1,993

| No | DIAM. | TIPO | J E T ' S | SALE A | INTERV. | ACUM. | HRS. | ACUM. | RATE | ACUM. | PRESI. | GPM | WOB | RPM | DENS | T - B - G | V.A. | HPsup | HPbit | %HPbit | HSI | COSTO BROCA | COSTO TOTAL | COSTO ACUM. | TIEMP. VIAJE |
|------|-------|-------|-----------------|--------|---------|-------|------|-------|-------|-------|--------|-----|-----|-----|------|--------------|------|-------|-------|--------|-----|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 17.50 | 1-1-1 | 18 18 18 0 0 | 1,250 | 1,250 | 1,250 | 19 | 16 | 78.1 | 78.1 | 500 | 410 | 10 | 120 | 8.9 | 2 - 1 - 1 | 33 | 120 | 59 | 49 | 0.2 | 6,050 | 20,084 | 20,084 | 3 |
| 1 | 12.25 | 1-1-1 | 15 15 15 0 0 | 2,350 | 1,100 | 1,100 | 18 | 13 | 84.6 | 84.6 | 2,400 | 705 | 35 | 70 | 9.4 | 3 - 3 - 1 | 115 | 987 | 656 | 66 | 5.6 | 3,030 | 16,605 | 36,689 | 5 |
| 2 | 12.25 | 4-1-7 | * 13 13 13 13 0 | 2,900 | 550 | 1,650 | 15 | 17 | 137.5 | 97.1 | 2,500 | 688 | 10 | 160 | 9.7 | 1 - X - 1 | 112 | 1,004 | 627 | 62 | 5.3 | 38,000 | 45,720 | 82,409 | 6 |
| 3 | 12.25 | 4-3-7 | 15 15 15 0 0 | 3,900 | 1,000 | 1,000 | 35 | 21 | 47.6 | 47.6 | 2,600 | 690 | 40 | 80 | 9.8 | 1 - 1 - 1/16 | 113 | 1,047 | 641 | 61 | 5.4 | 9,250 | 31,347 | 113,756 | 8 |
| 2R | 12.25 | 4-1-7 | * 13 13 13 14 0 | 5,000 | 4,665 | 5,665 | 34 | 33 | 388.8 | 171.7 | 2,600 | 649 | 10 | 160 | 9.7 | 1 - X - 1 | 106 | 984 | 487 | 49 | 4.1 | 0 | 17,138 | 130,894 | 11 |
| 2RR | 12.25 | 4-1-7 | * 14 14 14 14 0 | 5,700 | 700 | 6,365 | 21 | 48 | 46.7 | 132.6 | 2,600 | 630 | 10 | 160 | 9.7 | 1 - X - 1 | 103 | 956 | 358 | 37 | 3.0 | 0 | 20,527 | 151,420 | 12 |
| 2RRR | 12.25 | 4-1-7 | * 11 11 11 18 0 | 8,000 | 2,300 | 2,300 | 44 | 47 | 48.9 | 48.9 | 2,600 | 630 | 10 | 160 | 10.6 | 2 - X - 1 | 103 | 956 | 509 | 53 | 4.3 | 0 | 48,270 | 199,690 | 17 |
| 1 | 8.50 | 1-1-4 | 11 11 11 0 0 | 8,350 | 350 | 350 | 26 | 18 | 19.4 | 19.4 | 2,600 | 359 | 30 | 100 | 9.6 | 7 - 6 - 1/16 | 122 | 545 | 307 | 56 | 5.4 | 1,690 | 26,530 | 226,220 | 15 |
| 2 | 8.50 | 4-1-7 | 11 11 11 0 0 | 9,350 | 1,000 | 1,000 | 11 | 55 | 18.2 | 18.2 | 2,600 | 359 | 25 | 90 | 9.6 | 7 - 6 - 1/8 | 122 | 545 | 307 | 56 | 5.4 | 4,820 | 59,037 | 285,257 | 17 |
| 3 | 8.50 | 4-3-7 | 10 11 11 0 0 | 10,000 | 650 | 1,650 | 20 | 85 | 21.7 | 19.4 | 2,600 | 348 | 25 | 90 | 9.5 | 2 - 3 - 1/8 | 118 | 528 | 312 | 59 | 5.5 | 4,820 | 41,345 | 326,602 | 19 |

243

114

COSTO EQUIPO 750 US\$/HR

TIEMPO VIAJE 2.2 HR/1000FT

NOTA - Broca N° 2 de 12 1/4" PDC. (*)
- Broca N° 2 y 3 de 8 1/2" de alta tecnología.