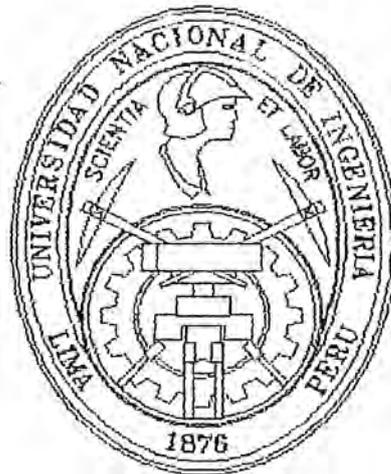


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO**



**"APLICACION DE NUEVAS TECNICAS Y MEJORAS  
EN PRACTICAS DE PERFORACION EN EL LOTE 8"**

**TITULACION PROFESIONAL POR  
EXAMEN PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TITULO DE :  
INGENIERO DE PETROLEO**

**José Antonio Chuyes Toledo**

**LIMA - PERU**

**1996**

# **"APLICACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS Y MEJORAS EN PRÁCTICAS DE PERFORACIÓN EN EL LOTE 8"**

## **ÍNDICE**

1. ANTECEDENTES
2. OBJETIVO
3. INTRODUCCIÓN
4. DESCRIPCIÓN
  - 4.1. APOYO LOGÍSTICO EN EL LOTE 8
    - 4.1.1. MOVIMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN Y EQUIPOS AUXILIARES.
      - DESPLAZAMIENTO DEL EQUIPO
      - MOVIMIENTO ENTRE PLATAFORMAS CERCANAS
      - MOVIMIENTO ENTRE CAMPOS
    - 4.2. OPERACIONES DE PERFORACIÓN EN EL LOTE 8
    - 4.3. DISEÑO DE PERFORACIÓN DE POZOS
5. NUEVAS TÉCNICAS Y MEJORAS
  - 5.1. MODIFICACIÓN EN EL EQUIPO DE PERFORACIÓN
  - 5.2. HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN.
  - 5.3. CONTROL DIRECCIONAL
  - 5.4. BROCAS DE PERFORACIÓN
    - 5.4.1. DISEÑO DE LAS BROCAS
    - 5.4.2. BROCAS DE DIAMANTE POLICRISTALINO COMPACTADO
      - FABRICACIÓN
      - FUERZA DE CORTE DE UN CORTADOR PDC
      - FUERZA GENERADA SOBRE UN CORTADOR
      - BROCAS PDC RESISTENTES A LA VIBRACIÓN
      - LA TECNOLOGÍA HÍBRIDA DE LA BROCA PDC
        - VIBRACIÓN LATERAL
        - VIBRACIÓN AXIAL
      - RENDIMIENTO DE LAS BROCAS HÍBRIDAS DE PDC
      - VENTAJAS DEL DISEÑO DE LAS BROCAS HÍBRIDAS
  - 5.5. FLUIDO DE PERFORACIÓN
  - 5.6. CEMENTACIÓN
  - 5.7. PROBLEMAS PRESENTADOS
6. ANÁLISIS ECONÓMICO
  - 6.1. COMPARACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN
7. CONCLUSIONES Y RESULTADOS
8. RECOMENDACIONES
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

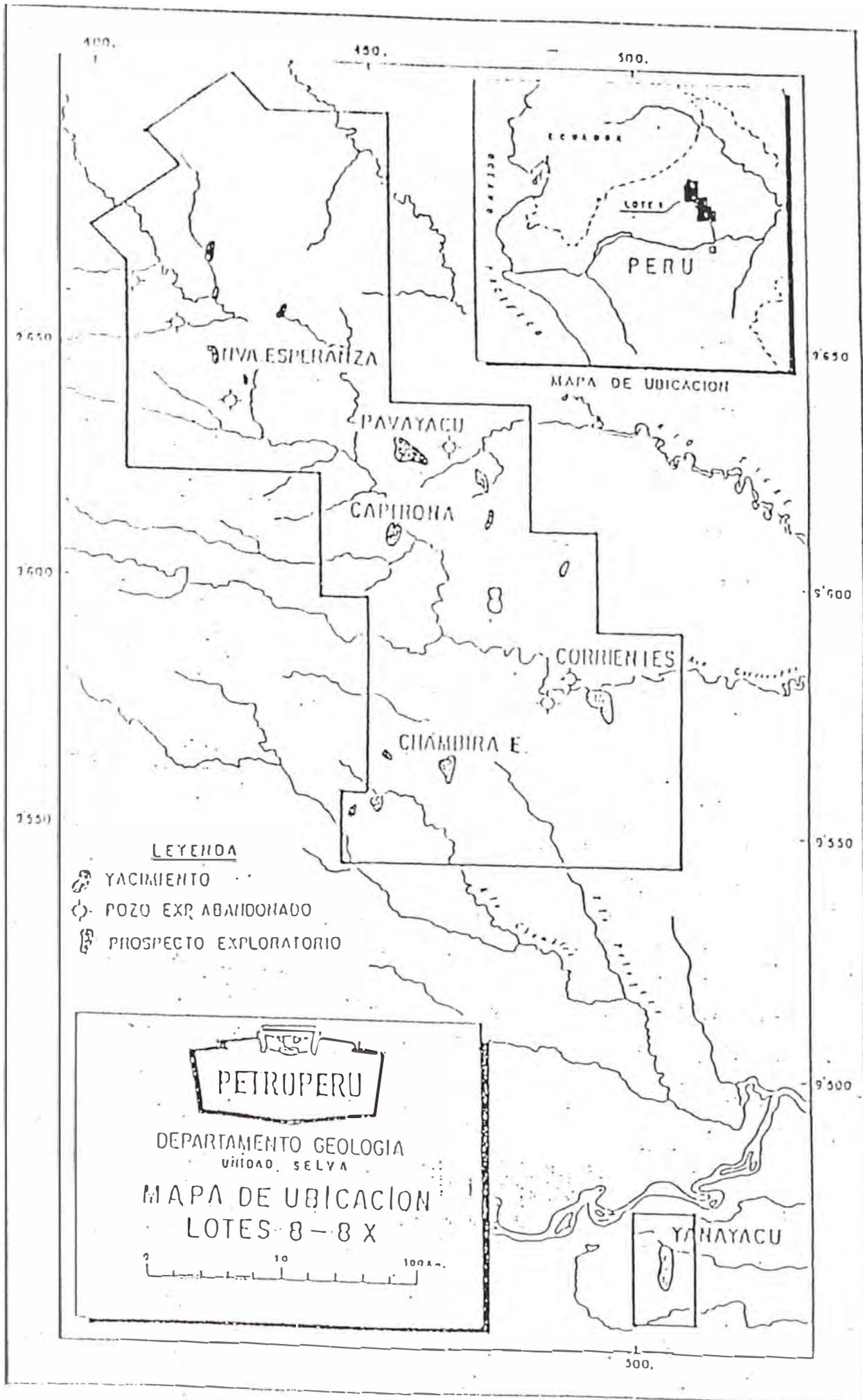
## **1. ANTECEDENTES**

El área del Lote 8 que opera Petróleos del Perú S. A. en la selva norte del territorio peruano se muestra en el **gráfico N° 1**.

Actualmente, se vienen desarrollando proyectos que han dado como resultado un incremento en la producción de petróleo a nivel nacional. A principios del año 1989 se reiniciaron las actividades de perforación, con el descubrimiento del yacimiento Chambira Este, ubicado a 30 Km. al Oeste del yacimiento Corrientes; El pozo 123X, descubridor del yacimiento, inició a perforarse el 23/03/89 culminándose con éxito el 05/06/89 a la profundidad de 4421 m. (14,505 pies). Seguidamente se perforó, desde la misma plataforma, el pozo dirigido 124XC, obteniéndose baja producción de petróleo. Esto trajo como consecuencia la suspensión temporal de las actividades de perforación de pozos nuevos quedando sin confirmar la extensión de este yacimiento.

Años después, se puso en marcha el proyecto “ Incremento de Producción Corrientes - Pavayacu “ con la perforación de nuevos pozos de desarrollo en las áreas de Corrientes y Pavayacu. El proyecto se dio inicio el 12/03/92 con el traslado del equipo 131 de la Cía. Parker Drilling desde la plataforma 123 Chambira hasta la plataforma 139 Corrientes.

Figura N° 1



En el área Corrientes se perforaron 4 pozos hasta el 20/10/92. El equipo fue trasladado hacia Pavayacu, reiniciándose la perforación el 27/12/92; En esta área se alcanzaron resultados satisfactorios, se descubrió y desarrolló una extensión del yacimiento Pavayacu. El número de pozos perforados hasta el 28/01/95 fueron de 16; En este periodo se aplicaron nuevas técnicas y se realizaron mejoras en las prácticas operativas de perforación lográndose reducir el tiempo promedio de perforación neta desde 17 hasta 11 días.

Posteriormente, con el traslado del equipo a Corrientes fueron perforados 3 pozos de desarrollo. Para el traslado del equipo de Pavayacu a Corrientes se empleó 19 días, reduciéndose a la mitad el tiempo utilizado en el sentido inverso.

Posteriormente, el traslado del equipo hacia Chambira Este se realizó en 15 días, disminuyendo el tiempo de traslado en el sentido contrario, el cuál fue de 24 días. Es esta plataforma se perforaron 2 pozos, terminándose de perforar el último de ellos el 17 de Setiembre de 1,995.

Seguidamente se continuará perforando pozos confirmatorios y de desarrollo en el área Chambira Este.

## **2. OBJETIVO**

En el presente trabajo se proporciona los resultados obtenidos, luego de la aplicación de nuevas técnicas y mejoras en prácticas de perforación en la última campaña de perforación de pozos nuevos en áreas del lote 8, el cual ha sido satisfactorio, consiguiéndose una reducción de tiempo y costo; y del producto de esta experiencia se podrá lograr optimizar la perforación de pozos en áreas del lote 8.

## **3. INTRODUCCIÓN**

El avance tecnológico en la industria del petróleo es constante. Siendo el objetivo optimizar la perforación rotativa, surgieron muchas innovaciones , tales como : mejoramiento de los fluidos de perforación, equipos de bombeo de mayor capacidad, incremento de los RPM en la mesa rotaria, mejoramiento del sistema de control de sólidos, control direccional en pozos dirigidos, diseño de las brocas ( Tricónicas y PDC ), desempeño de brocas PDC, utilización de accesorios de cementación perforables por brocas PDC, etc.

Asimismo, como una contribución a la reducción de tiempos y costos de perforación se suma las mejoras en las prácticas operativas de perforación por experiencia y conocimiento del área.

## **4. DESCRIPCIÓN**

Para enfocar mejor el tema a tratar, se presenta un análisis breve de las labores desarrolladas en las operaciones de perforación y completación de pozos de petróleo en la zona norte de la selva peruana.

### **4.1 APOYO LOGÍSTICO EN EL LOTE 8**

La exploración en la selva peruana se inició en el año 1,971 y conscientes de la alta inversión que representa la explotación de hidrocarburos en estos campos petroleros se fue desarrollando y extendiendo la capacidad del apoyo logístico.

Las condiciones geográficas y climatológicas, características de nuestra selva, hacen necesario la implementación de un sistema de apoyo logístico propio.

El sistema hidrográfico presentado en la selva proporciona un adecuado apoyo fluvial, sin embargo, la geografía del área de perforación compuesta por terrenos inundables y/o pantanosos (aguajales), nos obliga a construir plataformas piloteadas y utilizar helicópteros para el movimiento del equipo de perforación, equipos auxiliares, tubulares, materiales y herramientas.

En esta área del Lote 8, se emplea equipos de perforación helitransportables, por la ventaja de movilizarlo en partes mediante helicópteros y para el traslado fluvial se realiza por medio de barcas. Es conveniente aprovechar al máximo la navegabilidad del río.

Actualmente se viene perforando pozos con el equipo 131 de la Cía Parker Drilling. En la **tabla N° 1** se muestra la distribución de cargas para el traslado de este equipo.

Ante la imposibilidad de perforar pozos en zonas pantanosas por métodos convencionales, se realiza la construcción de plataformas de madera sobre pilotes de acero. Debido al alto costo que representa su construcción más el elevado monto de traslado aéreo del equipo y materiales de perforación, obliga a que se utilice al máximo esta locación perforando hasta 4 pozos desde esta misma plataforma. Con esta técnica de perforación se logra una reducción de los costos operacionales.

#### **4.1.1 Movimiento del equipo de perforación y equipos auxiliares**

En los programas de perforación en la selva Norte, se presentan las siguientes clases de movimientos del equipo de perforación y equipos auxiliares.

**Desplazamiento del equipo** : Cuando se va a perforar un pozo nuevo desde la misma plataforma, se desliza el equipo 8 pies. Esta operación se realiza con el propio equipo utilizando los postes de anclaje ubicados al frente ó detrás del equipo, dependiendo de la ubicación deseada. Este movimiento tiene una duración aproximada de 2 a 3 días.

**Movimiento entre plataformas cercanas** : Aplicada a los pozos de desarrollo, con distancias muy cortas que varían de 1 a 4 Km. En los campos de mayor importancia del Lote 8 : Corrientes - Pavayacu contamos con carreteras que hacen posible el traslado del equipo y materiales por vía terrestre utilizando camiones Foremost, tractores grúa, etc. Este movimiento tiene una duración aproximada de 8 a 10 días.

**Movimiento entre campos** : El de mayor importancia, por la necesidad de realizar un análisis comparativo de tiempo y costos para determinar la conveniencia de utilizar un sistema combinado de transporte aéreo, terrestre y fluvial, o solamente helicópteros.

Los principales factores tomados en consideración son los siguientes:

1. La distancia en línea recta entre locaciones.

2. La disponibilidad de helicópteros.
3. Las condiciones climatológicas durante las operaciones.
4. Condiciones geográficas para utilizar el transporte fluvial.
5. Rendimiento de las unidades de transporte aéreo, terrestre y fluvial.

En el Anexo N° 1 se presenta la distribución del tiempo, incluyendo gastos, empleado en el traslado del equipo 131 de la Cía Parker Drilling desde el campo Pavayacu hasta el campo Corrientes.

**Tabla Nº 1**  
**TRASLADO DEL EQUIPO DE PERFORACION EN OPERACIONES SELVA**

**CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO**

**MODELO :** TBA 2000 HELI-HOIST

**MÁSTIL Y SUB-ESTRUCTURA :** Tipo voladizo Lee C. Moore de 136' de altura por 21' de base más vigas de 18' de pierna. Capacidad nominal estática de carga sobre el gancho de 670,000 libras con 10 líneas a la polea viajera.

**A.- TRASLADO AÉREO**

El equipo de perforación heli-transportable de la Cia Parker Drilling puede desarmarse en cargas, de capacidad máxima de 5000 Lbs, y ser trasladado por vía aérea, dependiendo del tipo de helicóptero a usarse, según las alternativas siguientes :

TIPO DE HELICOPTERO	CARGAS			
	EQUIPO	CAMPAMENT	SARTA DE PERFORACION	TOTAL
MI - 17 Capacidad Carga Externa 8800 LBS Carga Interna 7700 LBS	210	35	90	335
MI - 08 Capacidad Carga Externa 5500 LBS Carga Interna 5060 LBS	230	40	100	370
BELL Capacidad Carga Externa 2860 LBS Carga Interna 2640 LBS	250	40	140	430

**B.- TRASLADO POR VÍA TERRESTRE**

Cuando se dispone de carreteras que hacen posible el traslado del equipo de perforación por vía terrestre, este puede realizarse, dependiendo de la disponibilidad de los equipos de transporte, según las alternativas siguientes:

TIPO DE APOYO TERRESTRE	CARGAS			
	EQUIPO	CAMPAMENT	SARTA DE PERFORACION	TOTAL
FOREMOST DELTA III Capacidad 22000 LB	35	12	30	77
FOREMOST DELTA II Capacidad 17600 LB	42	14	36	92

**C.- TRASLADO POR VÍA FLUVIAL**

Este es el medio de transporte más económico, lo que conviene utilizarlo al máximo, en cuanto se tenga los requerimientos necesarios para su aplicación. En este caso se requiere 2 barcazas de 500 Tn., 2 remolcadores y dos gruas ( para embarque y desembarque).

**D.- TRASLADO COMBINADO**

En este caso, es indispensable efectuar un análisis comparativo de tiempo y costos, para determinar la conveniencia de utilizar un sistema combinado de barcazas, equipos de transporte terrestre y helicópteros. Los principales factores que se tienen en consideración son los siguientes :

- a) La distancia en línea recta entre las locaciones.
- b) La disponibilidad y rendimiento de helicópteros.
- c) Las condiciones climatológicas en la zona.

## **4.2 OPERACIONES DE PERFORACIÓN EN EL LOTE 8**

La configuración de pozos en el Lote 8 se caracterizan por ser del tipo dirigido. Se perforan pozos de este tipo debido a las condiciones geográficas de la zona y a la ventaja de perforar varios pozos desde una misma plataforma.

## **4.3 DISEÑO DE PERFORACIÓN DE POZOS**

**Tramo de 24”** : Se perfora con broca de 17 1/2” adaptada a 24” alcanzando una profundidad de 22 mts.

**Revestimiento de 20”** : Se utiliza el tipo H-40 de 94 lbs/pie con conexión 8RD; El objetivo es canalizar el flujo de lodo del pozo hacia los tanques. De no usarse, el flujo de retorno provoca erosión del terreno debilitando el área crítica de operación del equipo de perforación y genera condiciones de riesgo.

**Tramo de 17 1/2”** : La profundidad alcanzada está entre 250 - 330m. En pozos dirigidos del tipo “ S ”, se inicia el levantamiento del ángulo a +/- 50 mts., necesitando perforar unos 250 mts. a un rate de crecimiento 2.5° / 30 m. para alcanzar el ángulo máximo aproximado

de 20°. La ventaja de usar este tramo como el inicio del programa direccional se debe a las características formacionales, por ser blandas y favorables para lograr con facilidad los ángulos de inclinación y de dirección deseados. Se perfora con motor de desplazamiento positivo de 9 5/8", Se utiliza fluido de perforación tipo bentonítico activado con soda cáustica de densidad hasta 9.1 lb/gl.

**Revestimiento de 13 3/8"** : Se utiliza el tipo K-55 de 54.5 lbs/pie con conexión 8RD ó Buttress; El objetivo es cubrir las arenas superficiales de la formación Corrientes. Se usa para evitar problemas a profundidades mayores provocadas por : Pérdida de circulación del fluido de perforación, pegamiento del conjunto de fondo por presión diferencial.

**Tramo de 12 1/4"** : Se perfora aproximadamente hasta la profundidad de 2400 mts. Es el tramo de mayor importancia en pozos dirigidos; debido a que, en adición al desarrollo de la perforación, se realiza el control direccional del pozo. Comprende la sección inclinada del pozo hasta convertirlo en vertical.

Es la etapa de mayor análisis debido a que en ella se plaga toda la experiencia y conocimientos por controlar el pozo mediante

aplicaciones tales como : Hidráulica, bombas de mayor capacidad, mejoras del sistema de control de sólidos, mayores RPM de la mesa rotaria, comportamiento de brocas PDC y tricónicas, apropiado control direccional, mejoras en los fluidos de perforación inhibidos, estabilidad del pozo, herramientas de perforación mejoradas (estabilizadores, drill pipe de 4 1/2" de mayor grado), prácticas apropiadas en las bajadas del revestimiento intermedio, utilización de accesorios de cementación perforables con brocas PDC.

El fluido de perforación tipo yeso-lignosulfonato inhibido en calcio es usado para el mejor control de las formaciones arcillosas, se densifica a 9 lb/gl al inicio y al final del tramo alcanza 10.2 lb/gl. Se realiza la conversión del lodo base yeso a yeso-lignosulfonato inhibido en calcio antes de ingresar a la formación Chambira por contener en su composición un alto contenido de anhidrita. Y antes de bajar el revestimiento de 9 5/8" se incrementa el peso del lodo hasta 10.5 lb/gl para dar estabilidad a la formación durante la cementación.

**Revestimiento de 9 5/8" :** Se utiliza los grados K-55/S-95 de 40/43.5 lbs/pie con conexiones 8RD ó Buttress; El objetivo es cubrir las formaciones arcillosas y la formación Lutitas Pozo, para continuar

perforando el tramo de interés con el mismo fluido de perforación pero menos denso.

**Tramo de 8 1/2”** : Es el tramo final de perforación del pozo. Se continua con lodo yeso-lignosulfonato de 9.2 lb/gl, se perfora las formaciones Yahuarango, Vivian y Chonta. Para reducir el daño en las formaciones productivas se disminuye la perdida del filtrado del fluido de perforación (4 a 4.5 cc/30 min), con el uso de polímeros. Mediante el uso de brocas PDC, se ha logrado perforar todo el tramo (Aproximadamente 600 mts) con una sola broca a velocidades promedios de 12 mts/hr.

**Laina de producción de 7”** : Se utiliza los grados N-80 de 29.0 lbs/pie con conexiones 8RD ó Buttress; Es anclado en el revestimiento intermedio dejando un traslape aproximado de 60 mts. Cubre las formaciones productivas : Chonta y Vívian. En conjunto con el revestimiento de 9 5/8” conforman el conducto de producción del pozo.

**Tabla N° 2 : ESTADISTICAS DE POZOS PERFORADOS - CAMPOS CORRIENTES PAVAYACU CHAMBIRA  
PERIODO MARZO 1992 - SETIEMBRE 1995**

POZO	FECHA				ACTIVIDAD	PROFUNDIDAD FINAL			COMENTARIOS	TOTAL DÍAS
	INICIAL		FINAL			HORA	DÍA	METROS		
	HORA	DÍA	HORA	DÍA						
139D CORRIENTES	12:00	12-Mar-92	12:00	09-Apr-92	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO	23:45	30-May-92	3220	MOV. CHAMBIRA-CORRIENTES SIDE TRACK	28.0
	12:00	09-Apr-92	10:00	21-Jun-92	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					72.9
140D CORRIENTES	10:00	21-Jun-92	00:30	26-Jun-92	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	19:30	23-Jul-92	3103	PROBLEMAS CEMENT. CSG 9 5/8"	4.6
	00:30	26-Jun-92	00:00	06-Aug-92	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					41.0
138D CORRIENTES	00:00	06-Aug-92	10:30	09-Aug-92	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	06:00	13-Sep-92	3170	PROBLEMAS CEMENT. CSG 9 5/8"	3.4
	10:30	09-Aug-92	15:00	02-Oct-92	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					54.2
137D CORRIENTES	15:00	02-Oct-92	10:30	13-Oct-92	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO	16:00	01-Nov-92	3050		10.8
	10:30	13-Oct-92	12:00	20-Nov-92	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					38.1
132D PAVAYACU	12:00	20-Nov-92	18:30	27-Dec-92	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO	03:00	20-Jan-93	2950	MOV. CORRIENTES-PAVAYACU	37.3
	18:30	27-Dec-92	14:00	06-Feb-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					40.8
130XC PAVAYACU	14:00	06-Feb-93	12:00	07-Feb-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	12:15	02-Mar-93	2878.7		0.9
	12:00	07-Feb-93	14:00	15-Mar-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					36.1
133D PAVAYACU	14:00	15-Mar-93	00:00	19-Mar-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	14:30	11-Apr-93	2964		3.4
	00:00	19-Mar-93	12:00	30-Apr-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					42.5
143D PAVAYACU	12:00	30-Apr-93	09:30	03-May-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	07:30	23-May-93	2945		2.9
	09:30	03-May-93	15:00	08-Jun-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					36.2
134D PAVAYACU	15:00	08-Jun-93	00:00	10-Jun-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	00:45	06-Jul-93	2934		1.4
	00:00	10-Jun-93	02:25	16-Jul-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					36.1
132D PAVAYACU	02:25	16-Jul-93	12:00	17-Jul-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO				SERVICIO DE POZOS	1.4
	12:00	17-Jul-93	12:00	21-Jul-93	SERVICIO DE POZO					4.0
144D PAVAYACU	12:00	21-Jul-93	00:30	09-Aug-93	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO	12:00	10-Sep-93	3000.3	PESCA Y REACONDICIONAMIENTO	18.5
	00:30	09-Aug-93	18:00	09-Oct-93	PERF. CEMENT. COMPLET. P.P. Y REAC.					61.7
145D PAVAYACU	18:00	09-Oct-93	10:00	10-Oct-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	00:00	31-Oct-93	3070	COREO - SQUEEZE EN 7"	0.7
	10:00	10-Oct-93	07:00	20-Nov-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					40.9
146D PAVAYACU	07:00	20-Nov-93	19:00	20-Nov-93	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO	00:00	11-Dec-93	2945		0.5
	19:00	20-Nov-93	12:00	20-Dec-93	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.					29.7

POZO	FECHA				ACTIVIDAD	PROFUNDIDAD FINAL			COMENTARIOS	TOTAL DÍAS
	INICIAL		FINAL			HORA	DÍA	METROS		
	HORA	DÍA	HORA	DÍA						
135D PAVAYACU	12:00	20-Dec-93	13:00	07-Jan-94	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO					18.0
	13:00	07-Jan-94	20:00	03-Feb-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	22:30	24-Jan-94	3017		27.3
147D PAVAYACU	20:00	03-Feb-94	08:00	21-Feb-94	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO					17.5
	08:00	21-Feb-94	12:00	20-Mar-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	17:00	10-Mar-94	2930		27.2
148D PAVAYACU	12:00	20-Mar-94	12:00	21-Mar-94	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					1.0
	12:00	21-Mar-94	14:30	04-May-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	09:20	11-Apr-94	2930	COREO	44.1
150D PAVAYACU	14:30	04-May-94	00:00	06-May-94	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					1.4
	00:00	06-May-94	09:30	09-Jun-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	12:30	27-May-94	3019	COREO	34.4
149D PAVAYACU	09:30	09-Jun-94	03:00	24-Jun-94	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO				MANTENIMIENTO DE PLATAFORMA	14.7
	03:00	24-Jun-94	14:00	30-Jul-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	04:00	16-Jul-94	3091	PESCA	36.5
154D PAVAYACU	14:00	30-Jul-94	00:00	25-Aug-94	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO				ESPERA PLATAF.(15) - MANT. EQ.(9)	25.4
	00:00	25-Aug-94	12:00	21-Oct-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	04:45	10-Oct-94	2955	BACK OFF TRAMO DE 12 1/4"	57.5
153D PAVAYACU	12:00	21-Oct-94	16:00	04-Nov-94	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO					14.2
	16:00	04-Nov-94	08:00	10-Dec-94	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	11:20	23-Nov-94	3087		35.7
155D PAVAYACU	08:00	10-Dec-94	20:00	11-Dec-94	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					1.5
	20:00	11-Dec-94	06:00	28-Jan-95	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	12:50	09-Jan-95	3233	POZO TIPO SLANT	47.4
142D CORRIENTES	06:00	28-Jan-95	00:00	16-Feb-95	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO				MOV. PAVAYACU-CORRIENTES	18.8
	00:00	16-Feb-95	16:00	24-Mar-95	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	15:00	12-Mar-95	3180		36.7
141D CORRIENTES	16:00	24-Mar-95	10:00	25-Mar-95	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					0.8
	10:00	25-Mar-95	16:00	29-Apr-95	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	20:00	17-Apr-95	3189		35.3
159D CORRIENTES	16:00	29-Apr-95	12:30	01-May-95	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					1.9
	12:30	01-May-95	12:00	08-Jun-95	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	00:30	29-May-95	3340		38.0
157XC CHAMBIRA	12:00	08-Jun-95	07:00	26-Jun-95	DESARMADO, TRASLADO Y ARMADO				MOV. CORRIENTES-CHAMBIRA	17.8
	07:00	26-Jun-95	06:00	07-Aug-95	PERF. CEMENT. COMPLET. Y PRUEB. PRD.	05:20	24-Jul-95	3636	COREO	42.0
158D CHAMBIRA	06:00	07-Aug-95	10:30	08-Aug-95	DESPLAZAMIENTO Y ACOND. EQUIPO					1.2
	10:30	08-Aug-95	06:00	17-Sep-95	PERFORACIÓN CEMENTACIÓN ABANDONO	21:00	09-Sep-95	3835	POZO ABANDONADO	39.8

**TIEMPO TOTAL DE CONTINUIDAD EN LAS ACTIVIDADES DE PERFORACION (DÍA 1283.75)**

**Metros total perforados 77,672**

**Tabla N° 3**  
**DISTRIBUCION DE TIEMPOS EN LAS**  
**ACTIVIDADES DE PERFORACION DE POZOS**  
**PERIODO : MARZO 1,992 - SETIEMBRE 1,995**

1 de 2

	POZO	METROS PERF.	DIAS		TOTAL	COMENTARIOS
			PERFORAC. CEMENT.	CEMENT. 7" COMPLET.		
<b>C O R R I E N T E S</b>	139D	3220	51.5	21.4	72.9	SIDE TRACK
	140D	3103	27.8	13.2	41.0	PROBLEMAS CEMENT. CSG 9 5/8"
	138D	3170	34.8	19.4	54.2	PROBLEMAS CEMENT. CSG 9 5/8"
	137D	3050	19.2	18.8	38.1	
<b>P A V A Y A C U</b>	132D	2950	23.4	17.5	40.8	
	130XC	2878.7	23.0	13.1	36.1	
	133D	2964	23.6	18.9	42.5	
	143D	2945	19.9	16.3	36.2	
	134D	2934	26.0	10.1	36.1	
	144D	3000.3	32.5	29.3	61.7	PESCA Y REACONDIC.
	145D	3070	20.6	20.3	40.9	COREO - SQUEEZE EN 7"
	146D	2945	20.2	9.5	29.7	

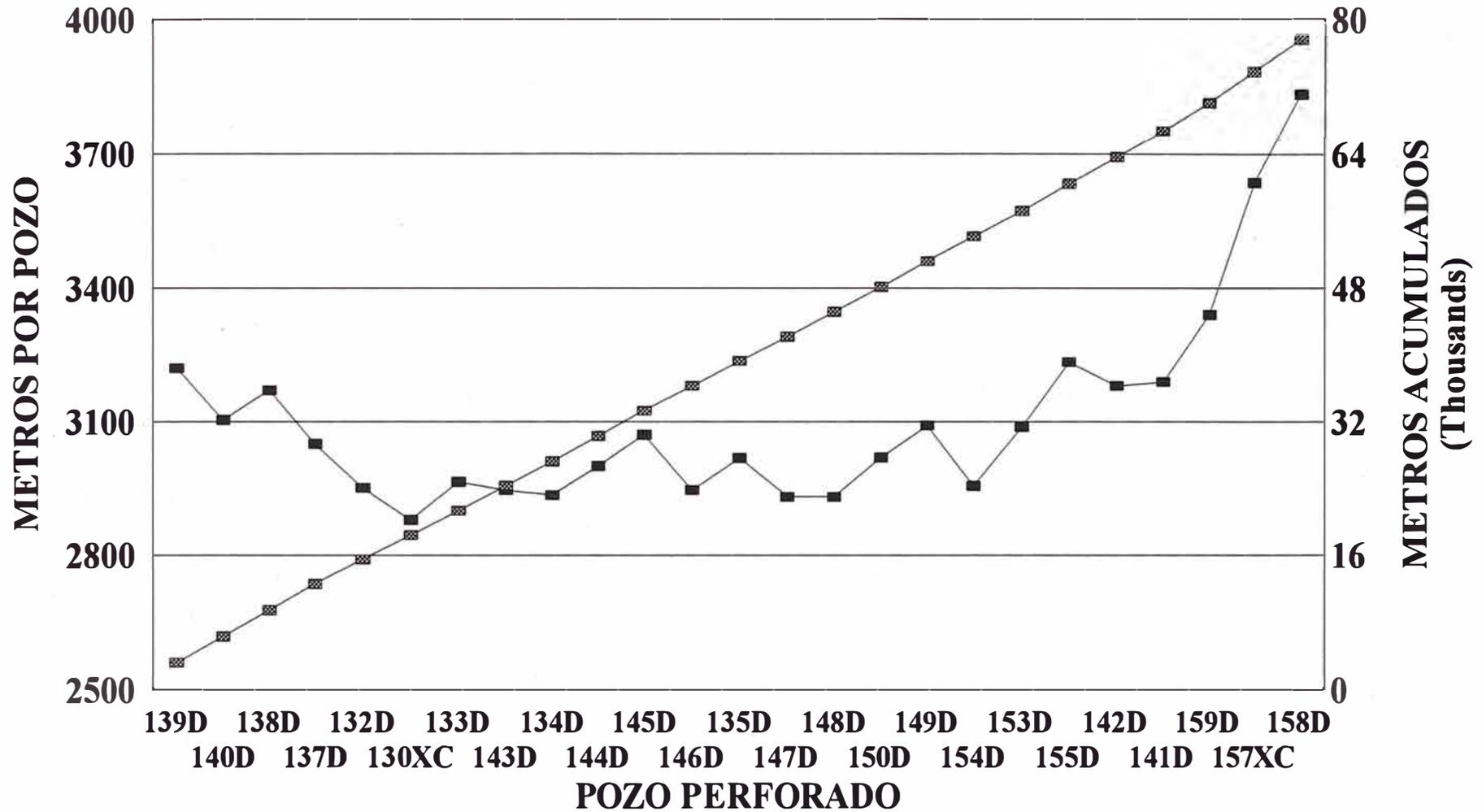
**Tabla N° 3**  
**( Continuación )**  
**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS EN LAS**  
**ACTIVIDADES DE PERFORACIÓN DE POZOS**  
**PERIODO : MARZO 1,992 - SETIEMBRE 1,995**

2 de 2

	POZO	METROS PERF.	DIAS		TOTAL	COMENTARIOS
			PERFORAC. CEMENT.	CEMENT. 7" COMPLET.		
<b>P A V A Y A C U</b>	135D	3017	17.4	9.9	27.3	
	147D	2930	17.4	9.8	27.2	
	148D	2930	20.9	23.2	44.1	COREO
	150D	3019	21.5	12.9	34.4	COREO
	149D	3091	22.0	14.4	36.5	PESCA
	154D	2955	46.2	11.3	57.5	BACK OFF TRAMO DE 12 1/4"
	153D	3087	18.8	16.9	35.7	
	155D	3233	28.7	18.7	47.4	POZO TIPO SLANT
<b>C O R R I E N T E S</b>	142D	3180	24.6	12.0	36.7	
	141D	3189	23.4	11.8	35.3	
	159D	3340	27.5	10.5	38.0	
<b>C H A M B.</b>	157XC	3636	27.9	14.0	42.0	COREO
	158D	3835	32.4	7.4	39.8	ABANDONADO - SIN CSG. 7"

### GRAFICO N° 1 : METROS PERFORADOS

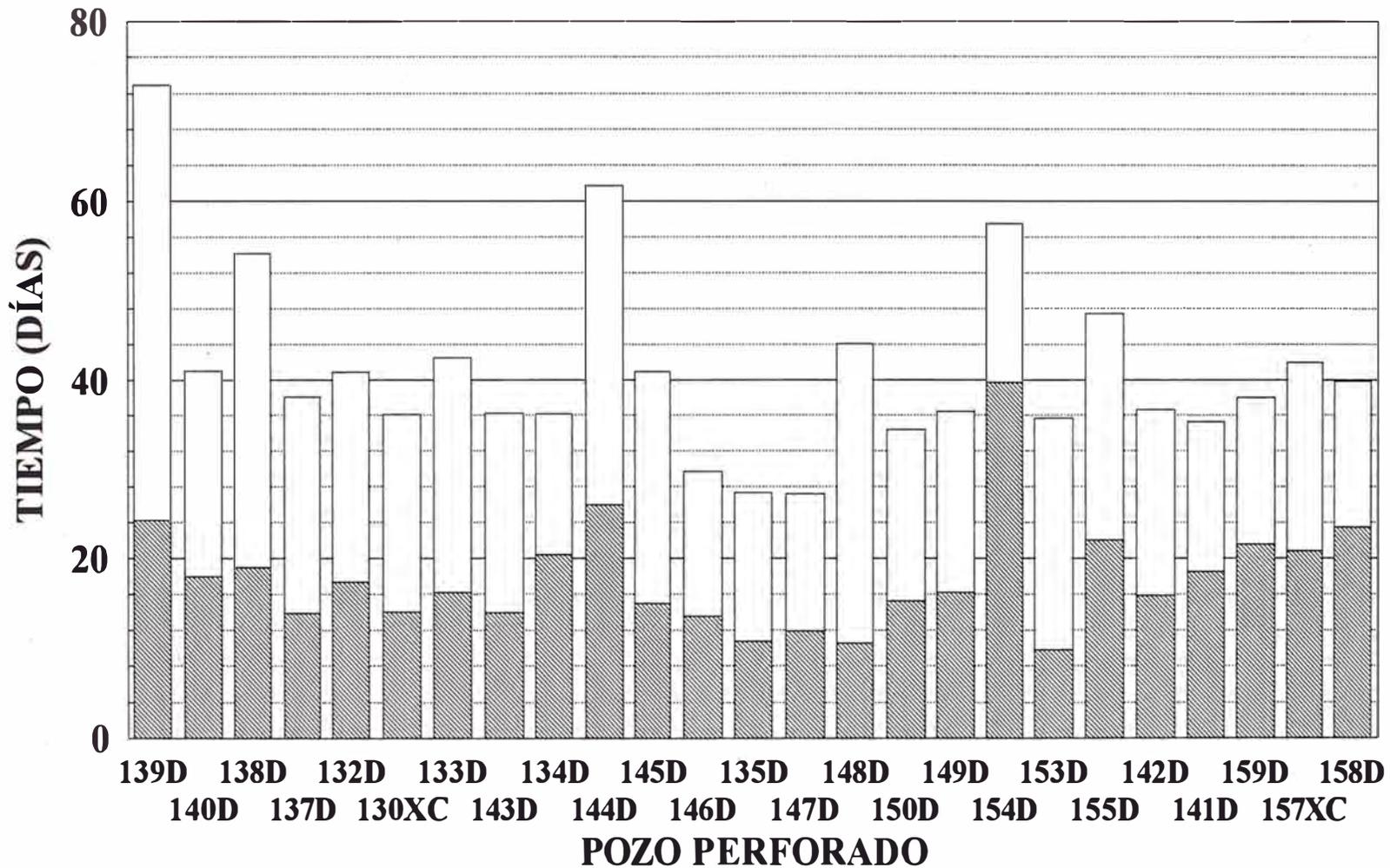
PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)



—■— METROS PERFORADOS —■— METROS ACUM.

## GRAFICO N° 2 : DISTRIBUCIÓN DE TIEMPO

PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)



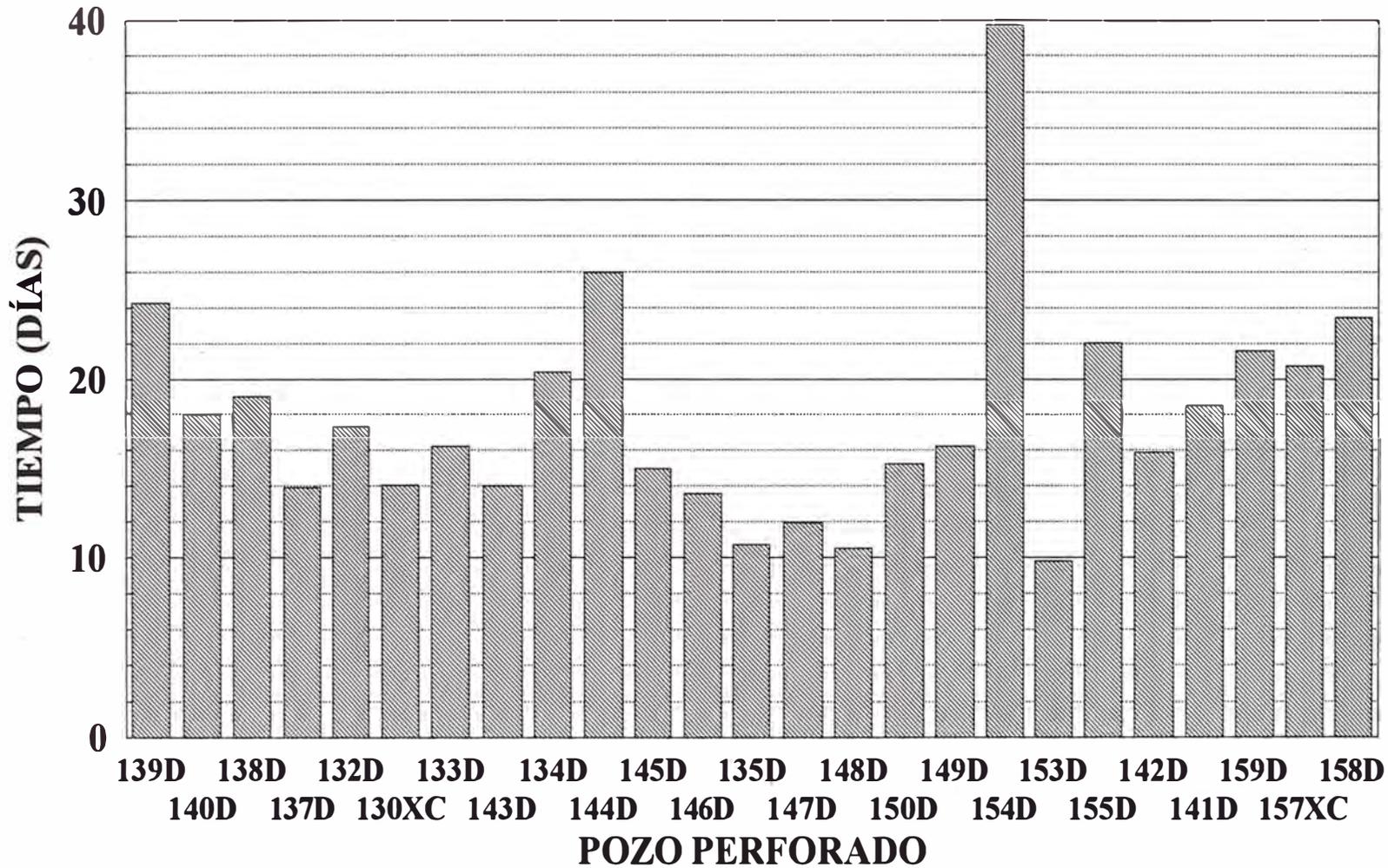
**PERFORACIÓN**



**CEMENT. CASING + COMPLET.**

### GRAFICO Nº 2.1 : TIEMPO REAL

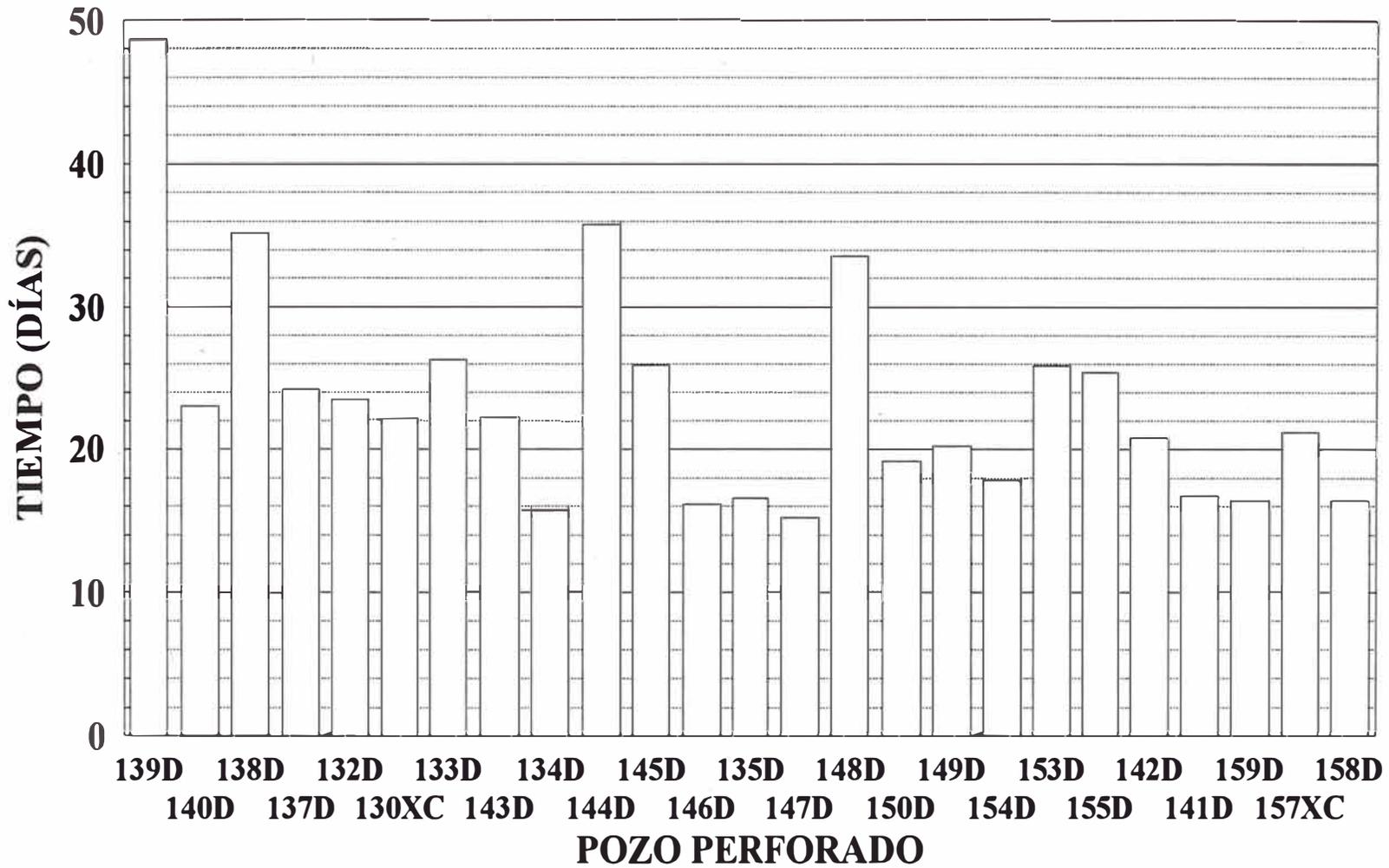
PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)



PERFORACIÓN

### GRAFICO N° 2.2 : TIEMPO REAL

PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)

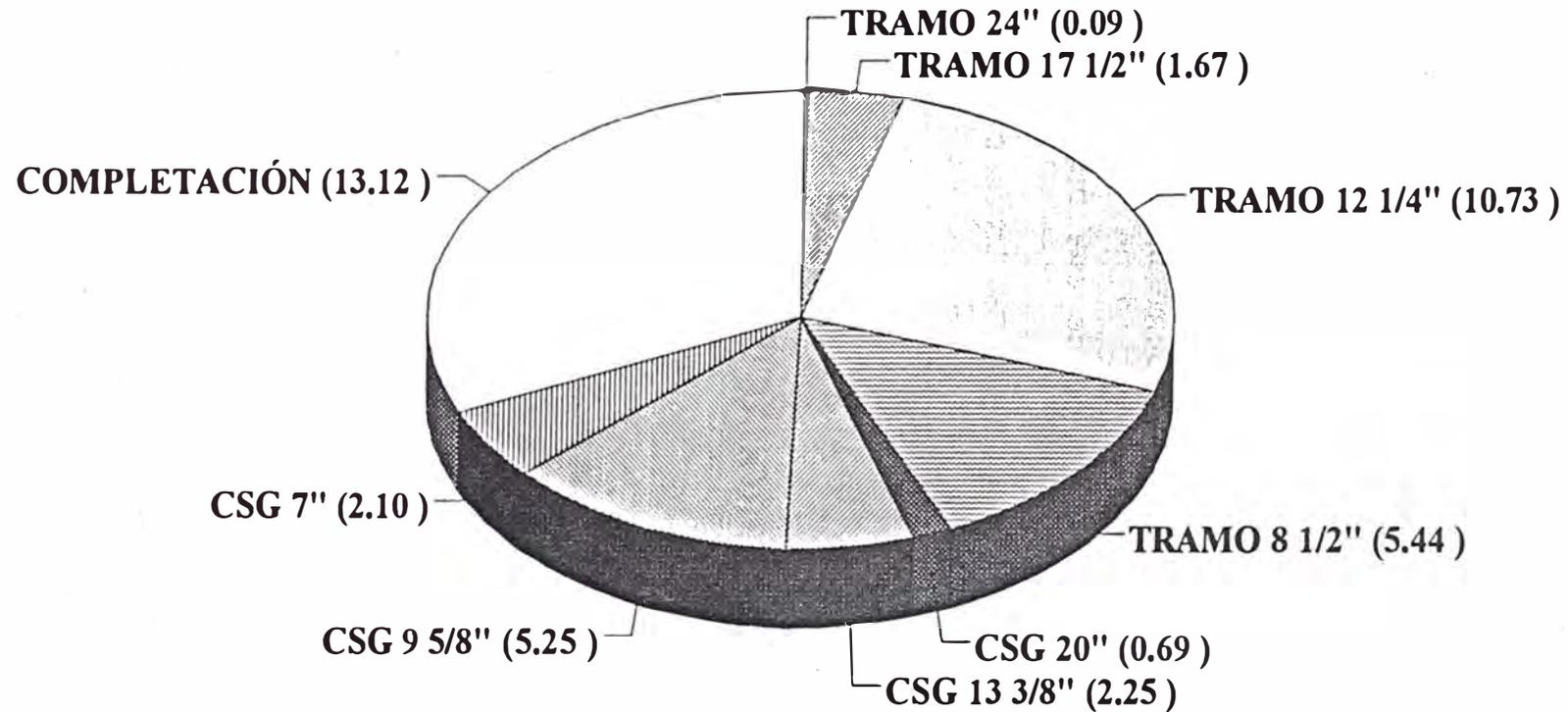


□ CEMENT. CASING + COMPLET.

# GRAFICO N° 3

## TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN

PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)

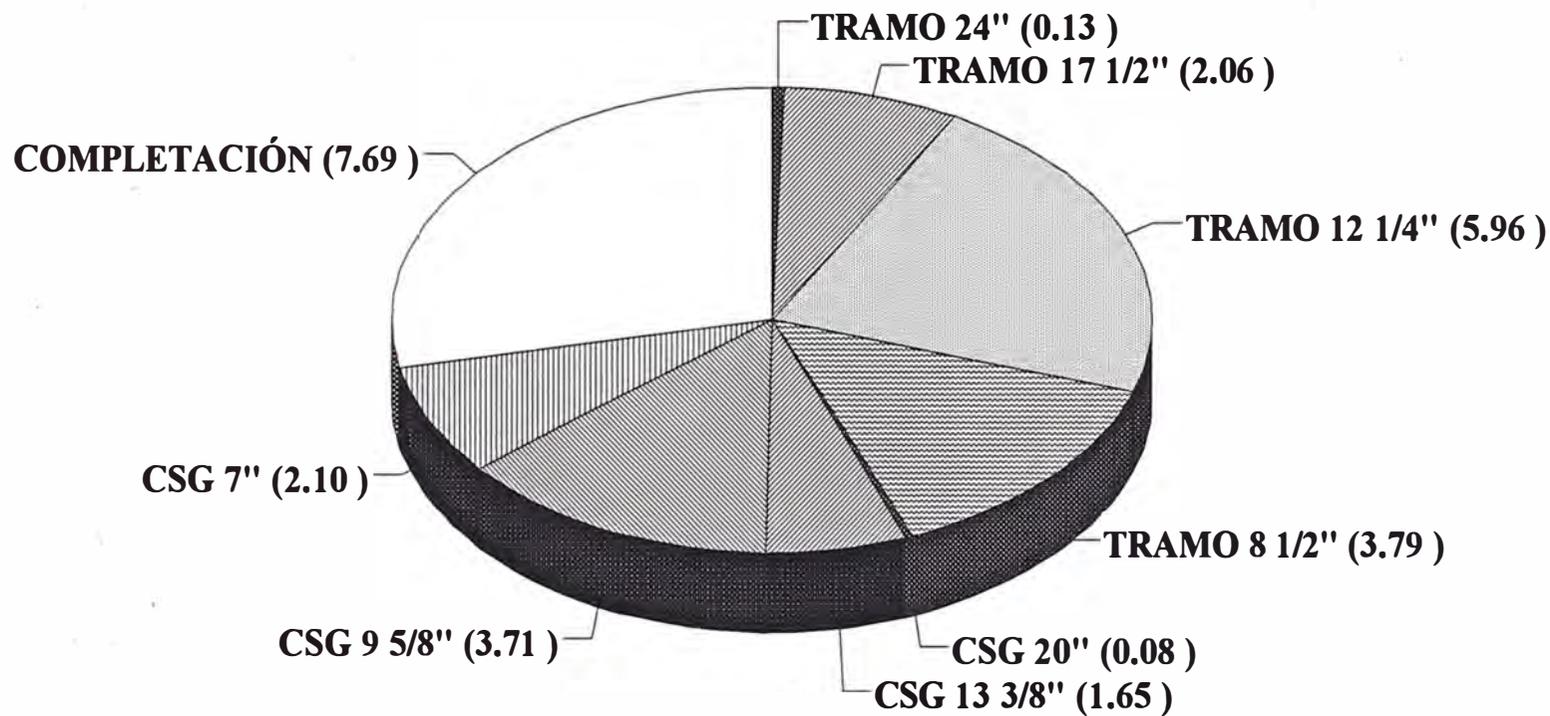


**TOTAL = 41.27 DÍAS**

# GRAFICO N° 3.1

## POZO CON TIEMPO TOTAL MÍNIMO

147D - PAVAYACU

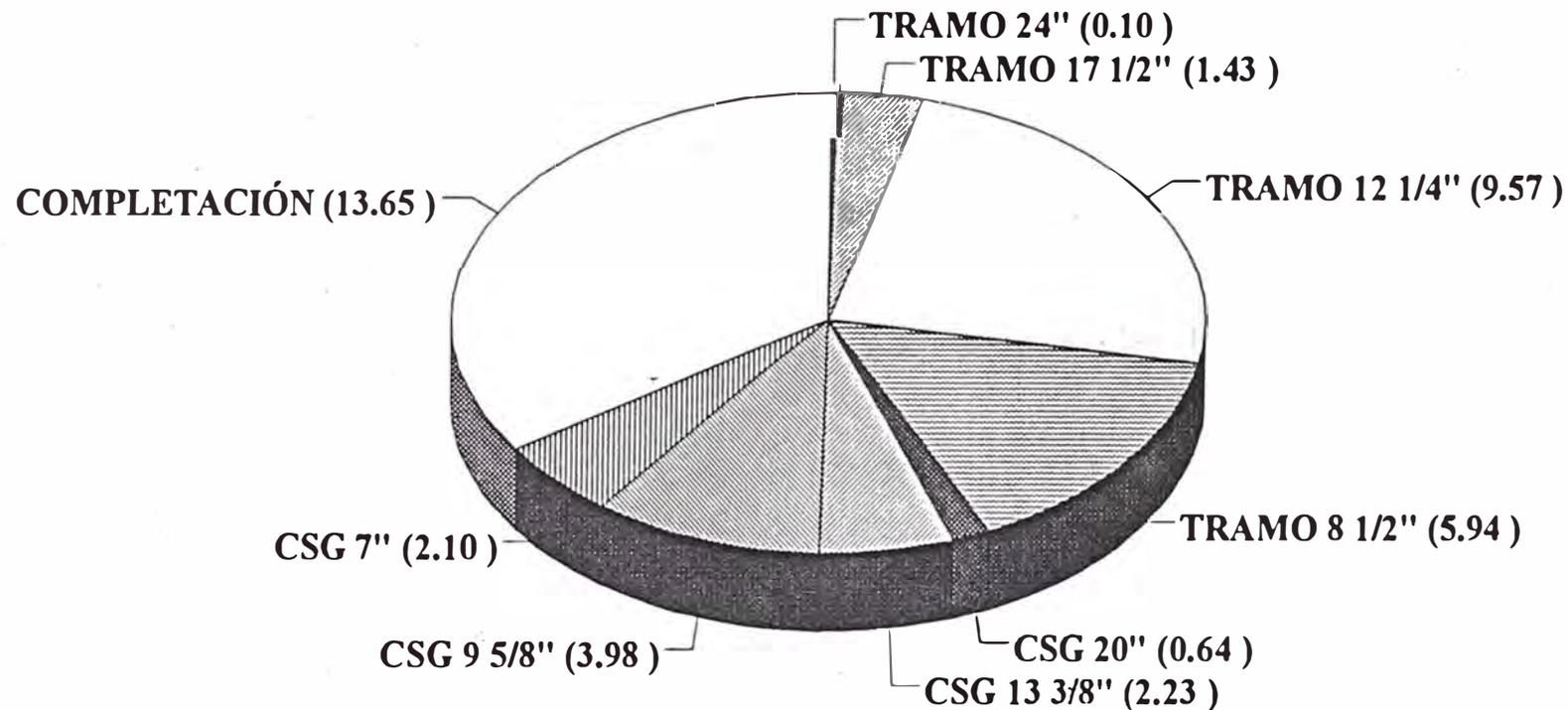


**TOTAL = 27.18 DÍAS**

# GRAFICO N° 3.2

## TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN

CAMPO PAVAYACU - 16 POZOS

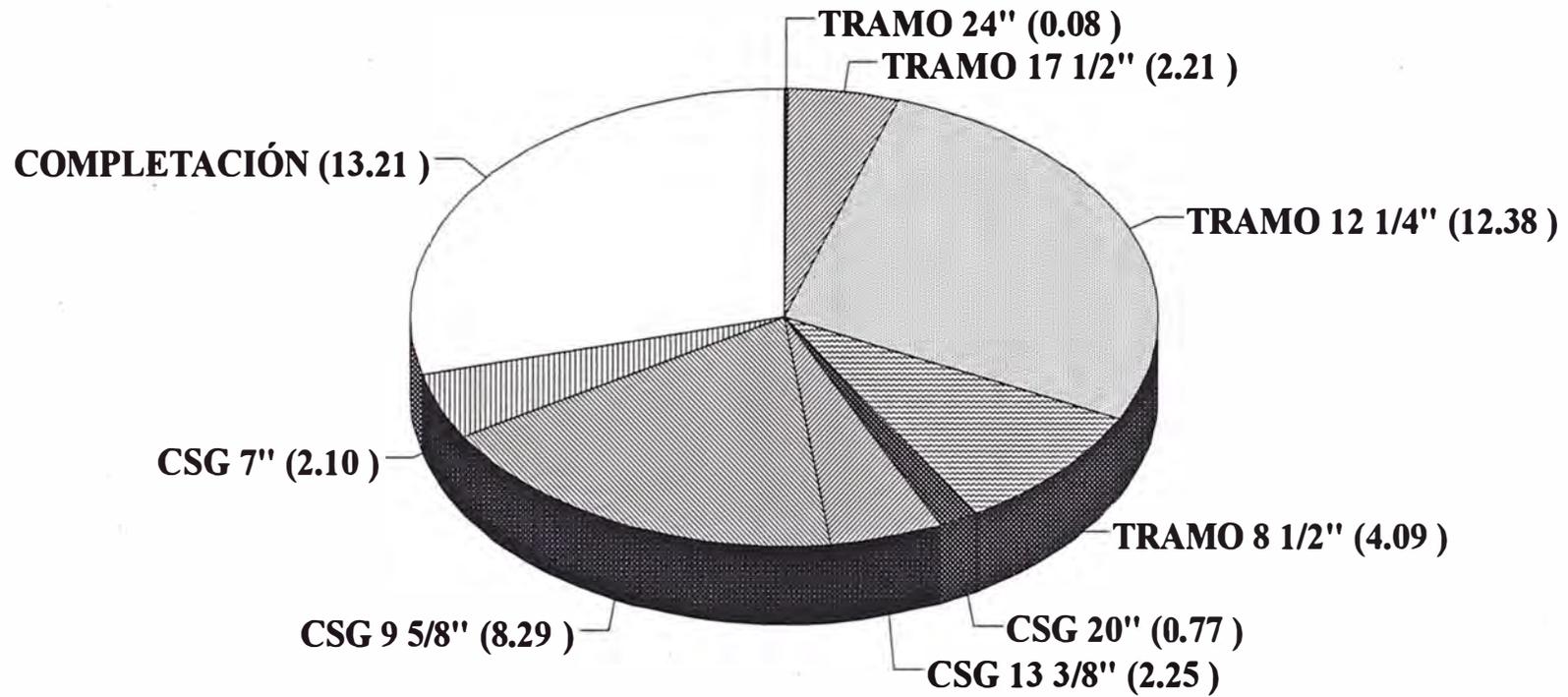


**TOTAL = 39.63 DÍAS**

# GRAFICO N° 3.3

## TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN

CAMPO CORRIENTES - 7 POZOS



**TOTAL = 45.15 DÍAS**

## **5. NUEVAS TÉCNICAS Y MEJORAS**

### **5.1 MODIFICACIONES EN EL EQUIPO DE PERFORACIÓN**

Se realizaron cambios en el equipo de perforación para ampliar su capacidad hacia la aplicación de nuevas técnicas de perforación disponibles:

- **Bombas de lodo** : La primera mejora fue el reemplazo de las 4 bombas de lodo OPI 350D por 3 bombas triplex OIME H700B con rangos de lina de 4 1/2” y 6”, cada una accionada independientemente por dos motores de fuerza Cummins, este cambio permitió mejorar la hidráulica de perforación, y posteriormente fue posible el empleo de brocas PDC que requieren mayor caudal para la refrigeración de los cortadores.

**Mesa rotaria** :Los parámetros mecánicos requeridos por las brocas PDC (Altos RPM) y los mayores torques que estas producen durante la perforación ha sido considerado para incrementar los RPM. Al independizar las bombas de lodo, se incrementó la potencia mecánica del sistema de la rotaria al anexarla a los motores del “compound”. Con este sistema se alcanza hasta 200 RPM.

**Equipos de control de sólidos :** Perforar con brocas PDC significó incremento de la velocidad de penetración, principalmente al atravesar las formaciones Pebas y el tramo superior de la formación Chambira, esto genera un aumento sustancial de incorporación de sólidos al sistema. En tal sentido se mejora el sistema de control de sólidos con el cambio de las zarandas marca Brandt por zarandas del tipo Dual Derrick Flo Line plus modelo 48.

El actual sistema de control de sólidos consiste primero con la unidad de zaranda marca Brandt doble de dos plazas contenida sobre una plataforma común, posteriormente continúa dos zarandas marca Derrick 48. El desander conjuntamente con el desilter (Unidad nueva de 10 conos Crestex de 5" Cone) se alimentan del tanque de descarga de las zarandas con una bomba centrífuga 5x6 con impelente de 11". El mud cleaner o limpiador de lodos es un modelo Brandt diseñado para utilizar mallas hasta mesh 200, contiene 8 conos de 4".

Asimismo, se han instalado dos tanques de premezclado adicionales que son utilizados para la preparación de lodo de reserva. Estos tanques son necesarios cuando se tiene problemas de incremento indeseado de la

densidad del lodo en cuanto no sea posible controlar la incorporación de sólidos al sistema.

## 5.2 HIDRÁULICA DE PERFORACIÓN

El reemplazo de bombas OPI-350D por OIME-700B a permitido mejorar la hidráulica de perforación, tal como puede verse en la **Tabla N° 4**. Se utiliza mayor caudal en el tramo intermedio para realizar una buena limpieza de la broca y evitar su empaquetamiento al atravesar las formaciones plásticas de Chambira y Pebas; también para refrigerar los cortadores PDC, ya que estos pueden degradarse por efecto del calor producido durante la perforación. Para obtener buen rendimiento de las brocas PDC el rango de flujo recomendado está comprendido aproximadamente entre 42 y 72 veces el diámetro del hoyo en pulgadas(\*). En el tramo intermedio tendremos

$$\text{Caudal Mínimo} = 42 \times 12.5 = 525 \text{ gl/min.}$$

$$\text{Caudal Máximo} = 72 \times 12.5 = 900 \text{ gl/min.}$$

$$\text{Caudal óptimo} = (525 + 900)/2 = 713 \text{ gl/min.}$$

Se recomienda perforar con un caudal promedio de 730 gl/min.

(\*) Valores experimentales de laboratorio requeridos en la refrigeración de los cortadores de PDC para mejorar la vida útil de la broca. Estos valores están condicionados por la velocidad crítica del lodo de perforación en el espacio anular.

Tabla N° 4  
HIDRAÚLICA DE PERFORACIÓN  
DESPUÉS

		TRAMO 12 1/4"					TRAMO DE 8 1/2"	
Profundidad	pies	2000	3900	6000	7400	8136		10085
D.P: 4 1/2"	pies	1100	3000	5250	6650	7236		9785
H.W. 4 1/2"	pies	450	450	450	450	450		
D.C. 6 1/2"	pies	270	270	180	180	270		300
D.C. 8"	pies	180	180	120	120	180		
Densidad del lodo	lb/gl	9	9.4	9.6	9.8	10.2		9.2
Caudal	gl/min	711	640	730	682	577		400
Presión bomba	psi	2600	2600	2600	2600	2600		2500
TFA	pg2	0.8629	0.8629	0.8184	0.8184	0.589		0.2961
Presión broca	psi	1562	1322	702	626	902		1547
HIS1	hp/pg2	5.5	4.2	2.5	2.1	2.6		6.4
		ANTES					TRAMO DE 8 1/2"	
		TRAMO 12 1/4"						
Profundidad	pies	2000	3000	4000	5000	6000	7422	9646
D.P: 4 1/2"	pies	1320	2310	3310	4310	5310	6732	9056
H.W. 4 1/2"	pies	300	300	300	300	300	300	
D.C. 6 1/2"	pies	90	90	90	90	90	90	590
D.C. 8"	pies	300	300	300	300	300	300	
Densidad del lodo	lb/gl	9.2	9.4	9.6	9.8	10	10	9.2
Caudal	gl/min	670	592	531	520	510	510	320
Presión bomba	psi	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300
TFA	pg2	0.4955	0.451	0.4096	0.4303	0.451	0.4955	0.2301
Presión broca	psi	1496	1502	1473	1314	1175	1003	1538
HIS1	hp/pg2	5.1	4.4	3.9	3.4	3	2.5	5.4

**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO POZOS CAMPO CORRIENTES - AÑO 1,992**

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS			TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN		HSI	CONDICIÓN		
															PRESIÓN	CAUDAL		BROCA					
139D	4	12.25	ATJ1	14	14	14	0.4510	R72EN	839	249	10	24.90	30	60	2100	580	9.4	1431.6	4.11	1	1	I	
	4R	12.25	ATJ1	14	14	14	0.4510	R72EN	1016	177	9.5	18.63	30	120	2100	580	9.5	1446.8	4.15	2	2	I	
	4RR	12.25	ATJ1	14	14	14	0.4510	R72EN	1357	341	19.5	17.49	30	90	2300	550	9.7	1328.4	3.62	2	2	I	
	5	12.25	ATJ1	14	14	15	0.4732	R70EN	1707	350	36	9.72	25-30	120-90	2200	550	9.5	1181.6	3.22	2	2	1	
	5R	12.25	ATJ1	14	14	15	0.4732	R70EN	1782	75	5	15.00	35-30	90	2150	570	9.5	1269.1	3.58				
	5RR	12.25	ATJ1	14	14	15	0.4732	R70EN	2166	384	31	12.39	33-37	120	2250	557	9.7	1237.4	3.41	3	3	1/8	
	6	12.25	ATJ11	15	15	16	0.5415	J32EG	2309	143	15.5	9.23	33-37	120-90	2250	557	9.7	945.1	2.61	1	1	I	
	6R	12.25	ATJ11	15	15	16	0.5415	J32EG	2574	265	28.5	9.30	20-30	120	2175	495	9.8	754.1	1.85	1	1	1	
	9	8.5	X3A	16	16	15	0.5653	603JG	2303	21.3	12	1.78	5-12		1250	325	10.2	310.5	1.04	2	2	I	
	10	8.5	X3A	11	11	11	0.2784	378GA	2621	318	26.5	12.00	30	120	2200	254	10.2	781.7	2.04	4	4	I	
	8RR	8.5	X3A	12	12	13	0.3505	343MG	2720	99	12.5	7.92			2000	370	10.2	1046.6	3.98	4	7	I	
	11	8.5	ATJ1	12	12	12	0.3313	M35EH	2891	171	22	7.77			1900	345	10.2	1018.3	3.61	4	4	1	
12	8.5	ATJ22	12	12	11	0.3137	563EH	3220	329	50	6.58			2100	338	10.2	1090.4	3.79	5	5	1		

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS			TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN		HSI	CONDICIÓN		
															PRESIÓN	CAUDAL		BROCA					
140D	5	12.25	S33S	14	14	14	0.4510	173288	781	297	12	24.75	40	80	2200	545	9.4	1264.0	3.41	2	2	I	
	6	12.25	S33S	14	14	14	0.4510	173274	1375	594	42	14.14	30-35	110-120	2200	592	9.6	1523.2	4.46	3	2	I	
	7	12.25	ATJ11	15	15	15	0.5177	Y24EF	1592	217	20	10.85	30	130	2200	582	9.7	1128.8	3.25	2	2	I	
	7R	12.25	ATJ11	15	15	15	0.5177	Y24EF	2103	511	50.5	10.12	35-40	95	2000	580	9.8	1132.6	3.25	5	7	1	
	8R	12.25	ATJ11	15	16	16	0.5653	J32EG	2161	58	9	6.44	35-37	110	2200	553	9.9	872.5	2.39	2	5	1	
	9	12.25	ATJ11	16	16	16	0.5890	087KG	2466	305	37.5	8.13	35	110	2200	534	10	756.7	2.00	6	6	1	
	10	8.5	JD8	16	16	16	0.5890	TZ675	2473	7	16.5	0.42	35	110	2200	377	9.2	347.0	1.35	6	3	I	
	11	8.5	X3A	11	11	11	0.2784	597JG	2580	107	15.5	6.90	30	110	2200	354	9.4	1399.3	5.09	6	4	1	
	12	8.5	ATJ-1	11	11	11	0.2784	M34EH	2817	237	25.5	9.29	30	90	2200	352	9.4	1383.5	5.01	6	5	1/8	
	13	8.5	ATJ-22	11	11	11	0.2784	S59EH	3103	286	25	11.44	30	90	2200	352	9.4	1383.5	5.01	3	4	1/8	

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS			TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN BROCA	HSI	CONDICIÓN		
															PRESIÓN	CAUDAL						
138D	5	12.25	ATM-G1	15	15	14	0.4955	K23BL	806	357	9	39.67	25-30	120-150	2000	581	9.3	1177.5	3.39	1	1	I
	5R	12.25	ATM-G1	15	15	14	0.4955	K23BL	1186	380	21	18.10	20	150	2100	542	9.7	1068.8	2.87	3	3	1/32
	5RR	12.25	ATM-G1	14	15	15	0.4955	K23BL	1364	178	17	10.47	25	150	2700	542	9.8	1079.8	2.90	4	4	1/16
	6	12.25	S33S	15	15	15	0.5177	173277	1740	376	33.5	11.22	40	140	2200	515	10	911.2	2.32	6	7	I
	7	12.25	S33S	15	15	15	0.5177	173278	1994	254	30.5	8.33	35-40	110	2200	515	9.9	902.1	2.30	3	6	I
	8	12.25	ATM-G1	15	15	15	0.5177	K22BL	2457	463	69	6.71	35-40	110	2500	504	10.1	881.4	2.20	4	4	1/8
	9	12.25	SDS	15	15	15	0.5177	A598E	2515	58	5	11.60	35-40	110	2500	504	10.2	890.1	2.22	4	3	I
	12	8.5	ATJ-11	11	11	11	0.2784	765EH	2863	348	48	7.25	35	90	2100	370	10	1626.2	6.19	6	8	1/4
	13	8.5	ATJ-11	11	12	12	0.3137	S62EH	3170	307	48	6.40	35	90	2100	351	10.1	1164.3	4.20	3	2	1/8

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS			TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN BROCA	HSI	CONDICIÓN		
															PRESIÓN	CAUDAL						
137X	3	12.25	ATM-00	14	14	15	0.4732	T37PG	1485	1218	74	16.46	30	130	2200	562	9.9	1285.7	3.58	2	2	1/16
	4	12.25	SDS	14	14	15	0.4732	A589E	1925	440	51	8.63	30	130-140	2150	511	10	1073.6	2.72	4	5	I
	5	12.25	J11	15	15	15	0.5177	986AG	2419	494	68.5	7.21	35-40	80-100	2200	504	10.2	890.1	2.22	6	4	1/8
	7	8.5	ATM-05	11	11	10	0.2623	J02ET	3050	617	56.5	10.92	30-35	100-110	2200	350	9.3	1524.6	5.49	7	4	1/4

**COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO POZOS CAMPO PAVAYACU - ENERO/MARZO 94**

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS					TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN BROCA	HSI
																	PRESIÓN	CAUDAL			
135D	4	12.25	ATJ-1S	15	15	15			0.5177	R36BL	576	311	9.5	32.74	25	120	2200	705	8.9	1519.7	5.30
	4R	12.25	ATJ-1S	15	15	15			0.5177	R36BL	998	422	21	20.10	20	140	2400	705	9.3	1588.0	5.54
	5R	12.25	DS61HF	13	13	13	12	14	0.6496	14328	1447	449	22.5	19.96	15-18	110	2600	683	9.6	977.1	3.30
	5RR	12.25	DS61HF	13	13	13	12	14	0.6496	14328	2374	927	54	17.17	15	140	2600	557	10.4	704.0	1.94
	8	8.5	AR545	12	12	11			0.3137	118874	3017	643	54	11.91	10-18	100-120	2600	401	9.5	1429.4	5.89

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS					TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN BROCA	HSI
																	PRESIÓN	CAUDAL			
147D	4	12.25	ATJ1S	15	15	15			0.5177	R24BL	447	182	6	30.33	20-30		2100	668	9.2	1410.3	4.66
	4R	12.25	ATJ1S	15	15	15			0.5177	R24BL	837	368	12	30.67			2300	742	9.2	1740.1	6.39
	5	12.25	QP19L	14	14	14	14	14	0.7517	5940002	908	71	2.5	28.40	12-15	130-160	2100	668	9.3	676.4	2.24
	6R	12.25	DS61HF	13	13	13	12	14	0.6496	14328	1351	443	20.5	21.61	12-15	80-90	2400	668	9.5	924.9	3.06
	5R	12.25	QP19L	14	14	14	14	14	0.7517	5940002	2255	904	34.5	26.20	12-14	130	2400	618	10.4	647.4	1.98
	8	8.5	DS61HF	9	9	9	9	9	0.3106	14351	2851	596	47.5	12.55	12-18	90-80	2400	415	9.3	1528.5	6.52
	9	8.5	M89F	11	11	11			0.2784	196105	2930	79	23.5	3.36	30	80	2350	353	9.3	1376.6	5.00

POZO	N°	SIZE	TYPE	CHORROS					TFA	SERIAL	SALE	METROS PERF.	HORAS ROTAC.	ROP mts/hr	WSB Mlbs.	RPM	BOMBA		DENS. LODO	PRESIÓN BROCA	HSI
																	PRESIÓN	CAUDAL			
148D	3RR	12.25	ATJ1S	15	15	15			0.5177	R36BL	585	344	7	49.14	30-35	160	2000	658	9.1	1353.6	4.41
	4	12.25	DS61HF	15	15	14	14	14	0.7961	14689	799	214	4.5	47.56	5-8	180	2200	731	9.1	706.4	2.56
	4R	12.25	DS61HF	15	15	14	14	14	0.7961	14689	912	113	2.5	45.20	5-8	180	2200	731	9.1	706.4	2.56
	4RR	12.25	DS61HF	15	15	14	14	14	0.7961	14689	2274	1362	60	22.70	8-15	140-130	2600	585	10.2	507.1	1.47
	7	8.5	AR545	11	11	12			0.2961	0119029	2864	590	34	17.35	5-15	80-120	2600	415	9.3	1682.7	7.18
	7R	8.5	AR545	11	11	11			0.2784	0119029	2930	66	2.5	26.40	5-15	100	2600	368	9.3	1496.1	5.66

### **5.3 CONTROL DIRECCIONAL :**

El control direccional del pozo se realiza teniendo en cuenta la formación a perforarse y el tipo de brocas PDC ó tricónica a utilizarse. Las brocas PDC tienen tendencia del desplazamiento del rumbo hacia la derecha cuando perforan formaciones blandas en +/- 0.5°/30 mts y a la izquierda cuando perforan formaciones de mayor resistencia. Se realiza el levantamiento del ángulo en el tramo de 17 1/2" a partir de +/- 50 mts., utilizando motor de desplazamiento positivo de 9 5/8" y bent sub de 1.5° a 2.5°, se proyecta el rumbo inicial del pozo a 6° izquierda del rumbo programado para compensar el desplazamiento del rumbo hacia la derecha producidas por las brocas PDC.

De presentarse inestabilidad del conjunto de fondo (BHA) sin lograr mantener el rumbo deseado, en el tramo Slant de 12 1/4", se realiza la corrección con motor de fondo, esto provoca "Dog Leg" perjudiciales en el desarrollo de la perforación.

Para mejorar la estabilidad del BHA se cambiaron los estabilizadores Grant (cuchillas intercambiables) a Drillco EZ Change que tienen mayor área de contacto con la pared del pozo.

En los survey, se cambió la herramienta “single shot” del sistema “timer” al “sensor monel”, dando mayor confiabilidad a la información obtenida.

#### **5.4 BROCAS DE PERFORACIÓN**

Inicialmente se usaron las brocas tricónicas de tecnología mejorada en los rodamientos, por ser estos los puntos de mayor desgaste. Fueron corridas las brocas con cojinetes de fricción ( serie ATJ ) y los de cojinete de fricción y sello metal-metal.( serie ATM ). Posteriormente en la perforación del pozo 134D se utilizó la primera broca PDC de 12 1/4” (Junio/93) y en el pozo 135D la primera broca PDC de 8 1/2” (Enero/94). La velocidad de perforación con estas brocas fueron excelentes, sin embargo, afectó el control direccional del pozo.

- A continuación presentó los siguientes cambios más saltantes al perforar con broca PDC

**Por brocas PDC de 12 1/4” :**

1. Aproximadamente en los primeros 350 mts., a partir de 400 mts. del tramo inclinado se produce tendencia de desviación del rumbo en

6° hacia la derecha con una velocidad de 0.5°/30 mts., lo que significa corregir el rumbo con motor de fondo y broca de dientes.

Este intervalo comprende aproximadamente :

Los últimos 120 mts. de la formación Corrientes ( Fm. blanda ).

Los primeros 230 mts. de la formación Marañón ( Fm. blanda ).

2. La broca PDC cuando perfora aproximadamente los últimos 185 mts. de la formación Marañón y la formación Pebas se desvia el rumbo hacia la derecha gradualmente en 0.1°/30 mts. Durante la perforación de la Fm. Chambira los cambios de desviación son menores.
3. La velocidad promedio de perforación del tramo es aproximadamente 19 mts/hr. Se utilizan caudales de 740 a 560 gl/min. (3 Bombas H700B con camisas de 5"). El HSI varía entre 4.1 - 2 y la presión entre 2400 y 2600 psi.
4. La broca PDC no presenta mayor desgaste, por lo que pueden ser rehusables en otros pozos.

**Por brocas PDC de 8 1/2" :**

El objetivo de utilizar brocas PDC de 8 1/2" era perforar todo el tramo, comprendido por las formaciones Yahuarango, Vivian , Chonta y Agua Caliente, en una sola corrida a velocidades de penetración rápidas y de esta manera reducir el tiempo de

exposición del lodo de perforación frente a las secciones productivas.

En pozos dirigidos, cuando perforamos el tramo de 8 1/2" provocamos desgaste por fricción en la pared interior del revestimiento intermedio al estar en contacto directo con la sarta de perforación. El uso de protectores de caucho en la tubería de perforación no es suficiente para evitar este efecto. El uso de las brocas PDC en este intervalo reducirá también el tiempo de contacto de la sarta de perforación con el revestimiento, disminuyendo por lo tanto el daño a esta sección entubada.

1. Se obtuvo mejor rendimiento en estas brocas, utilizando los siguientes parámetros hidráulicos :

Caudal	: 400 gl/min.
Caída de presión en la broca	1440 psi.
Área de flujo (TFA)	0.3068 plg <sup>2</sup>
Presión en superficie	2,400 psi.
HSI (hp/ plg <sup>2</sup> )	5.92

2. Los parámetros mecánicos sobre la broca, en promedio son :

– RPM = 110 y PSB = 15 Mlbs.

3. Las brocas PDC de 8 1/2" han logrado perforar en una sola corrida todo el tramo de producción ( Intercalaciones de formación

abrasivas compactas y de mayor resistencia ). Sin embargo por el excesivo desgaste y daño por vibración que estos presentan es necesario continuar mejorando su fabricación. La aplicación de postes impregnados (híbridos) han reducido este problema.

4. La velocidad de penetración promedio para cada una de las formaciones atravesadas son:

Fm. Yahuarango	14.7 mts/hr.
Fm. Vivian	22.0 mts/hr.
Fm. Chonta	9.0 mts/hr.
Fm. Agua Caliente	14.7 mts/hr.

5. Reduce la posibilidad de tener huecos sobredimensionados.

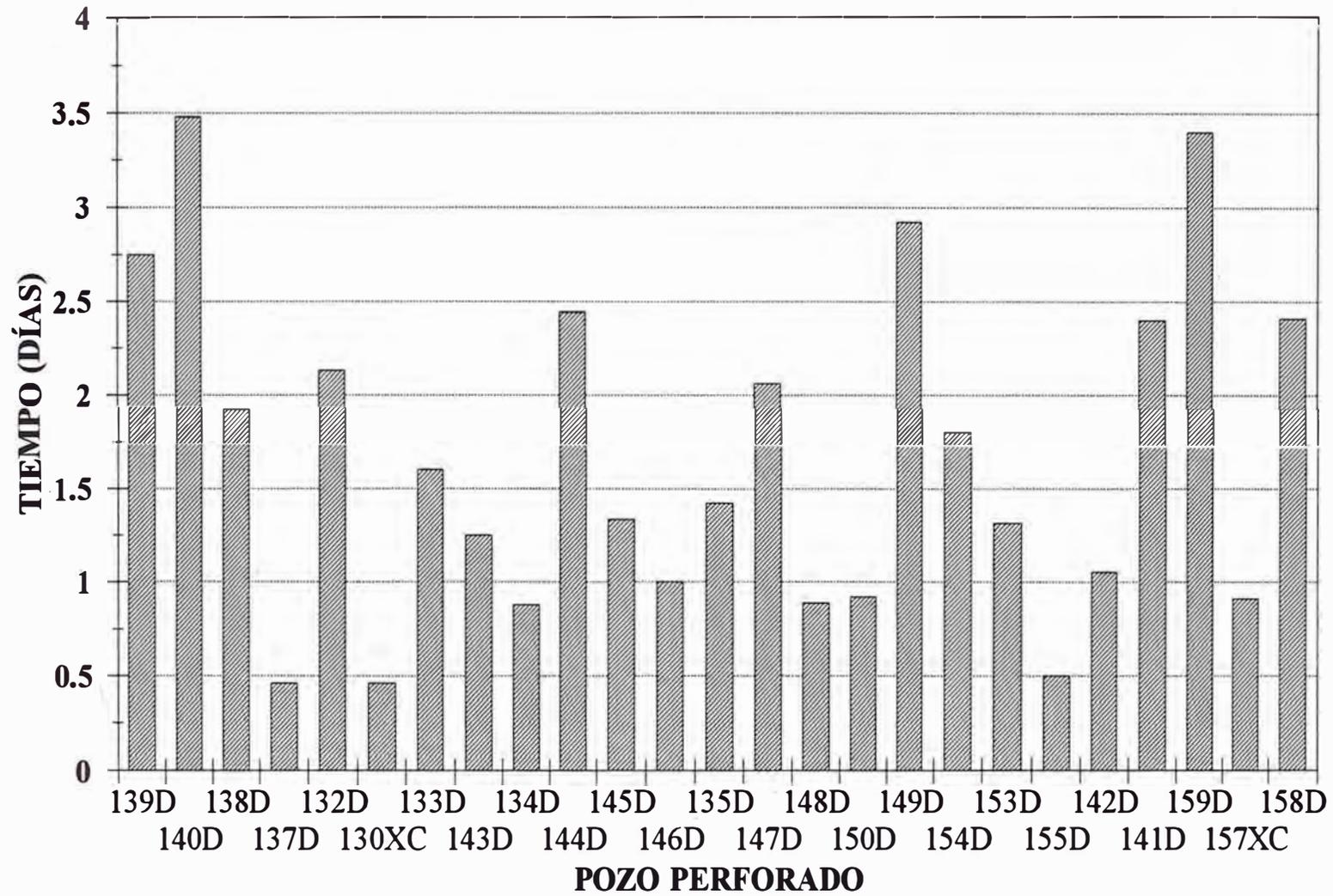
6. Las brocas PDC usadas hasta la fecha, han tenido baja velocidad de penetración en perforar la formación Chonta, principalmente el miembro Lupuna.

Para entender mejor el comportamiento de las brocas, se presenta a continuación, algunos aspectos teóricos que debe tenerse en cuenta

**TABLA Nº 5**  
**DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE PERFORACIÓN - MARZO 92 / SETIEMBRE 95 ( 25 POZOS )**

POZO	TIEMPO ( DIAS )										
	PERFORACION					CEMENTACION CSG + COMPLETACION					TOTAL
	TRAMO 24"	TRAMO 17 1/2"	TRAMO 12 1/4"	TRAMO 8 1/2"	SUB-TOTAL	CSG 20"	CSG 13 3/8"	CSG 9 5/8"	CSG 7"+COMPLET.	SUB-TOTAL	
139D		2.75	13.02	8.49	24.26		3.06	24.17	21.4	48.7	72.9
140D		3.48	10.33	4.15	17.96		2.58	7.25	13.2	23.0	41.0
138D	0.08	1.92	12.19	4.83	19.02	0.97	2.9	11.92	19.4	35.2	54.2
137D	0.19	0.46	9.84	3.4	13.89	0.63	2.16	2.55	18.8	24.2	38.1
132D	0.35	2.13	9.08	5.75	17.31	0.78	2.13	3.13	17.5	23.5	40.8
130XC	0.13	0.46	7.78	5.66	14.03	1.74	1.75	5.49	13.1	22.1	36.1
133D	0.13	1.6	8.75	5.73	16.21	0.64	2.21	4.54	18.9	26.3	42.5
143D	0.08	1.25	7.75	4.9	13.98	0.25	2.06	3.63	16.3	22.3	36.2
134D	0.08	0.88	9.13	10.3	20.39	0.41	2.29	2.94	10.1	15.7	36.1
144D	0.15	2.44	11.88	11.5	25.97	0.63	2.46	3.42	29.3	35.8	61.7
145D	0.04	1.33	6.94	6.65	14.96	0.79	1.75	3.08	20.3	25.9	40.9
146D	0.04	1	7.25	5.29	13.58	0.5	2	4.13	9.5	16.1	29.7
135D	0.08	1.42	6.73	2.5	10.73	0.59	1.25	4.83	9.9	16.6	27.3
147D	0.13	2.06	5.96	3.79	11.94	0.08	1.65	3.71	9.8	15.2	27.2
148D	0.02	0.89	4.9	4.71	10.52	0.65	2.12	7.57	23.2	33.6	44.1
150D	0.04	0.92	6	8.27	15.23	0.54	2.25	3.5	12.9	19.2	34.4
149D	0.13	2.92	7.38	5.79	16.22	0.62	1.77	3.43	14.4	20.2	36.5
154D	0.08	1.79	35.25	2.57	39.69	0.3	2.08	4.13	11.3	17.8	57.5
153D	0.08	1.31	5.15	3.26	9.8	0.64	6.29	2.08	16.9	25.9	35.7
155D	0.02	0.5	13.19	8.32	22.03	1.03	1.62	4.02	18.7	25.4	47.4
142D	0.02	1.05	12.73	2.08	15.88	0.74	1.36	6.65	12.0	20.8	36.7
141D	0.02	2.4	14.04	2.06	18.52	0.67	1.93	2.3	11.8	16.7	35.3
159D	0.04	3.4	14.52	3.61	21.57	1.02	1.73	3.18	10.5	16.4	38.0
157XC	0.04	0.91	11.06	8.74	20.75	1.03	2.8	3.35	14.0	21.2	42.0
158D	0.06	2.41	17.35	3.63	23.45	0.63	2.13	6.23	7.4	16.4	39.8

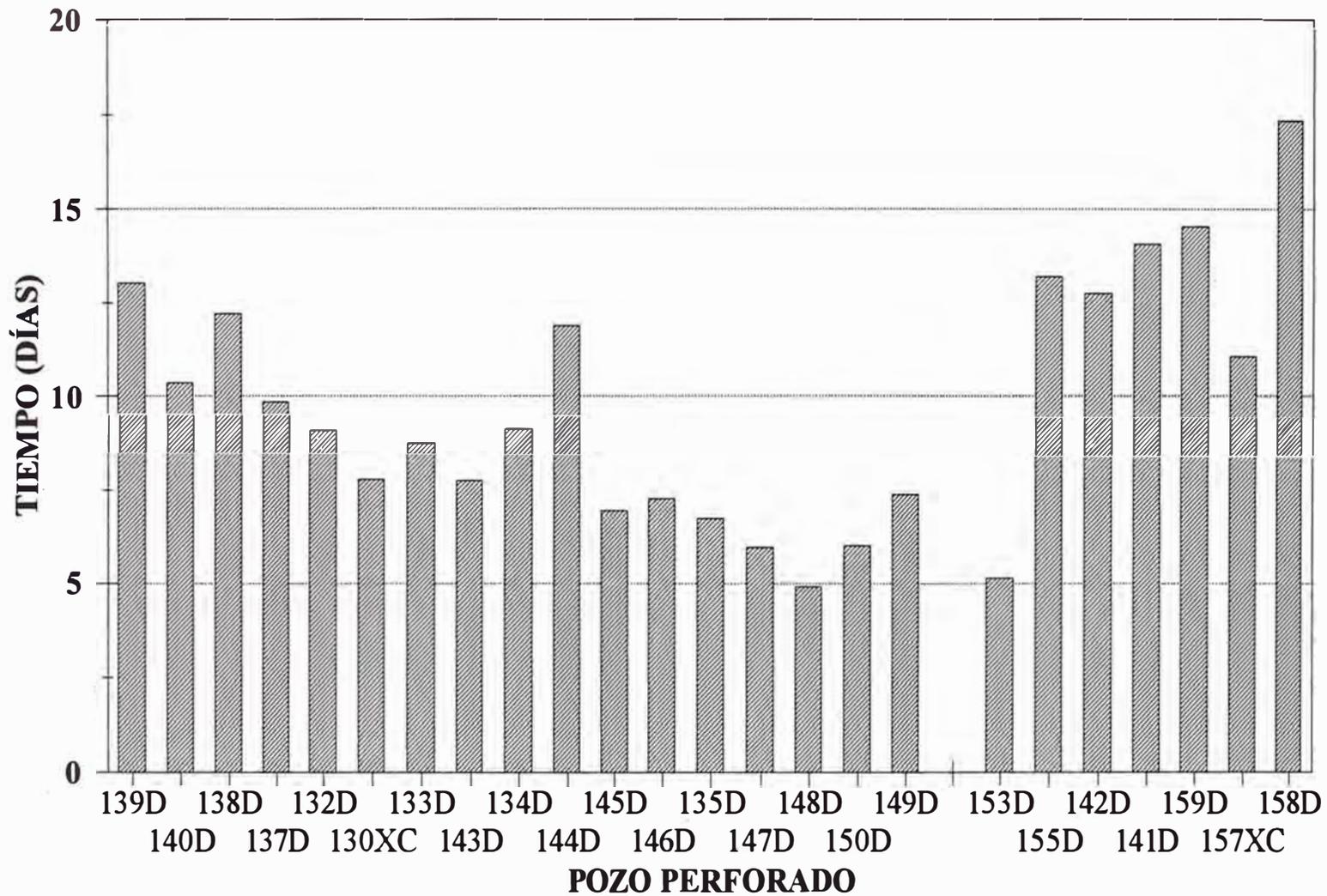
**TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN**  
**PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)**




**TRAMO 17 1/2"**

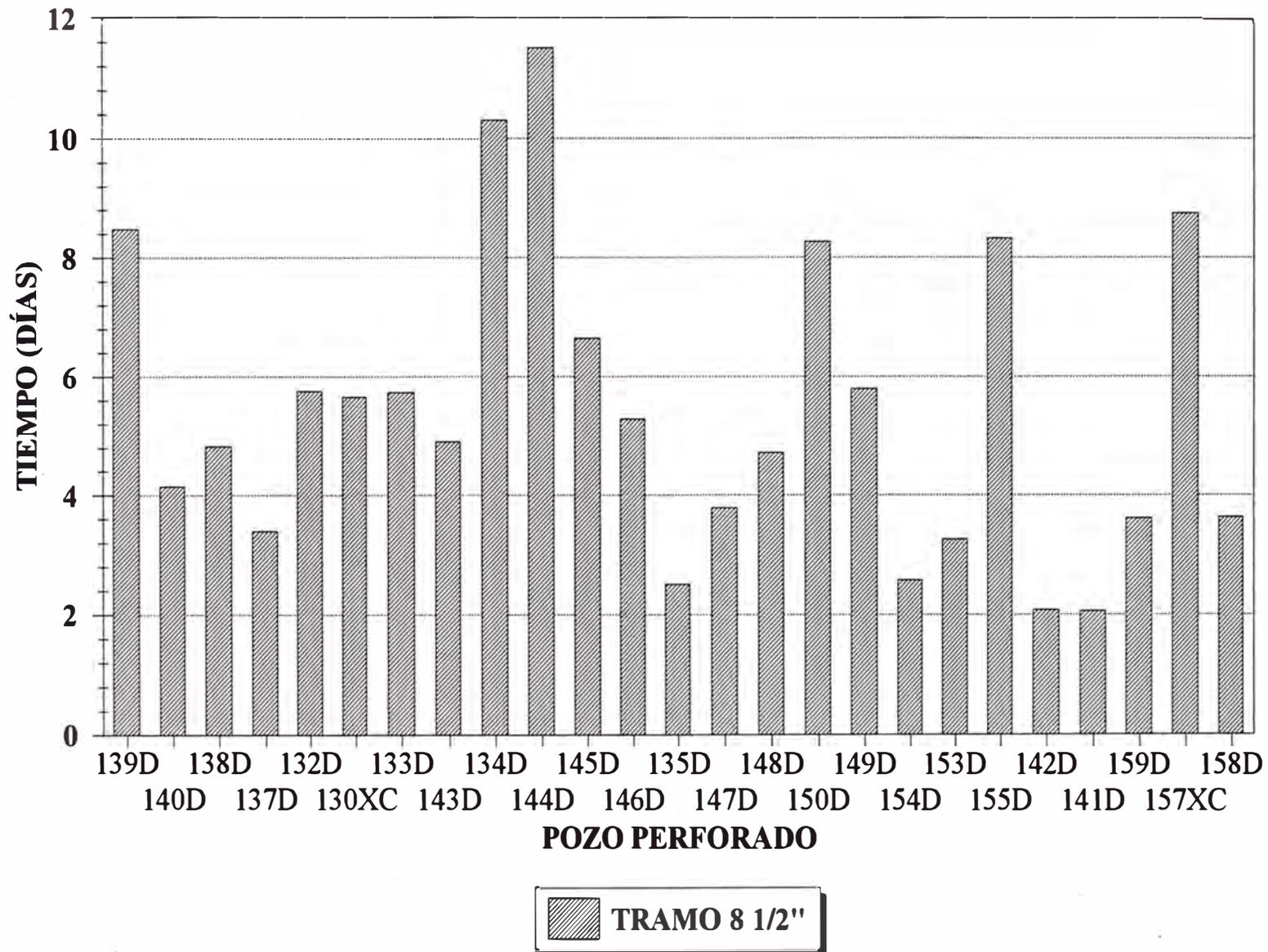
# TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN

PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)



TRAMO 12 1/4"

**TIEMPO PROMEDIO DE PERFORACIÓN**  
**PERIODO : 03/92 -09/95 (25 POZOS)**



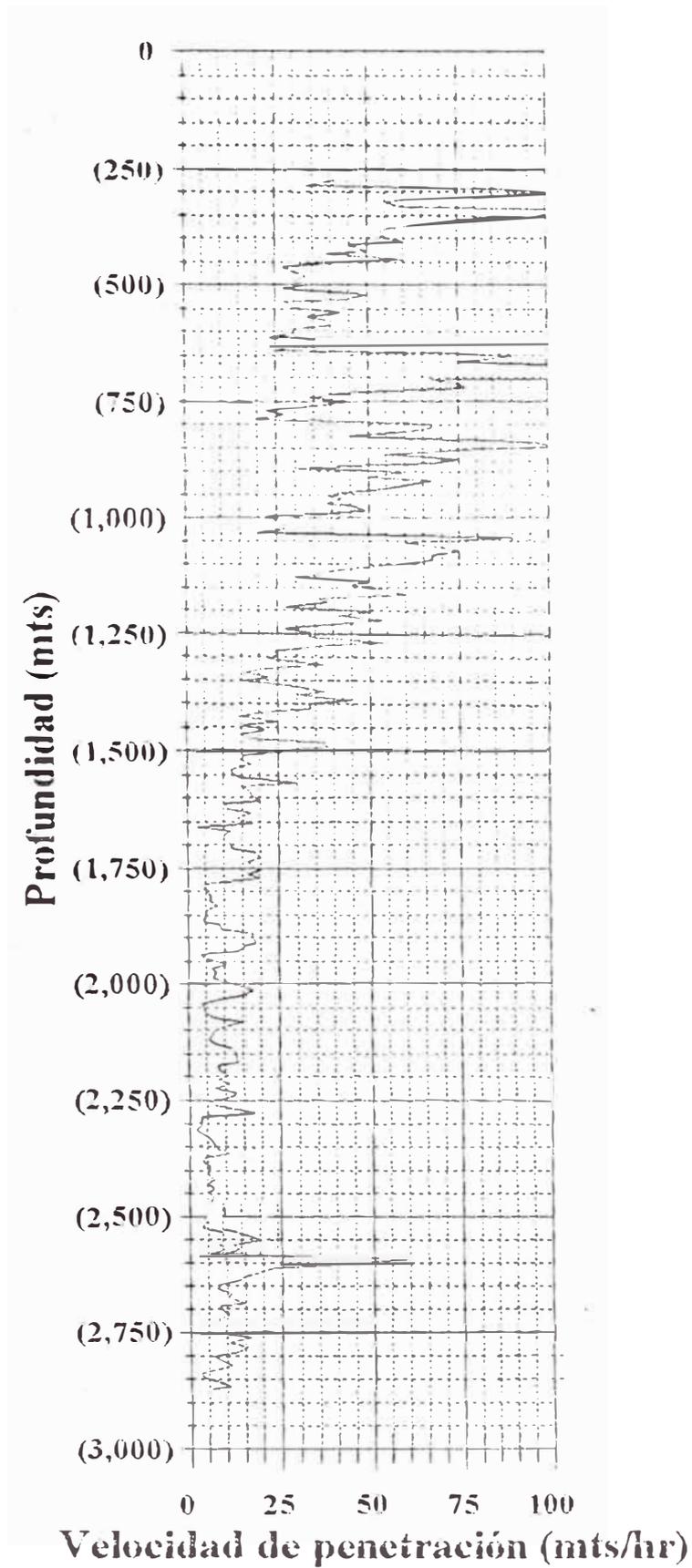
**RENDIMIENTO DE BROCAS TRICÓNICAS EN EL TRAMO DE 8 1/2"  
POZOS CORRIENTES AÑO 92**

POZO	BROCA	INTERVALO Metros	ESPESOR Metros	TIEMPO ( Horas)		VELOCIDAD PROMEDIA mts./hr	COSTO		
				ROTACION	VIAJE		BROCA	POR METRO PERFORADO US\$/mt.	TOTAL
138D	ATJ-11	2515-2863	348	48	9.6	7.25	\$5,000.00	104.24	\$36,276.80
	ATJ-11	2863-3170	307	48	9.9	6.40	\$5,000.00	118.70	\$36,439.70
			655					111.02	\$72,716.50
140D	X3A	2473-2580	107	15.5	9.4	6.90	\$1,500.00	140.38	\$15,020.70
	ATJ-1	2580-2817	237	25.5	9.6	9.29	\$2,000.00	88.86	\$21,059.30
	ATJ-22	2817-3103	286	25	9.9	11.44	\$2,000.00	73.25	\$20,950.70
			630				\$5,500.00	90.52	\$57,030.70
137X	ATM-05	2433-3050	617	56.5	9.9	10.92	\$6,500.00	68.97	\$42,555.20
<b>TRAMO 8 1/2"</b>			<b>1902</b>	<b>218.5</b>	<b>58.3</b>	<b>8.70</b>	<b>\$22,000.00</b>	<b>90.59</b>	<b>\$172,302.40</b>

**COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE BROCAS PDC EN EL TRAMO DE 8 1/2"  
POZOS CORRIENTES - PAVAYACU - AÑOS 94 - 95**

POZO	BROCA	INTERVALO Metros	ESPESOR Metros	TIEMPO ( Horas)		VELOCIDAD PROMEDIA mts./hr	COSTO		
				ROTACION	VIAJE		BROCA	POR METRO PERFORADO US\$/mt.	TOTAL
135D	AR545	2375-3017	642	54	9.9	11.89	\$30,680.00	101.83	\$65,377.70
147D	DS61-HF M89F	2255-2851 2851-2930	596	47.5	9.35	12.55	\$28,674.00	99.91	\$59,543.55
			79	23.5	9.61	3.36	\$3,540.00	272.39	\$21,518.73
			675	71	18.96	9.51		120.09	\$81,062.28
148D	AR545-C1	2277-2864 2882-2930	587	36.5	9.61				
			48		9.9				
			635	36.5	19.51	17.40	\$30,680.00	96.21	\$61,093.43
150D	ATM-05 ATM-11HG	2346-2651 2664-3019 3019-2346	305	47	8.7	6.49	\$7,625.16	124.16	\$37,870.26
			355	41	9.9	8.66	\$8,920.80	102.98	\$36,559.50
			660	88	18.6	7.50		112.77	\$74,429.76
149D	AR545-C1 ATM-05	2403-2871 2871-3091	468	34.5	9.42	13.57	\$30,680.00	116.51	\$54,528.56
			220	29	10.14	7.59	\$7,625.16	131.26	\$28,878.18
			688	63.5	19.56	10.83		121.23	\$83,406.74
154D	DS56-HF	2352-2955	603	48	9.69	12.56	\$33,394.00	107.33	\$64,719.67
155D	SX70A6G+F ATM05		748	61.48	44.75	12.17	\$33,394.00	121.76	\$91,076.89
			57	11	8.7	5.18	\$7,625.00	321.44	\$18,322.10
			805					135.90	\$109,398.99
142D	SX70A6G+F ATM05		493	48.5	10.1	10.16		64.54	\$31,819.80
			91	15.5	8.7	5.87	\$7,625.00	228.19	\$20,765.60
			584					90.04	\$52,585.40
141D	DS70F+		586	46.5	10.5	12.60	\$33,394.00	109.80	\$64,345.00
TODOS	PDC (7)		4771	376.98	123.22	12.66	\$220,896.00	103.23	\$492,504.60
	TRICÓNICAS (6)		1107	167	55.75	6.63	\$42,961.12	148.07	\$163,914.37
<b>TRAMO 8 1/2"</b>			<b>5878</b>	<b>543.98</b>	<b>178.97</b>	<b>10.81</b>	<b>\$263,857.12</b>	<b>111.67</b>	<b>\$656,418.97</b>

## POZO 134D - PAVAYACU



### **5.4.1 DISEÑO DE LAS BROCAS**

Las Brocas de Perforación se diseñan teniendo en cuenta aspectos mecánicos, hidráulicos y propiedades de las rocas, siendo los principios los siguientes : perfil de la broca, geometría del cortador, densidad de cortadores, área total de flujo, interacción del fluido entre los cortadores, abrasividad y dureza de la formación a perforar.

La buena operación y evaluación de una broca, nos permite grandes ventajas económicas en la búsqueda de optimizar los costos de perforación.

Las Brocas de Perforación pueden ser tricónicas o convencionales (Dientes Frezados e Insertos de Carburo de Tungsteno) y de Diamante o Cortadores Fijos (Natural, PDC, TSP e Impregnado).

Aplicables económicamente el rango de las brocas se puede estimar como sigue:

Las brocas tricónicas de dientes pueden perforar desde las formaciones muy blandas hasta las medianas.

Las brocas tricónicas de Insertos, desde las formaciones blandas hasta las medianamente duras, con intercalaciones duras.

Las brocas de diamante PDC (Compactos de Diamante Policristalino), desde las formaciones blandas hasta las formaciones medianamente duras.

Las brocas de Diamante TSP ( Diamante Policristalino Térmicamente Estable ), desde las formaciones medianamente duras con intercalaciones duras.

Las brocas de Diamante Natural, desde las rocas medianamente duras a duras con intercalaciones de muy duras.

Las brocas de Diamante Impregnado, desde las formaciones duras hasta las muy duras.

Los intervalos de formaciones duras y muy duras, presentan mucha dificultad para ser perforados utilizando métodos convencionales con brocas tricónicas, PDC y Diamante Natural, ya que la ubicación de estas formaciones están a grandes profundidades, lo que incrementa los costos de perforación de estos intervalos. ( En la **tabla N° 6**, se representan los tipos de formación según su dureza )

La columna estratigráfica generalizada de los yacimientos Corrientes Pavayacu se representa en la **Figura N° 2)**

Tabla N°6

DUREZA DE LAS ROCAS

En general podemos decir que de acuerdo a las características de las formaciones, tenemos las referencias siguientes:

<b>TIPO DE FORMACIÓN</b>	<b>TRANSITO DE ONDA mseg/pie</b>	<b>POROSIDAD (%)</b>	<b>DENSIDAD (gr/cc)</b>	<b>COMPRESIBILIDAD DE LAS ROCAS (psi)</b>
<b>BLANDA</b>	MAS DE 100	MAS DE 35		MENOR DE 7000
<b>MEDIANAMENTE BLANDA</b>	90 - 100	25 - 35	MENOS DE 2.2	7000 - 15000
<b>MEDIANA</b>	78 - 90	15 - 25	2.2 - 2.3	15000 - 25000
<b>MEDIANAMENTE DURA</b>	72 - 78	9 - 15	2.3 - 2.4	30000 - 45000
<b>DURA</b>	63 - 72	7 - 9	2.4 - 2.55	45000 - 60000
<b>MUY DURA</b>	MENOR DE 63	MENOR DE 7	MAYOR DE 2.55	MAYOR DE 60000

FIGURA Nº 2  
COLUMNA ESTATIGRAFICA GENERALIZADA  
YAC. CORRIENTES PAVAYACU

ERA	SISTEMA	SERIE/PISO	FORMACION	ESPESOR (m)	LITOLOGIA	DESCRIPCION	AMBIENTE DEPOSICIONAL		
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	MIOCENO	CORRIENTES	330	[Lito: Arenisca con puntos]	ARENISCA GRIS, LITICA TRAZO GRIS, LITICA RESTOS VEGETALES CLOROFITAS	FLUVIAL ENTRE RIOS		
			MARAFION	136	[Lito: Lodo con capas]	LODOLITA Y MARGA ARCILLAS CON INTERCALACIONES DE ARENISCA	LACUSTRINO		
	T E R C I A R I O	MIOCENO	PEBAS	527	[Lito: Lodo con fragmentos]	LODOLITA GRIS CLARA, TERROSA OCASIONALMENTE CLAUCONITICA, CON FRAGMENTOS DE MICROFOSFOS Y CARBON NEGRO FINISSIMO	MARINO (SALINOS)		
			CHAMBIRA	1087	[Lito: Lodo con capas]	LODOLITA MARRON ROJIZO Y PURPURA CON ABUNDANTES NODULOS Y CAPAS DE LIMONITA EN PARTE GRASA A LIMOLITA DELGADAS INTERCALACIONES DE ARENISCA BLANCA, GRIS CLARA GRANO MUY FINO, ABUNDANTES CAROFITAS Y OSTRACODOS.	NO MARINO (LACUSTRINO SALINOS)		
		OLIGOCENO	UT. POZO	96	[Lito: Lutita verde]	LUTITA VERDE CLARO-OLIVA, CLAU- CONITICA, VISIBL. ASTILLOSA, ARENISCA BLANCA FINA/MEDIA.	MARINO (DELTAICO)		
			YAHUARANGO	297	[Lito: Arcillita]	ARCILLITA Y LODOLITA MARRON ROJIZO-ROJO LADILLO EN PARTE LIMOLITICA ESCASAS INTERCAL. DE ARENISCA	NO MARINO (LACUSTRINO-SALINOS)		
	M E S O Z O I C O	CRETACICO	MIOCENO	VIVIAN	113	[Lito: Arenisca cuarzosa]	ARENISCA CUARZOSA GR. MEDIO GRUESO Y LUTITA GRIS MEDIO	DELTAICO/MARINO	
				CHONTA	273	[Lito: Arenisca blanca]	ARENISCA BLANCA CUARZOSA FINO/MEDIO, CLAUCONITICA Y LUTITA GRIS OSCURA-NEGRA, CALIZA CREMA, MICRITICA	MARINO (DELTAICO/ PLATAFORMA)	
			MIOCENO	AGUA CALIENTE	179	[Lito: Arenisca blanca]	ARENISCA BLANCA, CUARZOSA MEDIA/GRUESA, Y ARCILLITA CREMA, DURA (MUY)	FLUVIAL ENTRE RIOS /DELTAICO	
				CUSHABATA	224	[Lito: Lutita gris]	LUTITA GRIS OSCURA, CARBONOSA	FLUVIAL	
			OLIGOCENO	MIOCENO	UT. POZO	96	[Lito: Lutita verde]	LUTITA VERDE CLARO-OLIVA, CLAU- CONITICA, VISIBL. ASTILLOSA, ARENISCA BLANCA FINA/MEDIA.	MARINO (DELTAICO)
					YAHUARANGO	297	[Lito: Arcillita]	ARCILLITA Y LODOLITA MARRON ROJIZO-ROJO LADILLO EN PARTE LIMOLITICA ESCASAS INTERCAL. DE ARENISCA	NO MARINO (LACUSTRINO-SALINOS)

• PETROLEO

# *Principales tipos de formaciones*

- 1. *Arcilla*
- 2. *Barro compacto.*
- 3. *Marla*
- 4. *Evaporita*
- 5. *Yeso*
- 6. *Lutita*
- 7. *Limo*
- 8. *Arenisca*
- 9. *Anhidrita*
- 10. *Caliza*
- 11. *Dolomita*
- 12. *Conglomerados*
- 13. *Horsteno*
- 14. *Rocas Volcánicas*

## **5.4.2 BROCAS DE DIAMANTE POLICRISTALINO COMPACTADO (PDC )**

### **– FABRICACIÓN**

El diamante es una de las dos formas estables del carbón cristalino; la otra forma estable es el grafito. Las propiedades de estos dos tipos de carbón son diferentes. El grafito es un material blando de color negro y que a menudo se usa como lubricante, el diamante es completamente opuesto. El diamante es extremadamente duro, conductor térmico y excelente aislador eléctrico.

El diamante natural se forma a grandes presiones (1'500,000 PSI) y altas temperaturas ( 2750 °C ), debajo de la tierra. El diamante sintético se fabrica combinando grafito con un solvente metálico, que generalmente es el cobalto, que actúa como catalizador. Se somete a grandes presiones (1'500,000 psi) y altas temperaturas (1500°C) por 5 minutos.

A medida que se controla la presión y temperatura, es posible elegir el tipo de diamante sintético producido. El resultado es una "Arenilla" de diamantes, que tendrá diversas aplicaciones, siendo las principales:

Fabricación de Compactos de Diamante Policristalino (PDC),  
que se emplearan como cortadores de las brocas PDC.

Fabricación de brocas de diamante impregnado.

Arenilla para esmerilar y para aserramiento.

## – FUERZA DE CORTE DE UN CORTADOR PDC

El modo de desprendimiento de un ripio durante la perforación con una broca PDC se conoce como mecanismo de cizallamiento. Un modelo simplificado sobre la formación de virutas en el maquinado ortogonal propuesto por V. Pijspanen puede adaptarse a la perforación de formaciones plásticas con una broca PDC. ( Esto se representa esquemáticamente en la **Figura N° 3**)

En este modelo, el ripio se supone dividido en pequeños elementos de espesor infinitesimal  $\Delta x$  que resbalan uno sobre otro por la acción del cortador PDC según una dirección común determinada por el plano de cizallamiento ( de aquí el nombre de mecanismo de perforación por cizallamiento). inclinado un ángulo  $\phi$  (cuyo valor depende del tipo de formación).con respecto a la superficie plana de la formación a perforar.

El ripio se separa de la formación con una deformación plástica correspondiente al desplazamiento relativo  $\Delta s$  de los elementos de espesor  $\Delta x$ . Adicionalmente como el ripio resbala sobre la cara del cortador, se manifiesta también una acción de rozamiento entre el ripio y el cortador.

#### – FUERZA GENERADA SOBRE UN CORTADOR

La deformación generada implica que se inducen fuerzas entre el cortador y la formación durante el arranque del ripio.

Puede analizarse el problema si se supone el equilibrio del ripio sometido a una fuerza resultante  $F$  aplicada por el cortador y a una reacción  $F$  igual y contraria aplicada por la formación en la región del plano de cizallamiento.

La fuerza  $F$  equivale a una distribución de esfuerzos normales  $\sigma$  entre el ripio y la cara del cortador para los cuales se suponen los siguientes valores límites

$\sigma_{\text{máx}}$ , en las proximidades del filo del cortador

0 en el punto de separación del ripio de la cara del cortador

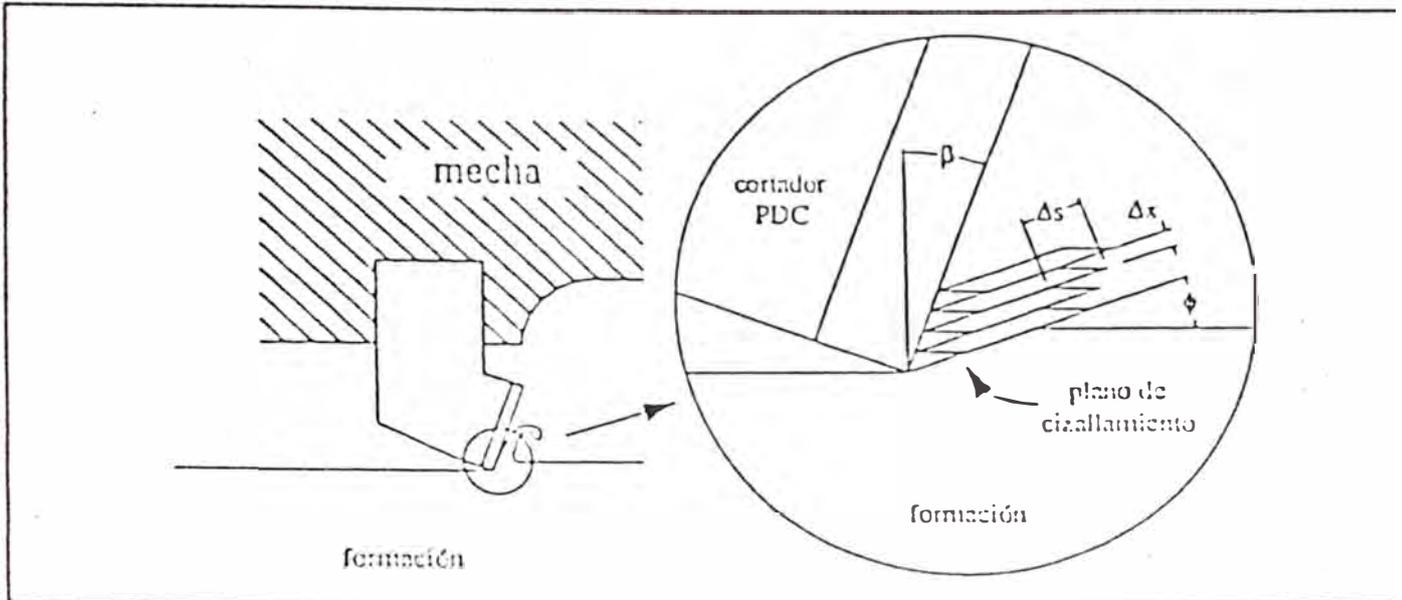
El ripio al desplazarse sobre la cara del cortador produce fricción que calienta al cortador. La componente de la fuerza  $F$  normal a la cara del cortador está relacionada con la componente tangencial según el coeficiente de fricción  $\mu$  o el ángulo de fricción  $\alpha$

$$\mu = \tan\alpha$$

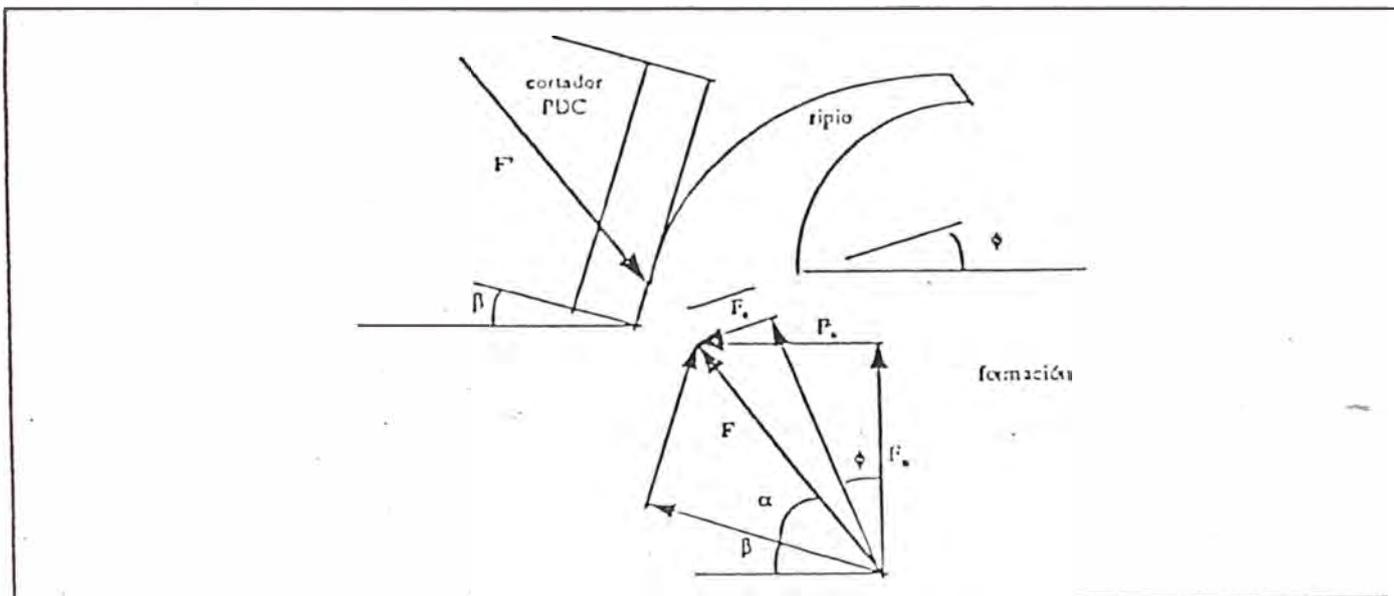
Para que ocurra la perforación, la componente de la fuerza de corte  $F_s$  de la fuerza  $F$  que actúa sobre el plano de deslizamiento debe superar la resistencia al cizallamiento del material de la formación.

La fuerza  $F$  puede dividirse en una componente normal a la formación  $F_n$ , responsable de la penetración del cortador en la roca (relacionada con el peso sobre la broca) y una componente

FIGURA N° 3  
 MODELO DEL MECANISMO DE CORTE Y DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS  
 EN UN CORTADOR PDC



Modelo de Pijspanen para la formación del ripio.



Descomposición de la fuerza sobre el ripio.

tangencial  $F_a$  (fuerza de arrastre), responsable del corte y relacionada con el torque de perforación.

Si se conocen

- La resistencia al cizallamiento de la formación.
- La penetración del cortador en la roca.
- Los ángulos de fricción y cizallamiento.

Pueden determinarse las componentes de la fuerza  $F$ . La integración de esta fuerza para cada cortador sobre toda la superficie de la broca permite determinar sus parámetros de perforación.

## **BROCAS PDC RESISTENTES A LA VIBRACIÓN**

- **La tecnología híbrida de la broca PDC**

La vibración pozo abajo puede perjudicar notablemente el rendimiento de las brocas de diamante policristalino compactado (PDC) especialmente en formaciones medianamente duras. Las altas cargas de impacto que genera la vibración astillan los cortadores individuales, reduciendo la vida útil de las brocas. El

desgaste acelerado en puntos críticos, incluso de algunos cortadores puede acortar drásticamente la vida útil de estas brocas.

Dos son los tipos de vibración que deben tenerse en cuenta:

- 1) La vibración Lateral, y
- 2) La vibración Axial.

#### **Vibración lateral.**

La vibración lateral , a veces denominada “bit whirl” (remolino) es el movimiento lateral de la broca en el plano x-y. Esto ocurre pozo abajo cuando, las fuerzas dinámicas hacen que el centro instantáneo de rotación de la broca se desplace de su centro geométrico. Con este efecto, la broca deja un patrón característico de lóbulos múltiples, en vez del patrón de círculos concéntricos que se produce cuando funciona parejamente.

Cuando cualquier cortador de la broca de PDC “muerde” la formación, el centro instantáneo de rotación de la broca cambia al punto de contacto del cortador con la roca. Esto a su vez, crea un “bit whirl” que le impone cargas de impacto a los cortadores

en el lado opuesto al centro de rotación, ocasionando daños por las cargas de impacto provenientes de la parte trasera de los cortadores.

En las broca híbridas de PDC los cortadores quedan protegidos por los elementos de respaldo, impregnados de diamantes naturales que se denominan postes impregnados. Las brocas híbridas de PDC perforan mas eficazmente que las convencionales de PDC porque los postes impregnados, ubicados detrás de la estructura principal de corte, estabilizan la broca dentro del pozo absorbiendo el grueso de las fuerzas de impacto inverso reduciendo su tendencia al “bit whirl”

### **Vibración axial.**

La vibración axial, es el movimiento periódico del sube y baja de la broca, con relación a su eje central. Este fenómeno ocurre en el fondo del pozo a medida que cambia el peso sobre cada cortador variando la profundidad de corte que estos hacen (llega al mínimo cuando la broca esta en la posición alta y al máximo cuando esta en la baja). Las variaciones de la profundidad del corte se convierten en fluctuaciones de torsión, las cuales pueden ocasionar vibración torsional en la broca.

Las broca híbridas de PDC minimizan la vibración torsional por que los postes impregnados evitan cortes profundos eliminando los altos picos de torsión.

### **Rendimiento de las brocas híbridas de PDC.**

Las brocas híbridas PDC mejoran el rendimiento de las PDC convencionales con referencia a:

1. Su capacidad para perforar formaciones de mayor resistencia.
2. Mayor vida útil de las brocas, bajo altas tasas de penetración.

Esta mejora en el rendimiento se puede atribuir a los siguientes factores

- a) Mayor estabilidad.
- b) Mejores características de torsión.
- c) Mejor aprovechamiento de los cortadores de PDC contra el desgaste por abrasión.
- d) Mejor protección al calibre.

### **– Ventajas del diseño de las brocas híbridas.**

Se pueden considerar los siguientes :

1. Menos incidencia de daños en los cortadores centrales.
2. Desgaste eficiente de los cortadores a través de la cara de la broca.

3. Mejoras del desgaste en la región crítica del diámetro exterior de la broca.
4. Notable incremento de la efectividad de los cortadores del calibre de la broca.

## **5.5 FLUIDO DE PERFORACIÓN**

El principal control que se realiza al fluido de perforación es su inhibición, para mejorar su aplicación se realiza lo siguiente

A fin de obtener máximo rendimiento de la bentonita se la hidrata previamente antes de adicionarla al sistema. Se tiene tanques de reserva para realizar esta operación.

Debe existir compatibilidad con los aportes masivos de anhidrita y yeso de las formaciones Chambira y Pebas.

Se optimiza la inhibición con el uso de los iones Ca, K ó Na en solución, para reducir las fuerzas de atracción entre las partículas de arcilla con el agua evitando problemas de hidratación y derrumbes de lutitas.

Se utiliza un derivado asfáltico para bloquear las micro fracturas de las lutitas, esto reduce el problema de derrumbe, en la formación Lutitas Pozo.

Minimizar la incorporación de sólidos al sistema.

Se perfora la formación Lutitas Pozo adicionando material asfáltico, mientras no se mejore la inhibición se densifica el lodo con baritina.

Antes de empezar la `perforación del tramo de 8 1/2” : se ajusta la densidad del lodo de los tanques mediante funcionamiento de los equipos de control de sólidos y durante la perforación de los equipos de flotación usados en la cementación de 9 5/8” se realiza la dilución y acondicionamiento del lodo.

Para la bajada del revestimiento intermedio se acondiciona el lodo para conseguir un revoque fino y resistente en las paredes del pozo.

## 5.6 CEMENTACIÓN

Se consiguieron mejoras en los siguientes aspectos :

Equipos de flotación no rotativos : Estos permiten ser perforados con facilidad, hasta por brocas PDC, y continuar perforando formación del tramo siguiente. Con ello se gana el tiempo que se utilizaba anteriormente en perforar los equipos de flotación convencionales. Se utilizan en los revestimientos de 13 3/8” y 9 5/8”.

En los pozos productivos existentes se presentan problemas de corrosión y desgaste en sus revestimientos de producción por su

exposición a un ambiente altamente corrosivo (agua de formación) y desgaste por fricción ocurridos durante los trabajos de reacondicionamiento. Con la finalidad de incrementar la vida productiva del pozo se cementa los revestimientos hasta superficie, y de ser posible se utilizan revestimientos de mayor espesor.

En los revestimientos intermedios y producción se ha mejorado su centralización en el hueco utilizando un mayor número de centralizadores.

Cuando se baja el revestimiento de 9 5/8" se realiza la práctica de circulación en puntos intermedios entre 3 a 5 estaciones.

Durante el acondicionamiento del lodo antes de cementar el liner de 7" se reciproca la cañería en una carrera de +/- 3 metros.

## **5.7 PROBLEMAS PRESENTADOS**

### **Operacionales**

**Taponamiento Del -Flow Line :** Se produce por los recortes laterales extraídos por acción de las cuchillas de los estabilizadores de 12 1/4" al entrar en contacto directo con la formación arcillosa (Fm Pebas). El tipo de estabilizadores, su inclinación en el pozo, Los RPM influyen directamente con la severidad del problema.

Este problema fue parcialmente solucionado al usar estabilizadores con mayor área de contacto con la pared del pozo.

**Agarre de la sarta de perforación :** Los más comunes presentados fueron :

- **Por " Key Seat " :** Problema de mayor frecuencia en pozos direccionales debido a la geometría del pozo. Se forman con mayor facilidad en la parte superior, donde las formaciones son más blandas. Los " Key Seat " se forman por acción de la fuerza lateral ejercida por la sarta de perforación, contra las paredes del pozo como consecuencia de los cambios de dirección de su trayectoria. El efecto es la formación de un canal de diámetro menor que de los componentes del conjunto de fondo (BHA).
- **Por hinchamiento de arcillas :** Se produce cuando el agua del lodo de perforación entra en contacto con formaciones plásticas compuestas por arcillas altamente hidratables. Cuando las arcillas se hidratan aumentan de volumen y reducen el diámetro del hueco

perforado ocasionando restricción durante la sacada de la sarta de perforación. Para reducir el efecto de hidratación de las arcillas se inhibe el lodo con iones Ca, K, Na.. y para ayudar a mantener la estabilidad de las paredes del pozo se incrementa el peso del lodo.

- **Por presión diferencial:** Ocurre frente a las formaciones permeables. El desbalance de presión entre la hidrostática y formación aprisiona la tubería contra la pared del hueco en las zonas permeables. La diferencia de presión entre las presiones hidrostática y de formación es necesaria para el control del pozo y para prevenir una posible invasión de fluido en zonas de mayor presión.

Cuando se presenta este tipo de agarre, son más frecuentes cuando la sarta de perforación esta detenida al realizar la conexión de un nuevo tubo ó cuando se toma un registro de desviación.

- **Por hueco reducido :** Son los de menor frecuencia debido a que es prevenido su ocurrencia por evaluación de la broca con desgaste en el gage como consecuencia de haber perforado una zona abrasiva. Con la broca nueva de reemplazo se rima 60 pies antes de llegar al fondo.

## **6 ANÁLISIS ECONÓMICO :**

**Se realiza en forma generalizada, el cual se puede comprobar en la siguiente tabla :**

### **6.1 COMPARACIÓN DE COSTOS DE PERFORACIÓN**

En los años 1,984 el costo de perforación de un pozo de 3,048 m. desde una plataforma piloteada, costaba 3,900,000 US\$, distribuidos de la siguiente manera

Servicio del Equipo de Perforación	31.0 %
Transporte por helicópteros	28.0 %
Materiales y servicios	40.5 %
Transporte fluvial ( barcazas )	0.5 %

Donde puede apreciarse, que el costo del servicio por helicóptero, representa un porcentaje muy elevado del costo total del pozo.

Según esta información el costo por metro perforado se calcula en :

$$\text{COSTO ( Dólar/ metro )} = 3,900,000 \text{ US\$} / 3,048 \text{ mts.} = 1279.5 \text{ US\$/mt.}$$

En el presente año ( 1,995 ), hasta fines del mes de Setiembre se perforaron 6 pozos (Un pozo en Pavayacu, tres en Corrientes y dos en Chambira), y los costos reales alcanzados se muestran en la **tabla N°7** , y se concluye :

$$\text{COSTO ( Dólar / metro )} = 14'839,800 \text{ US\$} / 20,412.5 \text{ mts.} = 727.0 \text{ US\$/mt.}$$


---

**Es decir existe disminución significativa del costo en 552.5 US\$/mt.**

## **7 CONCLUSIONES Y RESULTADOS**

La aplicación de nuevas técnicas y prácticas en la perforación de pozos del lote 8 han mejorado la rentabilidad de los proyectos.

El costo por metro perforado, de los últimos 6 pozos perforados en el lote 8, alcanzó un promedio de 727.0 US\$/mt. ( Comprende los pozos : 1 en Pavayacu, 3 en Corrientes y 2 en Chambira ). Comparado con el valor obtenido el año 1,984, el cual fue de 1279.5 US\$/mt. Esto significa una reducción del costo en **43.2%**.

Entre los principales beneficios logrados se encuentran : reducción del tiempo de perforación neta de 17 hasta en 11 días, prevención para prolongar la vida productiva de los pozos, reducción de tiempo y costos en traslado aéreo del equipo de perforación.

La optimización de perforación de pozos en el lote 8 está siendo posible debiendo superarse el control direccional del pozo con el uso de la herramienta MWD, el cual se viene utilizando en el pozo 161D Chambira.

La adopción de la broca PDC en las operaciones trajo como consecuencia cambios en los equipos de perforación para que puedan adaptarse a las necesidades hidráulicas de estas brocas.

Un apoyo logístico continuado y eficiente durante las actividades de perforación evita el incremento de costos innecesarios. El reemplazo de helicópteros MI-08 por MI-17, de mejor eficiencia y mayor capacidad de carga, ha mejorado el apoyo aéreo y reducido los gastos en el traslado del Equipo.

Las brocas de diamante policristalino compactado de 12 1/4" incrementan la velocidad de penetración, sin embargo afectan el control direccional del pozo. De acuerdo al giro que estas presentan se toman las precauciones para llevar el pozo al objetivo programado.

Las brocas PDC de 8 1/2" han logrado perforar en una sola corrida todo el tramo de producción ( Intercalaciones de formación abrasivas compactas y de mayor resistencia ). Sin embargo por el excesivo desgaste y daño por vibración que estos presentan es necesario continuar mejorando su fabricación. La aplicación de postes impregnados (híbridos) han menguado en algo este problema.

El uso de equipos de flotación no rotativos en los revestimientos, ha favorecido grandemente en reducción del tiempo. Estos accesorios tienen la ventaja de ser perforados con facilidad sin ocasionar mayor desgaste en la broca, hasta del tipo PDC, esto permite continuar perforando formación del siguiente tramo sin realizar un cambio de broca.

El uso de la herramienta “ Key Seat Wiper ” de 8 1/4 es indispensable para incrementar el diámetro del hoyo en los puntos de “ Key Seat ” para abrir paso al conjunto de fondo ( estabilizadores y broca ) cuando estos son sacados del hueco.

Mientras no se mejore la inhibición del lodo para controlar el derrumbe de lutitas de la Fm Lutitas Pozo continuar con la práctica de densificar el lodo para reducir este problema.

Continuar con la práctica de realización de viajes cortos en intervalos de tiempos de 24 hrs. para prevenir la severidad de los Key Seat y reducción del diámetro del hoyo por hinchamiento de arcillas.

Se debe mejorar el tiempo de vida productiva de los pozos utilizando revestimientos de mayor grado y espesor debiendo cementarlos hasta superficie.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Eliminar el tramo de 8 1/2" perforando con broca de 12 1/4" hasta la profundidad final del pozo. Completar con revestimiento de 9 5/8" y cementarlo hasta superficie. Esto es favorable por lo siguiente

Reducimos el tiempo de terminación del pozo en 3 días al no tener que cementar el revestimiento de 7".

Eliminamos la lana y casing de 7".

Eliminamos el daño por fricción en el revestimiento de 9 5/8" originado por rotación de la tubería de perforación cuando es perforado el tramo de 8 1/2' . Con esto prolongamos la vida productiva de los pozos y se tendría mejores alternativas de completación.

2. Continuar con el uso de brocas Policristalinas para reducir el tiempo de perforación. Cuanto menor sea el tiempo de exposición del lodo frente a las formaciones perforadas menor son los riesgos.
3. Mantener los equipos de control de sólidos con buen el rendimiento por ser estos de mucha importancia.
4. En la perforación de pozos dirigidos utilizar el sistema de medición direccional MWD tipo Slim 1 por lo siguiente :

Facilita el control direccional y reduce los riesgos cuando se realiza un cambio de dirección en el pozo. La curva de corrección de rumbo que se genera es gradual y no brusca.



**Anexo N° 1**  
**TRASLADO DEL EQUIPO 131**

ORIGEN : PLATAFORMA 153X - PAVAYACU  
DESTINO : PLATAFORMA 137X - CORRIENTES  
DISTANCIA EN LINEA RECTA : 60 kilómetros

TIEMPO EMPLEADO : DEL 28 / ENERO / 95 AL 15 / FEBRERO / 95 TOTAL = 19 DIAS

A.- PRIMERA ETAPA : PLATAFORMA 153X - PAVAYACU A ESTACION DE BOMBAS  
FECHA : DEL 28 / ENERO / 95 AL 09 / FEBRERO / 95 TOTAL = 13 DIAS  
DISTANCIA EN CARRETERA : 15 kilómetros

FECHA	APOYO TERRESTRE NRO. DE VIAJES	HORAS DE APOYO DE HELICOPTERO			
		BELL	MI - 08	MI - 17	TOTAL
28-Jan-95				0.2	0.2
29-Jan-95				1	1
30-Jan-95	4			0	0
31-Jan-95	3	1		6.1	7.1
01-Feb-95	3	5.5		8.3	13.8
02-Feb-95	6	2.3	1.4	7	10.7
03-Feb-95	5		3.7	7.5	11.2
04-Feb-95	3		1	8	9
05-Feb-95		1.2	1.3	8	10.5
06-Feb-95	3	1.8		8.1	9.9
07-Feb-95	4	0.3	3.9	8	12.2
08-Feb-95			3	6.8	9.8
09-Feb-95				2.2	2.2
	31	12.1	14.3	71.2	97.6

B.- SEGUNDA ETAPA : ESTACION DE BOMBAS A BAHIA TROMPETEROS

RECORRIDO VIA FLUVIAL : Aproximadamente 95 kilómetros

El traslado del Equipo de Estación de Bombas hacia Percy Rozas fue 100 % por vía fluvial a través del río Corrientes que comunica ambas locaciones, y se realizó en forma simultánea con la tercera etapa.

C.- TERCERA ETAPA : BAHIA TROMPETEROS A PLATAFORMA 137X - CORRIENTES

FECHA : DEL 10 / FEBRERO / 95 AL 15 / FEBRERO / 95 TOTAL = 6 DIAS

RECORRIDO VIA TERRESTRE : Aproximadamente 2.5 kilómetros

FECHA	APOYO TERRESTRE NRO. DE VIAJES	HORAS DE APOYO DE HELICÓPTERO			
		BELL	MI - 08	MI - 17	TOTAL
Antes del					
08-Feb-95	31				
08-Feb-95	14				
09-Feb-95	17				
10-Feb-95	8			3.5	3.5
11-Feb-95	4		0.4	0.5	0.9
12-Feb-95	3				
13-Feb-95	5		2.3	0.5	2.8
14-Feb-95	2			0.5	0.5
15-Feb-95	2				0
	86		2.7	5	7.7

**Anexo N° 1 ( Continuación)  
RESULTADOS**

**A.- PRIMERA ETAPA : PLATAFORMA 153X - PAVAYACU A ESTACION DE BOMBAS**

Se realizó en forma combinada por vía terrestre y aérea.

HELICOPTERO	HORAS DE APOYO	NÚMERO DE VUELOS	MOVIMIENTO %	COSTO
MI -17	71.2	190	57%	\$121,040
MI - 08	14.3	31	8%	\$21,450
BELL	12.1	22	5%	\$14,520
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>97.6</b>	<b>243</b>	<b>70%</b>	<b>\$157,010</b>

UNIDAD TERRESTRE	HORAS DE APOYO	NÚMERO DE VIAJES	MOVIMIENTO %	COSTO
FOREMOST	94.1	31	30%	\$9,410
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>94.1</b>	<b>31</b>	<b>30%</b>	<b>\$9,410</b>

**TOTAL \$166,420**

**CONCLUSION :**

Porcentaje del movimiento por vía aérea = 70%

94.3% del costo

Porcentaje del movimiento por vía terrestre = 30%

5.7% del costo

**B.- SEGUNDA ETAPA : ESTACION DE BOMBAS A BAHIA PERCY ROZAS (CORRIENTES)**

El traslado del Equipo de Estacion de Bombas hacia Percy Rozas fue 100 % por vía fluvial y el costo alcanzado en esta etapa fue de :

**TOTAL \$55,900**

**C.- TERCERA ETAPA : BAHIA PERCY ROZAS HASTA PLATAFORMA 137X - CORRIENTES**

HELICOPTERO	HORAS DE APOYO	NÚMERO DE VUELOS	MOVIMIENTO %	COSTO
MI -17	5	14	4%	\$7,500
MI - 08	2.7	6	2%	\$4,050
BELL				
<b>TOTAL</b>	<b>7.7</b>	<b>20</b>	<b>6%</b>	<b>\$11,550</b>

UNIDAD TERRESTRE	HORAS DE APOYO	NÚMERO DE VIAJES	MOVIMIENTO %	COSTO
FOREMOST	128	86	94%	\$12,800
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>86</b>	<b>94%</b>	<b>\$12,800</b>

**TOTAL \$24,350**

**CONCLUSION :**

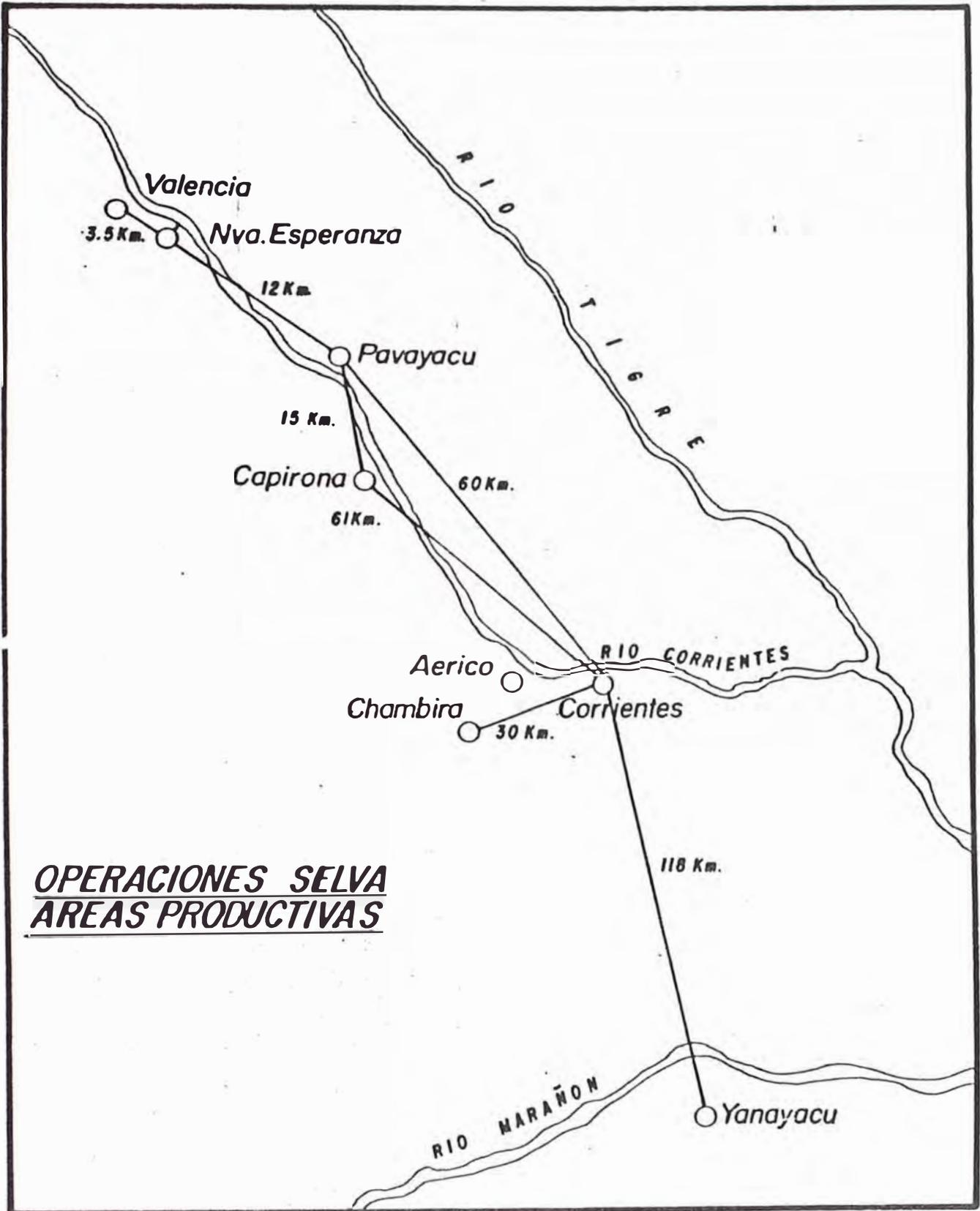
Porcentaje del movimiento por vía aérea = 6%

47.4% del costo

Porcentaje del movimiento por vía terrestre = 94%

52.6% del costo

Resultado : El costo total por servicios de traslado por vía aérea, terrestre y fluvial fue de : <b>\$246,670</b>
---



## FLUIDO DE PERFORACIÓN ( POZO 145D PAVAYACU)

FASE	TRAMO	TIPO DE LODO	DENSIDAD (lbs/gal)	Viscosidad Marsh	Viscosidad Plástica (Cps)	Punto de Cedencia (lbs/100ft <sup>2</sup> )	GELES (lbs/ft <sup>2</sup> )	Filtrado (cc/30")	Ca <sup>++</sup> (PPM)	CLORUROS (PPM)	SÓLIDOS (%)	COMENTARIOS
I	17 1/2"	BENTONÍTICO	8.9 - 9.1	46 - 48								Lodo bentonítico activado con soda caústica. Fluido brinda buena limpieza del hueco.
II	12 1/4"	YESO/ INHIBIDO CÁLCICO BASE YESO	9.1 - 10.4	48 - 50	14 - 15	15 - 18		7 - 8	800 - 900			Fluido base yeso. Consigue buena inhibición. evita empaquetamientos en la broca y estabilizadores.
III	.8 1/2"	YESO- LIGNOSULFONATO	9.1 - 9.4	45 - 46	12 - 14	12 - 13	3-4/10-12/	4.5 - 5.0	800	600	5 - 6	Exceso de yeso = 2.5 lbs/Bbl

## **9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. “Problemática de las operaciones de perforación de pozos de petróleo en la selva peruana”.  
Ing. Fernando Rengifo Hidalgo.  
Petróleos del Perú - Noviembre de 1,984.
  
2. “Selección óptima de brocas PDC mediante simulación numérica”  
Ing. Pedro Acuña  
Petróleos de Venezuela - IX Congreso Latinoamericano de perforación
  
3. Seminario : “Diseño, Fabricación, Selección, Operación y Evaluación de brocas de diamante”.  
Cia Hycalog - Marzo 1,995
  
- .4 “Analizan dureza de las rocas para escoger barrenas”.  
Ing. Robert T. Fabián.  
Revista Petróleo Internacional - Noviembre / Diciembre 1,994
  
- .5 “Tecnología de brocas PDC híbridas” - “Análisis de dureza de las rocas”.  
Hycalog - Empresa del grupo Camco International Company / 1,995
  
- .6 Seminario : “Perforación Direccional”.  
Cia Schlumberger - Anadrill / 1,994