

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO Y PETROQUIMICA**



**"Optimización de la Perforación de Pozos por  
Petróleo en Talara utilizando el equipo  
de perforación N° 8"**

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

**LUIS ENRIQUE MORAN HERRERA**

**PROMOCION 1980-II**

**Lima - Perú  
1997**

# **OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO EN TALARA UTILIZANDO EL EQUIPO DE PERFORACIÓN Nº 8**

## **RESUMEN.**

### **CAPITULO I. PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO**

- I.1. INTRODUCCIÓN.
- I.2. RESEÑA HISTÓRICA.

### **CAPITULO II. ETAPAS DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO.**

- II.1. INTRODUCCIÓN.
- II.2. CONSTRUCCIÓN DE PLATAFORMAS.
- II.3. TRASLADO DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN.
- II.4. MONTAJE DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN.
- II.5. PERFORACIÓN DE HUECO DE SUPERFICIE.
- II.6. BAJADA Y CEMENTACIÓN DEL CASING DE SUPERFICIE Y ARMADO DEL CONTROL.
- II.7. PERFORACIÓN DEL HUECO DE PRODUCCIÓN.
- II.8. COMPLETACIÓN DE POZOS.
- II.9. DESMONTAJE DE EQUIPO.
- II.10. RECOMENDACIONES DE PERFORACIÓN DE POZOS EN EL YACIMIENTO DE SILLA.

### **CAPITULO III. SUSTENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO.**

- III.1 INTRODUCCIÓN.
- III.2 RUBROS OPTIMIZADOS.
  - III.2.1. CONFECCIÓN DE PLATAFORMA.
  - III.2.2. TRASLADO Y DESMONTAJE / MONTAJE DEL EQUIPO.

III.2.3. OPTIMIZACIÓN DEL AVANCE DE PENETRACIÓN.

III.2.3.1. SELECCIÓN DE BROCAS.

III.2.3.2. RELACIÓN DE PESO (W) VS. REVOLUCIÓN SOBRE LA  
BROCA.

III.2.3.3. PROGRAMA DE HIDRÁULICA.

III.2.3.4. PROGRAMA DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

#### **CAPITULO IV. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS**

IV.1. RENDIMIENTO ECONÓMICO.

IV.2. CALCULO DE LOS COSTOS ESTIMADOS DE LOS POZOS  
PERFORADOS.

IV.3. CALCULO DE LOS COSTOS REALES DE LOS POZOS  
PERFORADOS.

IV.3.1. POZOS PERFORADOS NO OPTIMIZADOS.

IV.3.2. POZOS PERFORADOS OPTIMIZADOS.

IV.3.3. POZOS PERFORADOS - COMPARACION DE COSTOS

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

ANEXOS.

BIBLIOGRAFÍA

## RESUMEN

Los ingenieros y técnicos que actualmente se encuentran trabajando en las diferentes áreas de exploración-explotación y producción de petróleo en Talara, están obligados a multiplicar esfuerzos para reducir costos en cada una de las etapas comprometidas con la actividad petrolera, por motivo que la gran mayoría de las áreas en Talara se pueden considerar marginales.

Por esta razón los puntos que se enfocan en el presente trabajo, (perforación de pozos), cubre las acciones que se ejecutaron, la misma que no implico ningún tipo de inversión de capital, reduciéndose los costos de operación, basándose solamente en modificaciones de aspectos técnicos y aplicando el buen criterio.

Soy un convencido que este trabajo ayudará para que nuestros ingenieros en formación continúen por las sendas de la reducción de costos, el cual es un punto muy importante para el desarrollo del norte del país, así como su desempeño como profesional.

# **OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO EN TALARA, UTILIZANDO EL EQUIPO DE PERFORACIÓN N° 8.**

## **CAPITULO I. PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO.**

### **I.1 INTRODUCCIÓN.**

Uno de los problemas que permanentemente preocupa a los empresarios y técnicos es como optimizar cada una de las etapas que involucra un proceso y/o actividad con el objetivo de reducir los costos de producción de dichas etapas.

La "Crisis Petrolera" que se agudizó en 1,973 con el embargo petrolero árabe al mundo occidental; en esa época se produce un aumento exorbitante del precio del petróleo crudo de 5.00 US\$/Bbl (1975) y que luego se iría incrementando hasta alcanzar un máximo de 44.00 US\$/Bbl (1983); actualmente el precio del crudo está afectada por la Ley de la Oferta y Demanda del precio de este producto y la inestable paz del Medio Oriente, oscilando entre 15.00 y 22.00 US\$/Bbl.

Las empresas al observar este cambio brusco del precio del principal producto energético, se ven obligados a hacer un vigoroso impulso a las acciones tendientes a conseguir más petróleo de la manera más económica, problema que no solo se trata a nivel de empresa, sino que en algunos casos es un problema a nivel nacional.

En el Perú, el sector privado y la empresa estatal, Petróleos del Perú - PETROPERU S.A., consciente de este problema comenzó a efectuar estudios y esfuerzos con el objeto de reducir los costos de producción, utilizando los escasos recursos que se cuenta, debido a la crisis económica y administrativa que actualmente atraviesa.

Las medidas iniciales efectuadas fueron evaluaciones operativas (modificaciones de las variables de operación) que no implican gastos adicionales cuyo fin es mejorar el costo por pie perforado de los pozos, disminuyendo los tiempos de equipo de perforación en cada etapa de la perforación; como siguiente paso se efectuarán estudios con el fin de adquirir componentes para las operaciones, en esta tarea se observaron inconvenientes técnicos sobre todo por el mal entendimiento en la práctica de optimización de la perforación, así:

1. En algunos casos discrepan la técnica con la operación, mantenimiento y estándares de diseño que se han usado durante varios años.

2. Así mismo en la interpretación de los gastos para la ejecución de estos proyectos, se dan muchas veces por el cambio de conceptos de rentabilidad y en otros por el poco interés de algunos supervisores en este tipo de proyectos.

3. Los detalles técnicos, seguridad y de ingeniería requeridos son particulares para ciertos yacimientos y/o áreas, pero la ingeniería básica es común.

El presente trabajo tiene el objetivo de optimizar las operaciones de perforación de pozos de petróleo en el área de Talara, especialmente en el Yacimiento de Silla cuya ubicación se muestra en el Anexo N<sup>o</sup> I; utilizando el Equipo de Perforación N<sup>o</sup> 8 - en la actualidad de propiedad GMB S.A., y aprovechando los escasos recursos económicos y financieros existentes. La presente optimización consiste en reducir los tiempos de uso del Equipo de Perforación, pues es el rubro mas significativo del costo del pozo, así por ejemplo, se consideran las siguientes reducciones de costos:

- Reducción del área de la plataforma.

Disminución del tiempo de desmontaje, traslado y montaje de equipo, modificando la secuencia de operación.

- Reducción del número de cargas, durante la mudanza.

Disminución del tiempo de perforación, aumentando el rate de perforación.

## I.2. RESEÑA HISTÓRICA

La perforación de pozos de petróleo y/o gas, data desde los inicios de la actividad petrolera, en el año 1864, donde el Ingeniero E. A. Prentice con técnicos y equipos peruanos efectuó una perforación tubular, en la quebrada de Tusillal (Zorritos) y en Noviembre de 1864 encontró petróleo a 24 mt de profundidad, siendo este el primer pozo tubular de Sudamérica, pero la empresa no prosperó por falta de recursos.

El uso y el aprovechamiento del petróleo como fuente de energía en el Perú ocurre al terminar el siglo XIX, el cual origino un conflicto verbal sobre petróleo que duró unos sesenta años y conmovió la opinión pública, ocasionando debates apasionado en el parlamento, enalteció la imagen de patriotas gallardos, dió lugar a presiones diplomáticas de potencias extranjeras, y agitó violentamente la política del país de esa época. Sus antecedentes son fáciles de

entender y se han prestado para hacer análisis históricos, jurídicos, legales y políticos que aparecen en una extensa bibliografía nacional y extranjera, donde se defienden y se atacan posiciones relativas a la soberanía nacional, y a los intereses de personas y de empresas, generalmente con mística y patriotismo, pero a veces con egoísmo y pasión política.

Casi toda la historia del petróleo en el Perú ha estado ligado a la posición de las áreas de la Brea y Pariñas, desde la adjudicación de la "Mina de La Brea" a José Antonio de la Quintana, pasando por la London Pacific Petroleum Company (LPPC), International Petroleum Company (IPC), Petroleos del Perú-PETROPERU S.A. hasta llegar a PERÚ-PETRO compañía estatal que actualmente administra y fiscaliza la actividad de la industria petrolera del país.

## CAPITULO II. ETAPAS DE LA PERFORACIÓN DE UN POZO.

### II.1 INTRODUCCIÓN.

La perforación de un pozo se inicia a partir de la construcción de la plataforma hasta dejar el pozo produciendo a batería, pasando por la perforación en si, cementación de los casings, etapa de terminación hasta dejar el pozo produciendo a batería, etc.

Para efecto del presente trabajo se enunciará como etapas de la perforación de un pozo aquellas que fueron directamente supervisadas por el Departamento de Perforación N.O. - Petróleos del Perú - PETROPERU S.A. Talara, tales como:

- Construcción de plataforma.
- Traslado de equipo.
- Montaje de Equipo.
- Perforación de hueco de superficie.
- Bajada y Cementación del casing de Superficie y montaje de control BOP.
- Perforación de hueco de Producción.
- Bajada y cementación del casing de producción.
- Desmontaje Equipo.

No incluye: terminación del pozo, pruebas de producción, etc.

## II.2. CONSTRUCCION DE PLATAFORMAS.

En la actualidad los equipos de perforación rotarios requieren de una plataforma nivelada y con la suficiente capacidad para soportar toda la maquinaria sofisticada que cuenta.

La construcción de la plataforma se inicia con la ubicación de parte de los Ingenieros Geólogos, del lugar donde encuentren una trampa estratigráfica, para la futura extracción del petróleo, determinándose el punto donde se perforará, luego se dará el número al pozo aprobado por la Gerencia respectiva de acuerdo a una numeración previamente programada, y a un monto aprobado para invertir en un determinado año.

### DETERMINACION DE LA FORMA DE LA PLATAFORMA DE ACUERDO AL EQUIPO DE PERFORACIÓN

En el Anexo N° 2 se detalla el diseño de la plataforma del Equipo de Perforación N° 8, que se utilizó para los pozos del Yacimiento de Silla; así como la actual plataforma con la reducción del 30 % del área total, decisión que se ha tomado recién en el año 1995.

## ORIENTACIÓN DE LA PLATAFORMA DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN

Una vez determinado el diseño de la plataforma y del equipo de perforación, se procederá a darle la orientación adecuada en el terreno donde se va a realizar el trabajo de movimiento de tierras.

Esta orientación es Norte 21° Este (N 21° E), para el eje transversal que parte del punto central donde se interceptan los eje longitudinal y transversal en 90° grados. Desde este punto se empieza a dar las medidas correspondientes para cada plataforma del equipo de perforación adecuado.

La orientación está determinada por los siguientes factores:

1° Factor. En el equipo de perforación todos los motores, bombas y generadores deben ir en contra del viento, pues en caso de ocurrir chispa o fuego, nunca caiga en la zona de perforación porque podría ocurrir un incendio en la boca del pozo.

### GRÁFICO DE LENZ.

Estos gráficos representan físicamente la dirección del paso y volumen de aire en una locación para una unidad de

tiempo determinada; da la dirección y orientación de los movimientos de masas eólicas. Es importante para la ubicación de los equipos de perforación.

2do factor. En todos los equipos de perforación, la boca o salida del barro está orientada hacia el Norte, de ahí que el eje transversal de la plataforma pasa por la boca del pozo, canal de salida del fluido de perforación hacia la poza de lodo.

#### CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA DE PERFORACION Y SU CAMINO DE ACCESO

Una vez ubicada la bandera del pozo en el campo donde se va ha ejecutar los trabajos de movimiento de tierras, se procede a replantear con estacas la forma de la plataforma para el equipo de perforación adecuada, se da las medidas perimetrales de la plataforma en forma aproximada, de la misma manera se estaca el camino de acceso.

#### REVISIÓN DEL AREA EN GENERAL Y SU TOPOGRAFIA.

Antes de iniciar la construcción de la plataforma, se hace una revisión del área en general para ver si hay algún obstáculo para la construcción de la plataforma y carretera o para la perforación del pozo en esta ubicación. Estos obstáculos pueden ser:

a) Area muy accidentada, presenta dificultad y alto costo en la construcción de la carretera y/o plataforma.

b) Líneas de cualquier tipo, ya sean eléctricas, telefónicas, de gas, aceite, agua, etc, que pasan dentro de un radio de mas o menos 70 mts.

La topografía del lugar donde se va a ejecutar el trabajo es llave del éxito para la debida utilización de los equipos de movimiento de tierras.

#### REVISIÓN DE DISTANCIA MÍNIMA AL POZO

El Reglamento y Ley del Petróleo indican distancias mínimas al pozo para que asi no interfieran con el desarrollo de la exploración y explotación, entre estas medidas tenemos las siguientes:

a. 100 mts. a los linderos de áreas particulares.

b. 50 mts. a los talleres, calderos, etc.

c. 15 mts. a líneas troncales y laterales de Oleoductos, Gasoductos.

d. 100 mts. a tanques de almacenamiento.

e. 100 mts. a casas-habitación.

f. 50 mts. a líneas férreas, carreteras, canales, puentes, etc.

#### EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE LA PLATAFORMA

Una vez replanteada el eje de la plataforma ha construirse y el trazado de acceso, se selecciona el equipo de movimiento de tierras, estima el tiempo de ejecución y se realiza el planeo, programación y transporte del equipo pesado para efectuar el movimiento de tierras, para los siguientes casos:

- Topografía abrupta, es necesario 2 tractores D8.
- Topografía mediana, se puede utilizar un tractor D6 y  
Topografía plana, se utiliza un tractor D4 o motoniveladora.

Todo material proveniente de los cortes debe ser empleado en los rellenos; en todo caso ningún material proveniente de los cortes será desperdiciada.

Después de haber alcanzado una superficie casi plana con el trabajo del tractor, se procede a tomar niveles con un aparato de precisión como un nivel, ajustándose lo mas exacto a los niveles dados, la superficie natural de esta

plataforma resulta un poco burda, de la misma forma se procede con la carretera de acceso que, generalmente se encuentra ubicada en la parte sur del cuadro. El ancho mínimo de las carreteras es de 7.00 mt, en el caso de la existencia de curvas horizontales deberán tener un radio mínimo de 190 pies y una pendiente de 6%, esto se hace con el aparato de precisión llamado eclímetro, se busca el trazo en caso de laderas donde exista mayor desarrollo de carreteras y pocas pendientes ya que los carros que transportan el equipo pesado de perforación tienen un largo aproximado de 30 a 32 pies y un ancho standard de  $6\frac{1}{2}$  pies, la pendiente normal máxima es de 7 % cuando las condiciones topográficas lo exijan y si no se puede obtener pendientes normal, se podrá aplicar 12 %, en ningún caso mayores que esta. Las carreteras de acceso estarán empalmadas al punto mas cercano de otra carretera circundante o troncal.

Después de efectuada la nivelación con acabado burdo de la superficie natural, se procede a colocar una capa de afirmado de 0.30 mt. de espesor en el caso que el terreno sea lo suficientemente duro como para soportar el paso de los equipos de perforación, esta capa debe alcanzar un acabado uniforme y perfectamente horizontal; este se realiza con 3 volquetes de 10 m<sup>3</sup>, cargador frontal 930 y motoniveladora 1.20G, siendo verificado posteriormente los niveles del acabado, la compactación lo realiza los equipos tales como: motoniveladora y los volquetes que traen el

material al cuadro, en su ir y venir de ellos, una vez alcanzado el nivel adecuado, la motoniveladora hace una pasada de cuchilla para refinarla. En movimiento de terrenos arenosos o arcillosos y de napa freática alta es necesario que se agregue lastre hasta una altura o espesor de 0.60 mt. a 1.20 mt en capas sucesivas de 0.30 mt, hasta alcanzar el nivel deseado.

#### POZA DE CAPTACIÓN DE LODO

Una vez terminado el afirmado sobre la plataforma, se procederá a efectuar la poza de lodo, esta poza estará ubicada en el lado norte a la salida del canal de lodo. Tendrá un volumen de 400 m<sup>3</sup> de capacidad y se ejecutará con un tractor D8, D6 o D4; la profundidad de la poza será de 3 mt del punto mas bajo con relación a la plataforma terminada dentro de la topografía del lugar, muchas veces no es necesario hacer esta poza debido a que existen quebradas naturales o la plataforma esta ubicada entre acantilados circundantes.

#### CANAL DE RECOLECCIÓN DE LODO

Una vez acabado el afirmado de la plataforma, se procede hacer el trazo del canal de recolección de lodo, está ubicada en el eje transversal de la plataforma a una distancia del centro de la bandera del pozo de 9.76 mt

hasta 16 mt según sea la plataforma del equipo de perforación, el ancho normal de este canal es de 2.13 mt, se puede efectuar con la cuchara de un cargador frontal, su pendiente debe ser de 50 % con una profundidad inicial de 3 mt.

En muchos casos debido a la topografía del terreno, el canal del lodo circunda, el perímetro del cuadro y va a terminar en algún acantilado, en estos casos hay que considerar la pendiente de la longitud total del canal, en estos casos es necesario utilizar un tractor D4 para ejecutar el canal.

Una vez terminado todos estos trabajos, se le da un refinado final a la plataforma con una motoniveladora, se le riega agua a toda el área y si es necesario se le compacta con un rodillo.

Terminada la plataforma, se puede dar inicio al traslado del Equipo de Perforación.

### **II.3. TRASLADO DEL EQUIPO DE PERFORACION**

El traslado del Equipo de Perforación se efectúa a continuación del desmontaje del mismo y consiste en mover cada uno de los componentes del Equipo de Perforación a la

nueva plataforma que ha sido preparada para recepcionar a estos componentes.

El tiempo empleado para el traslado del Equipo de Perforación esta en función de la cantidad de unidades de transporte (camiones plataformas, tractores, carretas, etc.), del número y tamaño de los componentes del equipo y de la distancia existente entre la antigua y nueva plataforma.

Para el caso del Equipo de Perforación NO 8 se requieren las siguientes unidades de transporte:

- Un (1) tractor.
- Una (1) carreta baja.
- Cuatro (4) camiones plataformas.
- Una (1) pluma.
- Un (1) camión de rejas.
- Un (1) automóvil y
- Una (1) camioneta.

Las mismas que serán utilizadas de la siguiente manera:

CANTIDAD	UNIDAD	COMPONENTES A TRANSPORTAR
01	Tractor	Trailer del mástil.
01	Tractor Carreta baja	Base principal.
01	Camión plataforma	Bases auxiliares.
02	Camión plataforma	Tanques para lodo.
01	Camión plataforma	Caseta del Perforador.
01	Camión plataforma	Pico, vestuario.
02	Camión plataforma	Bombas de lodo.
01	Camión plataforma	Planta de luz.
02	Camión plataforma	Tanques para agua.

01	Camión plataforma	Caseta cocina.
01	Camión plataforma	Ramflas para lodo.
04	Camión plataforma	Tubulares en general.
03	Camión rejas	Mangueras, extintores, etc. Aditivos de lodo, lubricantes, materiales pequeños.
01	Camión Plataforma	Caja de materiales.
01	Camión Pluma	Apoyar al personal de los Dptos. de Perforación y Transporte en el montaje del Equipo.
01	Automóvil	Asignado al supervisor del Dpto. de Transporte, que dirige el traslado del Equipo.
01	Camioneta	Asignado al capataz del Dpto. de Transporte, que apoya en el traslado del Equipo.

Los camiones plataformas y tractores se utilizarán también para reubicar correctamente los diferentes componentes del equipo.

Según la experiencia que se cuenta en la zona, un traslado del Equipo de Perforación N° 8 entre localizaciones de tres (3) Kilómetros de separación, se emplea un tiempo de veinte (20) horas desde que el supervisor Jefe de Equipo-Perforación solicita la flota completa para el traslado del Equipo hasta que el Dpto. Transporte coloca el último tanque de agua.

Antes de las modificaciones efectuadas para optimizar el traslado de Equipo, primero se retiraba a un lado de la plataforma antigua los tanques de agua vacíos, la bomba de lodo No 1 (William W-850) y la ramfla central de tubería, para recién dejar libre el trailer del mástil y la base principal para maniobrar el retiro y luego transportarlos a la nueva plataforma.

Actualmente, durante el montaje del Equipo de Perforación N° 8 se han reubicando los tanques de agua y las bombas de lodo de tal forma, que durante el traslado del equipo sin ningún problema pueda ingresar un trailer del Dpto. Transporte a enganchar el trailer del mástil y moverlo a la nueva locación sin retirar previamente ningún componente; permitiendo desde un primer momento se inicie el montaje del equipo en la nueva locación, logrando que el personal del Dpto. de Perforación

no sean simples observadores durante el traslado, sino que este laborando, inicialmente preparando el mástil para su izaje y así disminuir el tiempo de traslado y montaje del equipo, después continuar con el resto de componentes conforme van llegando a la nueva locación como son tanques de lodo, casetas, bombas de lodo, etc.

Cabe indicar, que el traslado de la tubería se esta efectuando desde que se inicia el desmontaje del equipo y no como anteriormente se hacia al termino del movimiento de los componentes a la nueva locación, lográndose que la base principal junto con el trailer del mástil, sean los primeros componentes que se trasladen y armen en la nueva locación.

#### **II.4. MONTAJE DEL EQUIPO DE PERFORACION**

Es una actividad que se hace simultáneamente con el traslado del equipo y consiste en ubicar cada uno de los componentes en una área definida en la nueva plataforma, esto es cada Equipo de Perforación tiene una distribución determinada.

A continuación se muestran las secuencias anterior y la optimizada del montaje del Equipo de Perforación N<sup>o</sup> 8:

## ARMADO ANTERIOR

1. Tanques de lodo.  
y bomba lodo N<sup>o</sup> 1
2. Retiro de la tubería.
3. Bases principales.
4. Trailer del mástil.
5. Caseta del Perforador,  
planta de luz.
6. Pico.
7. Ramfla de aditivos.
8. Bombas de lodo.
9. Caseta cocina.
10. Caseta del supervisor.
11. Tanques de agua.
12. Centrado del mástil.

## ARMADO OPTIMIZADO

1. Movimiento de la tubería.
2. Bases principales.
3. Trailer del mástil.
4. Tanques de lodo.
5. Caseta del Perforador,  
planta de luz.
6. Pico.
7. Bombas de lodo.
8. Ramflas de aditivos de lodo.
9. Tanques para agua.
10. Caseta cocina.
11. Caseta del supervisor.
12. Preparado de lodo.

13. Preparado de lodo.                    13. Centrado del mástil.
14. Ensamblaje de columna.            14. Ensamblaje de columna.

Para disminuir los tiempos del montaje del equipo, se debe mejorar :

- La secuencia del armado del equipo.
- Tener la Planta de Luz en la nueva locación trabajando, antes que oscurezca.
- Disponibilidad de agua para la preparación de lodo nativo.
- Número de herramientas para conectar líneas de lodo y de agua, el templado de los vientos y confección de canales de drenaje.
- Número de personal disponible.

Conjugando estas variables, se disminuyó las horas de transporte y desmontaje / montaje del equipo de 1 5/6 a 1 1/6 días, es decir 16 horas menos, lo cual refleja un ahorro aproximado de 4200 US\$ por cada traslado y montaje del equipo.

## II.5. PERFORACION DEL HUECO DE SUPERFICIE

La profundidad de la perforación del hueco de superficie es de 200 a 250 pies y se hace con el fin de instalar el casing

de superficie, el preventor de reventones BOP, además de separar las formaciones no consolidadas, zonas de agua (alta napa freática) y obtener una gradiente aceptable de fractura a la profundidad del zapato guía, para garantizar soporte de la presión en caso de ocurrir una surgencia y evitar pérdidas de circulación durante la operación.

Para la perforación de este hueco se utiliza:

- Una (1) broca de 12 1/4" OD.
- Dos (2) estabilizadores de 12 1/4", ubicada a 0 y 30'.
- Dos (2) drill collars de 8" OD x 3" ID.

Drill collars de 6 1/4" OD x 2 13/16" ID.

En esta perforación se empleaba anteriormente entre 7 ó 8 horas, actualmente se utiliza de 5 a 6 horas, esto se ha logrado aumentando el caudal circulante de 250 GPM a 350 GPM, a pesar, que no es el mejor caudal, pero si ha mejorado mejorar significativamente los tiempos de perforación.

Este aumento del rate de penetración, se ha conseguido con el aumento del caudal del lodo circulante, mas no con el aumento del producto peso sobre la broca-vueltas de la mesa (W x R), esto con el fin de evitar desviaciones en la parte superior del hueco o daño a la pared del hueco debido a altas revoluciones sobre la broca.

Uno de los puntos importantes durante la perforación de esta etapa, es la estabilización de las paredes del hueco de superficie, consiguiéndose generalmente preparando lodo nativo con una viscosidad entre 55 a 70 segundos, medida con el embudo de Marsh; la finalidad es proteger correctamente las paredes del hueco, y evitar problemas futuros durante la bajada del casing de superficie, tal como: retirar el casing por no haber llegado al fondo, bajar nuevamente sarta con broca y se repase el hueco de superficie, originando una pérdida de aproximadamente 8:00 horas.

#### **II.6. BAJADA Y CEMENTACIÓN DEL CASING DE SUPERFICIE Y MONTAJE DE CONTROL.**

Al terminar la perforación del hueco de superficie, se circula el lodo nativo hasta que el hueco quede limpio de recortes y no presente derrumbe; luego se procede a retirar la broca y los drill collar de 8" y de 6 1/4".

A continuación se baja aproximadamente de 200 a 250 pies de casing de 9 5/8"OD, H-40, 32.3 lb./pie, STC, R-3 al hueco perforado con broca de 12 1/4" OD y luego con el apoyo de una unidad cementadora de una compañía contratista se agrega una lechada de cemento (agua + cemento clase "A" + cloruro de calcio) por dentro del casing para luego ubicar dicha lechada en el espacio anular entre el casing y la pared del hueco de

superficie; para que frague el cemento se cierra la válvula de la cabeza de cementar y se espera de 2 a 4 horas (este tiempo depende de la densidad de la lechada de cemento empleada y la cantidad de acelerador de fraguado empleado).

Luego del fraguado de cemento se retira el niple de cementar, con la cabeza de cementar de la compañía cementadora que ha efectuado el servicio, se procede al acoplamiento del casing head (olla) de 9 5/8" x 5 1/2 x 2 3/8 x 3000 PSI. en el casing de 9 5/8" OD, brida adapter, control de reventones BOP, templadores del control y línea de salida del lodo (flow line).

Después, se ensambla la columna de perforar, para lo cual en la parte inferior se coloca una broca de 7 7/8" OD, estabilizadores a diferente posición para estabilizar el hueco, drill collars de 6 1/4" OD x 2 13/16" ID, se coloca un drill pipe de 4 1/2" OD debajo del kelly, se circula lodo y se llena el espacio anular con el fin de eliminar el aire, para poder verificar correctamente la hermeticidad del casing, zapato guía y el equipo de superficie con el 80 % de la capacidad de presión, luego se perfora el zapato utilizando como fluido de perforación agua dulce para retirar el cemento.

## II.7. PERFORACION DEL HUECO DE PRODUCCIÓN.

Luego de la rotura del zapato, se inicia la perforación del hueco principal usando fluido de perforación previamente preparado, para esta operación se utiliza los parámetros de WxR para aumentar el rate de penetración, teniendo cuidado de controlar la desviación del pozo.

Para la perforación de este hueco se pueden utilizar de una (1) a varias brocas de 7 7/8" OD dependiendo de la profundidad del pozo y del tipo de formación atravesada.

En esta etapa de la perforación se pueden presentar varios tipos de problemas como son:

- Derrumbes de las paredes del hueco.
- Hinchamiento de las lutitas del pozo.
- Agarre de cañería.
- Pérdida de circulación.
- Surgencia de fluidos.
- etc.

Para los cuales el supervisor Jefe de Equipo, antes de iniciar la perforación del pozo debe haber revisado la información de los pozos vecinos, y así tener conocimiento de los problemas operativos durante la perforación de los pozos vecinos y de acuerdo a esto; tomar las precauciones del caso.

Adicionalmente a estas precauciones se plantea un programa para optimizar la perforación del pozo, extrayéndose información de la descripción litológica de las formaciones atravesadas, tipos de brocas y sobre todo condiciones de operaciones mecánicas e hidráulicas utilizadas, además de las propiedades del lodo y concentraciones de aditivos de lodo en cada una de las formaciones atravesadas.

Con todo esto se logró mejorar los tiempos de perforación en un (1) día, lo cual representa un ahorro a la empresa de aproximadamente de 7000 US\$/pozo solamente por equipo de perforación, sin considerar lodo de perforación.

#### II.8. COMPLETACIÓN DE POZO.

Al terminar la perforación del pozo se procede a circular 1/2 hora para limpiar el hueco , se hace un viaje corto, de 10 a 20 barras de acuerdo al tiempo o la cantidad de pies que perforó la última broca; luego se circula de 1 1/2 a 2 vueltas completas de lodo, esto se hace con la intención de limpiar el hueco de todo tipo de recortes provenientes de la perforación, así como acondicionar y uniformizar las propiedades del lodo, una vez que se ha conseguido esto se procede a retirar la tubería del hueco, las compañías de servicio de logging procederán a tomar los registros electrográficos necesarios.

Se baja tubería con broca al hueco, se circula de 1 1/2 a 2 vueltas completas para acondicionar el hueco, se retira la tubería desarmandola tubo por tubo a su ramfla, así mismo el kelly y swivel.

Luego se baja el casing de 5 1/2" OD, en la parte inferior del primer casing se coloca el zapato guía (shoe guide) y en la parte superior la válvula de cementar (para profundidades menores a 4000 pies se utiliza una válvula flotadora de 5 1/2" OD); al bajar el casing se agrega el niple espaciador y la cabeza de cementar de 5 1/2" OD, se circula usando las bombas de lodo del equipo; hasta que las propiedades del fluido sean las apropiadas para la cementación (baja viscosidad de embudo, de viscosidad plástica y punto de cedencia) inmediatamente se inicia la cementación soltando el tapón de fondo (rojo) y bombeando el lavador de cabeza, luego la lechada de cemento que puede ir de una (1) a más mezclas, al terminar de bombear las mezclas se libera el tapón de tope (negro) y por último se desplaza el cemento hasta que este último tapón alcance a la válvula flotadora que se encuentra en la parte inferior del casing, se verifica desde la superficie con el volumen utilizado en el desplazamiento y observando el retorno.

## II.9. DESMONTAJE DEL EQUIPO

Luego de chequear si la válvula flotadora funcionó correctamente; en caso de fallar se espera un tiempo hasta superar el tiempo de bombeabilidad del cemento, manteniendo las válvulas de la cabeza de cementar de la compañía cementadora cerrada, con el fin evitar que el cemento que se encuentra en el espacio anular trate de ingresar al interior del casing, debido a la diferencia de densidades entre el cemento y el fluido desplazador (crudo y/o agua), efecto U.

Si todo ha sido normal, se forman dos frentes para el desmontaje del equipo, conformadas por: la guardia titular y el personal de apoyo.

1. La guardia titular se encarga de retirar la cabeza y el niple de cementar, luego en la olla (casing head) colocan los anillos de caucho y metálicos (pack off), así como la brida de ajuste de los mismos (forma como se entrega a los Dptos. de Servicio de Pozos y Técnico de Petróleo para las pruebas de terminación del pozo).

Luego se desarma el equipo retirando primero los vientos de los anclotes y preparando el mástil para bajar el cuerpo superior utilizando el cable de izaje/bajada del mástil; y para que el mástil en su conjunto (cuerpo superior e inferior) descansa en los apoyos del trailer del mástil se utiliza el sistema hidráulico existente en el equipo.

2. La cuadrilla del personal de apoyo se dedica a limpiar los tanques de lodo (empleando el mismo lodo de perforar y el agua remanente de la cementación), desacopla todas las líneas de agua y de lodo que están conectados al stand pipe, tanques de agua y de lodo y bombas de lodo.

Esta operación dura aproximadamente 06:00 horas.

#### II.10. RECOMENDACIÓN DE LA PERFORACIÓN DE LOS POZOS EN EL YACIMIENTO DE SILLA - TALARA.

La División Exploración - Desarrollo Costa - Departamento de Geología remite al Comité Asesor Exploración Producción (CASESOR), entidad creada por la Empresa PETROPERU S.A., los proyectos de las ubicaciones en el Yacimiento de Silla para su revisión y endose a la Gerencia General; para obtener producción comercial de crudo HCT de la formación Verdún como único objetivo de las siguientes ubicaciones de desarrollo:

UBICACIÓN	CUADRICULA	NORTE PIES	ESTE PIES	ELEVACIÓN PIES
7796	1-S-8	1800	1040	100
7798	1-S-8	1750	4670	170
7806	1-S-9	3300	780	200
7807	1-S-9	2520	920	
7808	1-S-9	4136	778	216

Las reservas de estas ubicaciones se estimarán mediante la evaluación de los pozos vecinos ya perforados.

#### **INFORMACIÓN BÁSICA.**

Los pozos que se perforaron en el Yacimiento Silla, en la década 1940 50 lo hicieron exclusivamente buscando el reservorio Pariñas, cuando este se encontraba ausente y/o severamente fallado, se completaba la formación Verdún.

Teniendo en cuenta la producción económica del reservorio Verdún se recomendó la perforación de pozos vecinos que muestran buen desarrollo de areniscas.

Los niveles de los fluidos gas-petróleo-agua no han sido determinados en el yacimiento Silla por lo tanto en el bloque que penetran se infiere que no se presentarán problemas de fluidos durante su vida productiva.

#### **PROGRAMACIÓN**

Debido a la profundidad programada de estas ubicaciones, se asigno el Equipo de Perforación N° 8.

## ESTRATIGRAFIA

En el Yacimiento Silla los Ingenieros geólogos proyectaron la siguiente estratigrafía.

### YACIMIENTO SILLA

FORMACIONES/UBICACIONES	7796	7798	7806	7807	7808
Mirador - Chira	0	0	0	0	0
Verdún	1690	2040	2030	2180	1780
Talara	2680	3020	3050	3230	2850
PF	2700	3150	3200	3400	3000

En el Anexo N° III, se muestra la Columna Estratigráfica generalizada de la Cuenca de Talara.

## ESTRUCTURA

En las figuras N° IV se muestran los mapas estructurales a líneas rectas - Formación Verdún.

## ESTIMADO DE COSTO DE PERFORACIÓN Y COMPLETACIÓN N.O.

En las figuras N° XII se indican los valores Estimados de Costos de Perforación y Completación NO, que fuera preparado por la División Perforación - Departamento de Ingeniería de Petróleo - Lima.

## ESTIMADO DE RESERVAS

En el Anexo N° V se indican las reservas estimadas mínimas / probables / máxima, y fue preparado por la División Yacimientos - Departamento de Ingeniería de Petróleo - Lima.

## HOJA DE CONTROL DE MATERIAL

Se adjunta el expediente que preparó el Departamento Geología para la perforación y completación del pozo 7796 Silla, y que fuera enviado al CASESOR para su revisión y endose a la Gerencia de Exploración Producción.

Para efecto de ejemplo, se muestra información de la recomendación de perforación del pozo 7796 Silla.

## CAPITULO III. SUSTENTACIÓN TEÓRICA DE LA OPTIMIZACIÓN DE LA PERFORACIÓN DE POZOS POR PETRÓLEO.

### III.1. INTRODUCCIÓN.

La industria del petróleo y la tecnología es un tema que ha evolucionado a ritmo acelerado en busca de una optimización cada vez mayor, con el fin de extraer el petróleo necesario para atender una demanda creciente de esta fuente de energía no renovable, en la forma más económica posible.

La perforación de los pozos corresponde a una de las etapas importantes de este proceso, en el cual, la evolución de los productos y servicios utilizados, así también las técnicas operativas deben mejorarse constantemente.

Mucha es la tecnología que se ha desarrollado para ello, pero aún no ha sido plenamente integrada a las diarias practicas operativas. Procurar constantemente la reducción de los costos de perforación es una definida responsabilidad para todo profesional que debe administrar exitosamente personal y grandes inversiones en materiales y servicios.

Para el Ingeniero de Perforación, la oportunidad de aplicar los conocimientos, técnicas y recursos de su formación profesional, se le presenta ya sea al confeccionar el

programa de operación, o al supervisar la ejecución "in situ".

### III.2. RUBROS A OPTIMIZAR.

Luego de efectuar un análisis económico de los costos de perforación y sus porcentajes de cada una de las etapas de la perforación de pozos en el Nor-Oeste, se observó que existían etapas con montos excesivamente altos y eran factibles de reducir, solamente mejorando las condiciones de operación.

Como se puede observar en las tablas IV.3, IV.3.1 y IV.3.2, los rubros más significativos fueron; confección de la plataforma, traslado de equipo y tiempo de perforación del equipo.

Para ejecutar y controlar los costos, se preparo un sistema informático para optimizar dichas operaciones y se involucro lo siguiente:

1. Confección de la plataforma.
2. Traslado de Equipo.
3. Incrementar el rate de penetración.
  - 3.1. Selección de brocas.
  - 3.2. Parámetros de energía mecánica.
  - 3.3. Hidráulica.
  - 3.4. Lodos de perforación.

### III.2.1. CONFECCIÓN DE LA PLATAFORMA

Para reducir los costos del pozo, se inició con la reducción del área de la plataforma, sin afectar la distribución de los componentes y el desenvolvimiento normal y seguro del equipo y personal que labora en ella.

La plataforma se redujo un 30 % del área total inicial, lo cual nos representa un ahorro aproximado del costo total de la plataforma del rango de 29.67 %, mas o menos 5400 US\$/pozo.

Esta reducción del área, se efectuó durante varios pozos, probando en ellos reducciones del 5 % cada vez, hasta alcanzar lo manifestado. Se busco que esta disminución del área de la plataforma no afectará la distribución funcional de los componentes del equipo de perforación, ni el aspecto de seguridad para el desenvolvimiento de las cuadrillas de personal y actividades en general.

El gráfico de las plataforma del Equipo de Perforación No 8 se muestran en el anexo II.

### III.2.2. TRASLADO Y DESMONTAJE / MONTAJE DEL EQUIPO

La optimización del traslado y desmontaje / montaje del Equipo de Perforación No 8, consiste en la reducción del tiempo de equipo empleado en las etapas antes mencionadas.

Así tenemos que para disminuir el tiempo de traslado de equipo se efectuaron las siguientes acciones:

1. Se exigió al Departamento de Transportes, para el traslado del equipo debe contar con todas las unidades indicadas en el Capítulo II.3.

2. Se coordinó con el Departamento de Transporte, que el movimiento del material tubular se efectúe inmediatamente después de la cementación del casing de producción, o sea durante el desmontaje del equipo de perforación.

3. Se exigió que los primeros componentes a trasladarse a la plataforma para perforar el nuevo pozo, son: la base principal, bases auxiliares y el trailer del mástil del equipo.

4. Se coordinó con el Departamento de Transportes, el movimiento de la planta de luz a la nueva plataforma será por lo menos dos (2) horas antes que oscurezca, para permitir la continuidad de las labores durante la noche; si el traslado

del equipo de perforación está programado para la noche o madrugada, el movimiento de la planta de luz a la nueva plataforma se hará a continuación de la base principal y del trailer del mástil para evitar paradas innecesarias durante el montaje, por falta de iluminación.

Con respecto al montaje del Equipo de Perforación se efectuaron las siguientes acciones:

1. Se coordinó con el Departamento de Mantenimiento, la presencia del mecánico y electricista de campo para efectuar el arranque y conexiones de la planta de luz.
2. El mecánico del pozo, luego que se ubique la base principal y el trailer del mástil, preparará los motores del huinche y el sistema hidráulico para el izaje del mástil, permitiendo de esta manera las labores continuas de la cuadrilla titular (perforador y poceros) durante el montaje del equipo.
3. Se coordinó con la sección Programación y Mantenimiento - Departamento Perforación, proporcionar un mínimo de dos (2) trabajadores retenes para el montaje del equipo, los mismos que apoyarán al engrampador en el armado de los tanques de lodo, bombas de lodo, tanques de agua, etc.

4. Se ordenó al personal del equipo, que mientras se efectúe el centrado del mástil; el engrampador con el personal retén preparen el lodo nativo en los tanques para lodo.

5. Se coordinó con la Jefatura del Departamento de Perforación para la compra de herramientas adicionales necesarias para el montaje del equipo, como: llaves de boca para los templadores de los vientos, combas para las conexiones de las uniones, palas y picos para la confección de los canales de drenaje alrededor de los componentes del Equipo de Perforación.

6. Se coordinó con el Departamento de Transporte, el agua requerida para la preparación del lodo nativo, se recepcionará luego de terminar de armar los tanques para agua en la nueva locación.

Todas las acciones antes indicadas originaron que el rubro económico mas significativo: Tiempo de Equipo de Perforación, se redujera y por consiguiente los costos de traslado y desmontaje / montaje de equipo disminuyan de 1 5/6 a 1 1/6 días, es decir 16 horas menos, lo cual refleja un ahorro aproximado de 4200 US\$ por cada traslado y montaje de equipo.

### III.2.3. OPTIMIZACIÓN DEL AVANCE DE PENETRACION

#### III.2.3.1. PROGRAMA DE SELECCIÓN DE BROCAS.

La optimización de selección de brocas tiene como objetivo reducir los costos por pie perforado y está íntimamente relacionada con las condiciones de operación: peso sobre la broca, velocidad de rotación, hidráulica y propiedades de los fluidos de perforación. Para lo anterior se utilizó la información de los pozos vecinos, en los registros de brocas, información litológica y cálculos de pies perforados.

La selección de brocas tiene cierta dificultad por los continuos adelantos de los fabricantes en el diseño de brocas, así en la época actual han evolucionado las brocas tricónicas con insertos de carburo de tungsteno en los rodajes de fricción, sistema de lubricación compensado a los rodajes, así también las brocas PDC que han incrementado los tiempos de perforación, pies perforados, rates de penetración altos y costos por pie bajos; la metalurgia, tratamientos térmicos y estructura cortadora.

Los métodos contemporáneos que se consideran a nivel mundial, para la selección de brocas son :

1. Evaluación de desgaste de brocas.
2. Registros de brocas de pozos vecinos.
3. Registros electrográficos.
4. Cálculo de costo por pie.
5. Datos sísmicos.
6. Programas de computación.
7. Propiedades de lodo.
8. Registros geológicos.

1. La evaluación del desgaste de la broca es uno de los más antiguos métodos de selección de brocas, en esta evaluación se incluye el desgaste de la estructura cortadora, de los rodajes y del calibre; actualmente la IADC ha difundido un sistema normalizado para graduación del desgaste de brocas, que comprende ocho (8) campos :

- Estructura cortadora, interior.
- Estructura cortadora, exterior.
- Característica principal del desgaste.
- Ubicación del desgaste.
- Cojinetes y sellos.
- Calibre.
- Otras características de desgaste.
- Motivo de extracción.

Este método es practicado por los Jefes de Equipo de Perforación en Talara, cuando no cuentan con información actualizada y confiable de pozos vecinos antiguos.

2. Los Registros de Brocas de pozos vecinos es un buen método evaluador para la selección de brocas, siempre y cuando la condición de desgaste sea correctamente reportada en los registros.

En la confección de un programa de brocas para un pozo profundo por medio de este método puede resultar tedioso y con posibilidades de cometer errores por el gran volumen de información que se tiene que evaluar; por este motivo las compañías de servicio y operadoras manejan este método por medio de la informática, así también el Departamento de Perforación en coordinación con la División Banco de Datos-EPR de Lima confeccionaron un programa que efectúa este trabajo, incluyéndose el costo por pie perforado.

3. Los registros electrográficos además de ser utilizados para la correlación con la información litológica, se puede emplear para calcular valores de dureza, porosidad, abrasividad, fluidos de formación, etc.

Los registros como inducción, sónico y densidad son utilizados para seleccionar el tipo de broca, el tiempo de rotación y predeterminar el rate de penetración y performance, este trabajo fue presentado en el mes Enero - 1974 por la revista "Oil and Gas Journal" por los ingenieros de PEMEX-México.

En el Nor Oeste del Perú, no se efectúan mucha variedad de registros electrográficos a los pozos perforados, debido que son áreas en desarrollo ya conocidas y por consiguiente no se emplea este método en la selección de brocas.

4. El método más difundido actualmente es el cálculo del costo por pie perforado, seleccionándose la broca que obtuvo el menor costo de perforación por unidad de longitud, la ecuación empleada es la siguiente:

$$C = \frac{B + R ( T + t )}{F} \quad (1)$$

Donde:

C = Costo por pie perforado de una broca, US\$/pie.

B = Costo de la broca, US\$.

R = Costo del equipo de perforación, US\$/hr.

T = Tiempo de rotación de la broca, hrs.

t = Tiempo de viaje completo de la broca, hrs.

F = Cantidad de pies perforados, pies.

Este método consiste en calcular y graficar los costos por pie de las carreras de las brocas de cada uno de los pozos escogidos versus la profundidad del pozo; para luego seleccionar la carrera de menor costo por pie osea aquella que se encuentra mas a la izquierda de la curva.

La experiencia ha echado por tierra un concepto muy difundido en la perforación "la mejor corrida de una broca es aquella que dura más tiempo rotando", por el concepto optimizado: "la mejor corrida de una broca es aquella que tiene el menor costo por pie".

5. Los datos sísmicos de una locación remota pueden ser usados para la confección de los programas de hidráulica y lodo. La Gulf Oil Canadá Ltd. ha descrito un método donde los datos sísmicos pueden ser usados para seleccionar brocas y estimar la perforabilidad de la formación.

6. Otro de los métodos bastante difundido es la asistencia de programas en microcomputadora o en Main Frame, en la selección de brocas. Las compañías proveedoras de brocas asesoran a las compañías operadoras de perforación en la selección óptima de las brocas; utilizando como información de alimentación varias herramientas como: el desgaste de la broca, registro de brocas de pozos vecinos, condiciones de operación de la misma, cálculo de costo por pie perforado e información geológica.

Tanto las compañías privadas, como el Departamento de Perforación N.O. PETROPERU, practican este método con resultados satisfactorios; se cuenta con un sistema de Banco de Datos - Perforación, actualmente se utiliza este banco de datos donde se podrá manejar toda la información existente de

los pozos a nivel empresa, la información actualmente almacenada de los pozos perforados en Talara está a partir del año 1,980, y una de las salidas de información es la selección óptima de brocas, información de propiedades de lodo y problemas operativos ocurridos en la zona, etc.

Por lo dificultoso y tedioso de la búsqueda de la información y engorroso de los cálculos, en Operaciones Nor Oeste este método ha sido mecanizado por las compañías proveedores de brocas, obteniéndose en el practica resultados halagadores en la selección de brocas y condiciones de operación.

Por otro lado, la Compañía Hughes Tool Company, actual proveedor de brocas, cuenta con un programa en microcomputadora que asiste a los Departamentos de Perforación de las diferentes compañías operadoras en la selección de brocas.

7. En algunos países donde se emplean varios tipos de lodo, el programa de brocas se hace de acuerdo al programa de fluido de perforación en particular, esto es para cada tipo y propiedades de lodo.

Por ejemplo en el Sur Este de los Estados Unidos de Norteamérica, los fluidos de perforación base agua y aceite son utilizados en un mismo campo. En una formación

particular se usa una broca de insertos en lodos base agua; en caso de emplear lodo base aceite en la misma formación y área y se quisiera utilizar el mismo tipo de broca, el rate de penetración bajaría, para este tipo de lodo; empleándose una broca de insertos para formaciones más suaves, sacrificando la vida de la broca por el incremento del rate de penetración.

8. La mayoría de las compañías petroleras estatales ha nivel mundial han preparado tablas geológicas vs. programa de brocas, esto es, una selección inicial burda de las brocas a emplear en las áreas de operación.

Para el programa de perforación de pozos N°s 7796, 7798, 7806, 7807 y 7808 en el Yacimiento de Silla, el Dpto de Perforación solicitó un programa mecanizado a la compañía Huhes Tool basada en los pozos vecinos ya perforados N° 7772, 7773 y 7794 - Silla, seleccionándose:

- Una (1) broca de 12 1/4" OD tipo ATJ-1, usada.
- Una (1) broca de 7 7/8" OD tipo ATJ-1.
- Una (1) broca de 7 7/8" OD tipo ATJ-11.

### III.2.3.2. RELACIÓN PESO (W) VS. REVOLUCIONES SOBRE LA BROCA.

Es difícil de determinar el valor óptimo del peso sobre la broca y la velocidad de rotación, actualmente existen varios métodos que tratan de determinarlo este producto, como:

Método de la energía de perforabilidad constante.

- Método Galle-Woods.
- Programas de computadora.
- Prueba de Drill-off.

Existe ayuda suplementaria para determinar el valor de peso sobre la broca y velocidad de rotación, como:

- Peso y revoluciones recomendadas por boletines, artículos técnicos, catálogos, etc. que son proporcionados por los proveedores de brocas.

Registros eléctricos como el SP que provee el tipo de formación.

1. La técnica de predicción de la energía de perforabilidad fue desarrollada por Fullerton en el año 1,965; usado inicialmente para medir el desgaste de las brocas de dientes para formaciones suaves, actualmente se ha extendido para brocas con insertos de carburo de tungsteno.

La simple expresión del nivel de energía de perforabilidad, puede ser relacionado por métodos gráficos con las variables de rate de penetración, peso sobre la broca, velocidad de rotación, profundidad del pozo, presión de lodo y aplicaciones hidráulicas.

El Anexo N° VI, es una carta de parámetros de perforación que relacionan el peso sobre la broca por pulgada del diámetro de la broca, velocidad de rotación, relativo rate de penetración y la relación del factor de perforabilidad de la formación,  $K_f$ . Esta carta esta basada en la siguiente ecuación.

$$ROP = K_f \times W \times R \quad (2)$$

Una carta para el ajuste del factor de perforabilidad de la formación para diferentes densidades de lodo y profundidades de hueco es mostrada en el Anexo N° VII. La corrección de la formación para variaciones de densidades de lodo o presiones hidrostáticas es:

$$\text{Log}_{10} K_{f2} = 0.000208 ( d_1 - d_2 ) + \text{Log}_{10} K_{f1} \quad (3)$$

La relación de Fullerton entre energía hidráulica mínima vs.  $W \times R$  para prevenir la hidráulica insuficiente, esta presentada en el Anexo N° VIII.

La relación entre peso sobre la broca por pulgada, velocidad de rotación y vida de los rodajes esta representado en el Anexo N° IX.

Una relación matemática basada en el monograma de desgaste de rodamientos y que puede ser usada para rodajes de vida larga encima de las 50 horas ( brocas journal con insertos de carburo de tungsteno ) es la siguiente.

$$C_b = \frac{\text{Horas}}{\frac{100}{\frac{W}{1000} + \frac{R}{100}} - \frac{W}{1000}} \quad (4)$$

El Anexo N° X, provee un monograma para determinar el desgaste y uso de los dientes para variaciones de peso sobre la broca por pulgada y velocidad de rotación. Para tiempos de trabajo mayores a 50 horas la siguiente curva puede ser usada.

$$C_t = \frac{\text{Horas} \times E^{(0.01 R + 0.00032 W)}}{189.2} \quad (5)$$

La constante de energía de perforabilidad, provee una buena técnica de predicción de la penetración para formaciones suaves y medianamente suaves que son responsabilidad del incremento del peso y los RPM. Una característica muy particular es la correlación del nivel de energía en la broca y el nivel de energía hidráulico. Se esta intentando descubrir relaciones similares para formaciones medianamente duras y duras, basadas en la ecuación de rate de penetración siguiente.

$$ROP = K \times W^{1.2} \times R^{0.5} \quad (6)$$

2. La técnica de predicción de la perforación de Galle - Woods fue presentada en la 20th Reunión Anual de la AAODC en

New Orleans - Louisiana (Setiembre 1,960) y en la revista "Oil and Gas Journal" (Noviembre 1,960).

3. Hay programas en microcomputadora que determinan los valores óptimos de peso y rotación de la broca y se basan en las ecuaciones de Galle y Woods, información estadística de miles de brocas corridas, o en las pruebas de perforabilidad (drill off) de Lubinski.

En el Nor Oeste se preparó un programa en Main Frame, que selecciona en forma óptima la broca, las condiciones de operación mecánicas (W x R) e hidráulica; en estos momentos se esta probando gráficos estadísticos de peso sobre la broca y RPM vs. costo por pie por tipo de broca, los mismos que están facilitando estudios relacionados con la perforación de pozos en el Perú.

Hay varios formas de efectuar la prueba de perforabilidad (drill off), los cuales son tomados durante la misma operación en los Equipos de Perforación.

La prueba de perforabilidad de Lubinski consiste en modificar en múltiplos de 4 - 5,000 lbs. de peso sobre la broca, para una condición de energía hidráulica determinada; tomando cinco (5) valores de prueba del rate de penetración, usados para determinar el exponente de la velocidad de rotación en la ecuación de rate de penetración de Galle - Woods; cabe

indicar que las variaciones de la litología pueden proveer datos erróneos en la toma de estos.

Para el caso, de la evaluación de los pozos de referencia N°s 7772, 7773 y 7794 de Silla, se observó los criterios de peso por pulgada del diámetro de la broca por velocidad de rotación (W x R), variando la energía hidráulica de trabajo.

Como observación tenemos que en el tramo 3 del pozo N° 7806 Silla, se "corrió" como prueba una broca Hughes de 7 7/8" OD AT-J05, y se incrementó el peso sobre la broca de 18M a 20M lbs, lográndose aumentar el rate de penetración en un 35 % con respecto a las condiciones anteriores, y obteniéndose una desviación de 1 3/4°, similar a la obtenida con los parámetros anteriores, lo cual nos indica que en el Yacimiento de Silla no es mayor problema la desviación del pozo cuando se incrementa el peso sobre la broca.

### III.2.3.3. PROGRAMA DE HIDRÁULICA

Existe tres (3) formas de cálculo de hidráulica de un pozo.

1. Reglas de Cálculo.
2. Tablas o cartas.
3. Programas de computación.

1. Las reglas de cálculo de hidráulica son proporcionadas por las compañías de servicio como: Hughes Tool, Security, Reed, Smith, SMF.

2. Las tablas o cartas hidráulicas son proporcionadas por Hughes y Security. Tanto las reglas de cálculo como las tablas calculan las caídas de presión usando la ecuación de Fanning para flujo turbulento; el flujo turbulento no necesariamente puede ocurrir en el espacio anular del drill pipe y puede originar un error mayor cuando el pozo es profundo y son altos los valores de caídas de presión en el anular.

Los dos (2) tipos de programas que son más utilizados son los métodos de máximo caballaje hidráulico y máximo impacto hidráulico.

Los Jefes de Equipo de Perforación, utilizan reglas de cálculo o los programas existentes de hidráulica proporcionadas por las compañías proveedores de brocas, con resultados satisfactorios, los programas de la compañía Hughes Tool se emplearon para la preparación de estos programas.

En la optimización de la perforación se relacionan los niveles de energía mecánica  $W \times R$ , niveles de energía hidráulica, rate de penetración, velocidades anulares; en la

perforación de los pozos área de Silla, el programa de brocas fue idéntico a la de los pozos vecinos ya perforados, pero se vario las condiciones de operación de energía mecánica e hidráulica del pozo consiguiendo rate de penetración bastante altos.

En el Anexo N° XI, esta ploteada la velocidad anular vs. diámetro del hueco y densidad del lodo que fuera desarrollado por Fullerton. Esta curva esta establecida sobre la premisa de la relación de densidad del lodo, viscosidad plástica, punto de cedencia y diámetro del hueco.

Para la optimización de la hidráulica de perforación, lo mas importante es utilizar la energía y caudal suficiente y necesaria para la limpieza del fondo del hueco con el objeto de lograr un mejor avance, menor daño a las formaciones atravesadas, es asi como en el programa se mantuvo en todo momento en el espacio anular un flujo laminar; causando menor derrumbe, erosión al hueco, menor pérdida de fluido y mejor acarreo de los recortes que el flujo turbulento.

El programa preparado en turbo pascal, calcula la velocidad anular en el drill pipe y el caudal óptimo a emplear en la perforación utilizando la carta del Anexo N° XI, luego calcula las caídas de presión en cada uno de los tramos del hueco y en la broca, por ultimo se determina los diámetros de los chorros, la energía hidráulica especifica en la broca, etc.

### III.2.3.4. PROGRAMA DE FLUIDOS DE PERFORACIÓN.

Luego de varias pruebas e investigaciones, los ingenieros han podido confirmar que la combinación de hidráulica y propiedades de los fluidos de perforación tienen un gran efecto en el rate de penetración que varía de las otras combinaciones de variables controlables.

Los métodos actuales usados para establecer los efectos de los fluidos de perforación sobre el rate de penetración son:

- Programas de computación.
- Métodos de cálculo manuales basados sobre curvas de varias pruebas de laboratorio, como por ejemplo:

#### 1. EFECTO DE LA VISCOSIDAD PLÁSTICA

$$ROP_2 = ROP_1 \times 10^{0.003 \times (PV1 - PV2)} \quad (7)$$

#### 2. EFECTO DE LA BENTONITA

$$ROP_2 = ROP_1 \times E^{0.051 \times (\%V1 - \%V2)} \quad (8)$$

#### 3. EFECTO DE SÓLIDOS TOTALES

$$ROP_2 = ROP_1 \times 10^{0.0066 \times (\%V1 - \%V2)} \quad (9)$$

## 4. EFECTO DE PERDIDA DE AGUA

$$ROP_2 = ROP_1 \times \left[ \frac{WL_2 + 35}{WL_1 + 35} \right] \quad (10)$$

## 5. EFECTO DE CONTENIDO DE ACEITE

$$ROP_2 = ROP_1 \times \left[ \frac{SEN(10.6 \times \%V_2 - 48.3) + 10.33}{SEN(10.6 \times \%V_1 - 48.3) + 10.33} \right] \quad (11)$$

6. EFECTO TOTAL DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN ( DENSIDAD, VISCOSIDAD, SOLIDOS, PERDIDA DE PRESIÓN ), PARA PROFUNDIDADES DE 8,000 A 12,000 PIES.

$$ROP_2 = ROP_1 \times E^{0.382 \times (d_1 - d_2)} \quad (12)$$

7. EFECTO DEL TAMAÑO DEL HUECO EN EL RATE DE PENETRACION, PUEDE SER ESTIMADO COMO:

Para diámetros de broca de 17 1/2" O.D.

$$ROP_2 = ROP_1 \times \left[ \frac{D_1}{D_2} \right] \quad (13)$$

Para diámetros de broca entre 17 1/2" O.D. y 36" O.D.

$$ROP_2 = ROP_1 \times \frac{D_1}{D_2} \times 1.25 \quad (14)$$

8. CORRELACION PARA EL FACTOR DE PERFORABILIDAD DE FORMACIONES

$$K_{f2} = K_{f1} \times \left[ \frac{(W \times R)_1}{(W \times R)_2} \right]^{0.5} \quad (15)$$

Donde:

$D_1$  = Diámetro de la broca pequeña, pulg.

$D_2$  = Diámetro de la broca larga, pulg.

E = Base Neperiana, 2.718.

$K_{f1}$  = Factor de perforabilidad para formaciones, aparentes.

$K_{f2}$  = Factor de perforabilidad para formaciones, correcta.

$PV_1$  = Viscosidad plástica inicial, centipoises.

$PV_2$  = Viscosidad plástica final, centipoises.

$d_1$  = Densidad del lodo inicial, lb./gal.

$d_2$  = Densidad del lodo final, lb./gal.

R = Velocidad de rotación de la broca, RPM.

ROP = Rate de penetración, pies/hr.

$ROP_1$  = Rate de penetración inicial, pies/hr.

$ROP_2$  = Rate de penetración final, pies/hr.

t = Tiempo de viaje redondo, hr.

T = Tiempo de rotación de la broca, hr.

W = Peso por pulg. diámetro de la broca, lb./pulg.

WL1 = Perdida de agua inicial, cc./30 min.

WL2 = Perdida de agua final, cc./30 min.

Para la preparación de los programas de perforación de los pozos en el Yacimiento de Silla, se observó un alto porcentaje de lutitas en los tramos que se perforarían, por lo tanto se decidió emplear por primera vez un lodo salino - baja cal (base agua salada), para lo cual se acondicionaron las cantinas de lodo para el tratamiento de este.

Cabe indicar que en los pozos de prueba, 7819 y 7822 Lagunitos, el costo por pie de este lodo fue alto, llegando alcanzar hasta 6.00 US\$/pie perforado, cuyo valor es excesivamente alto comparado con el costo del lodos tipo lignosulfonato y semidisperso utilizados en la zona.

Para la perforación de los pozos de Silla se decidió bajar el consumo de los aditivos de lodo que incidían mas en el costo de este, como el material de almidón y los sacos de sal; esto es, para la preparación del lodo se empleo como base agua salada (del oceano), los resultados obtenidos con estas modificaciones fueron bastante buenas, porque se consiguió un hueco estable, menor daño a la formación, mejor obtención del registro litológico al eliminar el derrumbe y por último el costo por pie de este nuevo lodo fue competitivo con los lodos empleados en la zona.

## CAPITULO IV. CONSIDERACIONES ECONÓMICAS.

### IV.1.RENDIMIENTO ECONÓMICO.

De los resultados reales mostrados en las tablas IV.3.1, IV.3.2 y IV.3.3., se puede apreciar el costo del hueco entubado del pozo optimizado se redujo a 62.15 US\$/pie es decir 18.6 % menor que el pozo perforado en las área cercanas a profundidades similares.

Este ahorro significativo en la perforación de pozos, nos indica que se puede continuar mejorando la economía de los pozos marginales del área de Talara en todas las etapas de exploración y explotación de petróleo.

Los porcentajes de ahorro, considerando las modificaciones que se efectuaron son:

<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje</b>
Construcción de plataformas	22.88
Desmontaje, traslado y desmontaje	34.54
Incremento del rate de perforación	17.92
Acumulado al costo del pozo entubado	18.60

#### IV.2. CALCULO DE LOS COSTOS ESTIMADOS DE LOS POZOS ESTIMADOS.

En el Anexo No XII, se incluye como ejemplo el cálculo del costo estimado de un pozo, preparado por el Dpto. Ingeniería de Petróleo, en nuestro caso se trata de la recomendación de perforación del pozo No 7796 Silla.

#### IV.3. CALCULO DE LOS COSTOS REALES DE LOS POZOS PERFORADOS.

En la tabla IV.3.1, para efecto de evaluación se detalla los costos reales de los pozos perforados en los Yacimientos:

- Lagunitos (año 1990, no optimizados) y
- Silla (año 1991, optimizados).

Asimismo, se compara el promedio de los pozos optimizados y no optimizados; y para efecto de resaltar los costos de perforación con un equipo de mayor capacidad (Equipo N° 10), se incluye los costos del pozo 6115 Alvarez.

## IV. 3. 1.

## COSTO REAL DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS

MES: Enero - Abril						
AÑO: 1,990						
POZO :	7682	7683	7652	7653	7654	
POOL :	Batanes	Batanes	Lagunitos	Lagunitos	Lagunitos	
API :	9-1483	9-1484	0-1413	0-1414	0-1415	
EQUIPO # :	8	8	8	8	8	
FECHA DE INICIO :	07-Jan-90	20-Jan-90	16-Mar-90	28-Mar-90	06-Apr-90	
FECHA DE TERMINO :	19-Jan-90	30-Jan-90	27-Mar-90	06-Apr-90	19-Apr-90	
PROFUNDIDAD HUECO SUPERFICIE :	220	215	260	260	260	
PROFUNDIDAD HUECO INTERMEDIO :	0	0	0	0	0	
PROFUNDIDAD HUECO PRODUCCION :	2,600	2,488	2,950	2,980	3,527	
TIEMPO MOV., ARM Y DESARMADO DE EQ. :	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00	
DIAS HUECO SUPERFICIE :	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
DIAS HUECO INTERMEDIO :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DIAS HUECO PRODUCCION :	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	
CONDICION :	Completado	Completado	Completado	Completado	Completado	

COD. CUENTA  
MAYOR SUB DET

## A. CONSTRUCCION DE PLATAFORMA

Construcción de plataformas	339-011-895/59	23,400.00	23,400.00	23,400.00	23,400.00	23,400.00
Construcción de cantina del centro	339-011-099	214.00	228.00	180.00	245.00	216.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>23,614.00</b>	<b>23,628.00</b>	<b>23,580.00</b>	<b>23,645.00</b>	<b>23,616.00</b>

## B. DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DEL EQUIPO

Equipo-Flota pesada	339-012-891	22,100.00	21,280.00	42,560.00	21,840.00	34,160.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	17,931.00	17,931.00	17,931.00	11,954.00	29,885.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>40,031.00</b>	<b>39,211.00</b>	<b>60,491.00</b>	<b>33,794.00</b>	<b>64,045.00</b>

## C. PERFORACION

## C1. PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE

Brocas	339-010-061	2,207.00	0.00	0.00	2,207.00	0.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	800.00	1,075.00	1,150.00	1,212.00	1,062.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	11,954.00	11,954.00	11,954.00	11,954.00	11,954.00
Agua	339-010-380	12,315.00	12,315.00	12,315.00	12,315.00	12,315.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>27,276.00</b>	<b>25,344.00</b>	<b>25,419.00</b>	<b>27,688.00</b>	<b>25,331.00</b>

## C2. CEMENTACION DE FORROS SUPERFICIE

Forros de superficie	339-010-062	2,096.00	2,880.00	3,450.00	3,543.00	3,495.00
Cemento para Forros de Superficie	339-010-063	610.00	610.00	782.00	800.00	800.00
Adit. usados en la Cem. Forros Superf.	339-010-095	165.00	182.00	209.00	215.00	331.00
Servicios de Cement. Forros de Superf.	339-010-211	1,827.00	2,809.00	2,554.00	2,598.00	2,534.00
Materiales para Cementacion de Forros	339-010-072	674.00	674.00	674.00	834.00	818.00
Agua	339-010-380	244.92	244.92	244.92	244.92	244.92
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>5,616.92</b>	<b>7,399.92</b>	<b>7,913.92</b>	<b>8,234.92</b>	<b>8,222.92</b>

## C3. PERFORACION HUECO INTERMEDIO

Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diesel para lodo	339-010-089	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Ingenieria de Lodos	339-010-267	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastos por equipo de perforacion	339-010-953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C4. CEMENTACION DE FORROS INTERMEDIOS

Registros Electrograficos	339-010-230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Forros Intermedios	339-010-086	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento para Forros Intermedios	339-010-087	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Adit. usados en la Cem. Forros Intern.	339-010-096	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Cement. Forros Int.	339-010-213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materiales para Cementacion de Forros	339-010-072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de tenazas hidraulicas	339-010-360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C5. PERFORACION DE HUECO PRODUCCION

Brocas	339-010-061	3,234.00	2,156.00	1,903.00	2,156.00	4,258.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	7,897.00	10,255.00	16,308.00	14,188.00	17,173.00
Diesel para lodo	339-010-089	476.00	579.00	994.00	816.00	833.00
Servicio de Ingenieria de Lodos	339-010-267	1,280.00	1,400.00	1,260.00	1,080.00	1,260.00
Gastos por equipo de perforacion	339-010-953	41,839.00	41,839.00	41,839.00	35,862.00	41,839.00
Agua	339-010-380	11,680.80	11,680.80	11,680.80	11,680.80	11,680.80
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>66,406.80</b>	<b>67,909.80</b>	<b>73,984.80</b>	<b>65,782.80</b>	<b>77,043.80</b>

## C6. CEMENTACION DE FORROS DE PRODUCCION

Registros Electrograficos	339-010-230	5,443.00	3,486.00	4,169.00	4,279.00	6,628.00
Forros de Produccion	339-010-064	25,561.00	17,225.00	22,026.00	21,488.00	26,151.00
Cemento para Forros de Produccion	339-010-068	1,223.00	1,181.00	1,143.00	1,143.00	1,326.00
Adit. usados en la Cem. de Forros Prod.	339-010-097	8,950.00	7,476.00	10,212.00	9,508.00	10,982.00
Servicio de Cement. Forros Prod.	339-010-212	4,557.00	3,901.00	4,741.00	5,126.00	5,783.00
Materiales para Cementacion de Forros	339-010-072	1,574.00	1,138.00	1,353.00	2,830.00	1,957.00
Servicio de tenazas hidraulicas	339-010-360	788.00	788.00	846.00	838.00	942.00
Agua	339-010-380	418.65	418.65	418.65	418.65	418.65
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>48,514.65</b>	<b>35,613.65</b>	<b>44,908.65</b>	<b>45,630.65</b>	<b>54,187.65</b>

<b>TOTAL \$</b>		<b>211,459.37</b>	<b>199,106.37</b>	<b>236,297.37</b>	<b>204,775.37</b>	<b>252,446.37</b>
-----------------	--	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

PETROLEOS DEL PERU S.A.  
DEPTO. PERFORACION N.O.

COSTOS REALES DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS

POZO	7682	7683	7652	7653	7654
POOL	Batanes	Batanes	Lagunitos	Lagunitos	Lagunitos
FECHA DE INICIO	07-Jan-90	20-Jan-90	16-Mar-90	28-Mar-90	06-Apr-90
FECHA DE TERMINO	19-Jan-90	30-Jan-90	27-Mar-90	06-Apr-90	19-Apr-90
DURACION	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
EQUIPO #	8	8	8	8	8
PROF. FORROS PRODUCCION :	2,544.00	2,440.00	2,890.00	2,840.00	3,489.00
1. CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ( US.\$ )	23,614.00	23,628.00	23,580.00	23,645.00	23,616.00
1. DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DE EQUIPO ( US.\$ )	40,031.00	39,211.00	60,491.00	33,794.00	64,045.00
DIAS MOV., ARM. Y DESARM. EQUIPO	3.00	3.00	3.00	2.00	5.00
2. PERFORACION ( US.\$ )					
C1. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO SUPERFICIE					
PIES PERFORADOS	220	215	260	260	260
DIAS DE PERFORACION	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
LODOS DE PERFORACION	800.00	1,075.00	1,150.00	1,212.00	1,062.00
PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE	27,276.00	25,344.00	25,419.00	27,688.00	25,331.00
CEMENTACION DE FORROS SUPERFICIE	5,616.92	7,399.92	7,913.92	8,234.92	8,222.92
COSTO LODO POR PIE	3.64	5.00	4.42	4.66	4.08
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	123.98	117.88	97.77	106.49	97.43
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	149.51	152.30	128.20	138.17	129.05
C2. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO INTERMEDIO					
PIES PERFORADOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LODOS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PERFORACION HUECO INTERMEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CEMENTACION DE FORROS INTERMEDIOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO LODO POR PIE	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	ERR	ERR	ERR	ERR	ERR
C3. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO PRODUCCION					
PIES PERFORADOS	2,380	2,273	2,690	2,720	3,267
DIAS DE PERFORACION	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00
LODOS DE PERFORACION	9,653.00	12,234.00	18,562.00	16,084.00	19,266.00
PERFORACION DE HUECO PRODUCCION	66,406.80	67,909.80	73,984.80	65,782.80	77,043.80
CEMENTACION DE FORROS DE PRODUCCION	48,514.65	35,613.65	44,908.65	45,630.65	54,187.65
COSTO LODO POR PIE	4.06	5.38	6.90	5.91	5.90
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	27.90	29.88	27.50	24.18	23.58
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	48.29	45.54	44.20	40.96	40.17

## STO TOTAL DE LA PERFORACION DEL POZO

PIES PERFORADOS TOTALES	2,600	2,488	2,950	2,980	3,527
DIAS DE PERFORACION TOTALES	10.00	10.00	10.00	8.00	12.00
LODOS DE PERFORACION	10,453.00	13,309.00	19,712.00	17,296.00	20,328.00
COSTO DE PERFORACION HUECO ABIERTO	162,944.72	163,492.72	191,388.72	159,144.72	198,258.72
COSTO DE PERFORACION HUECO ENTUBADO	211,459.37	199,106.37	236,297.37	204,775.37	252,446.37
COSTO LODO POR PIE	4.02	5.35	6.68	5.80	5.76
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	62.67	65.71	64.88	53.40	56.21
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	81.33	80.03	80.10	68.72	71.58

PREPARADO POR : LUIS E. MORAN HERRERA

V. 3.2

## COSTO REAL DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS - OPTIMIZADOS

		MES: Junio-Julio				
		AÑO: 1,991				
POZO :		7763	7794	7773	7772	7764
POOL :		CUESTA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA
API :		1-1407	1-1429	1-1428	1-1427	1-1406
EQUIPO # :		8	8	8	8	8
FECHA DE INICIO :		01-Apr-91	09-Apr-91	17-Apr-91	28-Apr-91	14-Jul-91
FECHA DE TERMINO :		09-Apr-91	16-Apr-91	28-Apr-91	06-May-91	21-Jul-91
PROFUNDIDAD HUECO SUPERFICIE :		228	227	225	232	235
PROFUNDIDAD HUECO INTERMEDIO :		0	0	0	0	0
PROFUNDIDAD HUECO PRODUCCION :		2,153	2,580	2,625	2,534	2,100
TIEMPO MOV., ARM Y DESARMADO DE EQ. :		2.00	2.17	5.00	1.67	1.67
DIAS HUECO SUPERFICIE :		1.00	1.17	1.17	1.33	1.00
DIAS HUECO INTERMEDIO :		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAS HUECO PRODUCCION :		5.00	4.17	5.83	4.67	3.83
CONDICION :		Completado	Completado	Completado	Completado	Completado

COD. CUENTA  
MAYOR SUB DET

## A. CONSTRUCCION DE PLATAFORMA

Construcción de plataformas	339-011-895/5	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
Construcción de cantina del centro	339-011-099	213.00	213.00	213.00	213.00	213.00
SUB TOTAL \$		18,213.00	18,213.00	18,213.00	18,213.00	18,213.00

## B. DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DEL EQUIPO

Equipo-Flota pesada	339-012-891	19,000.00	19,500.00	28,000.00	18,000.00	18,000.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	11,954.00	12,950.17	29,885.00	9,961.67	9,961.67
SUB TOTAL \$		30,954.00	32,450.17	57,885.00	27,961.67	27,961.67

## C. PERFORACION

## C1. PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE

Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	1,125.00	1,075.00	1,025.00	1,000.00	1,025.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	5,977.00	6,973.17	6,973.17	7,969.33	5,977.00
Agua	339-010-380	12,298.75	12,298.75	12,298.75	12,298.75	12,298.75
SUB TOTAL \$		19,400.75	20,346.92	20,296.92	21,268.08	19,300.75

## C2. CEMENTACION DE CASING SUPERFICIE

Casing de superficie	339-010-062	2,841.02	2,824.76	2,815.45	2,899.96	2,900.93
Cemento para Casing de Superficie	339-010-063	609.60	609.60	571.50	571.50	571.50
Adit. usados en la Cem. Casing Superf.	339-010-095	255.00	269.00	282.00	238.00	196.00
Servicios de Cement. Casing de Superf.	339-010-211	2,276.02	2,251.50	2,227.03	2,172.45	2,501.00
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	674.00	674.00	674.00	674.00	674.00
Agua	339-010-380	261.25	261.25	244.92	244.92	244.92
SUB TOTAL \$		6,916.89	6,890.11	6,814.90	6,800.83	7,088.35

## C3. PERFORACION DEL HUECO INTERMEDIO

Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diesel para lodo	339-010-089	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Ingeniería de Lodos	339-010-267	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C4. CEMENTACION DE CASING INTERMEDIOS

Registros Electrográficos	339-010-230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Casing Intermedios	339-010-086	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento para Casing Intermedios	339-010-087	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Adit. usados en la Cem. Casing Interm.	339-010-096	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Cement. Casing Int.	339-010-213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de tenazas hidráulicas	339-010-360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C5. PERFORACION DE HUECO PRODUCCION

Brocas	339-010-061	3,742.69	3,742.69	947.68	947.68	947.68
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	5,811.26	10,248.60	6,400.11	9,747.37	3,710.45
Diesel para lodo	339-010-089	540.00	832.50	634.50	495.00	487.80
Servicio de Ingeniería de Lodos	339-010-267	1,000.00	800.00	1,200.00	1,000.00	800.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	29,885.00	24,904.17	34,865.83	27,892.67	22,911.83
Agua	339-010-380	12,560.00	10,466.67	14,653.33	11,722.67	9,629.33
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>53,538.95</b>	<b>50,994.62</b>	<b>58,701.46</b>	<b>51,805.38</b>	<b>38,487.10</b>

## C6. CEMENTACION DE CASING DE PRODUCCION

Registros Electrográficos	339-010-230	6,211.50	7,058.94	7,152.00	6,957.96	6,092.70
Casing de Producción	339-010-064	13,960.39	16,345.63	17,062.25	16,337.57	13,643.39
Cemento para Casing de Producción	339-010-068	579.12	670.56	842.01	971.55	781.05
Adit. usados en la Cem. de Casing Prod.	339-010-097	2,012.85	3,696.30	4,052.76	4,445.92	3,573.88
Servicio de Cement. Casing Prod.	339-010-212	3,649.64	4,030.63	4,283.89	4,503.54	4,297.93
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	1,418.00	1,418.00	1,418.00	1,418.00	1,418.00
Servicio de tenazas hidráulicas	339-010-360	560.74	625.79	645.33	625.57	552.09
Agua	339-010-380	248.19	287.37	360.85	416.36	334.72
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>28,640.42</b>	<b>34,133.22</b>	<b>35,817.10</b>	<b>35,676.48</b>	<b>30,693.76</b>

<b>TOTAL \$</b>	<b>157,664.01</b>	<b>163,028.03</b>	<b>197,728.37</b>	<b>161,725.44</b>	<b>141,744.63</b>
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

## TESIS DE GRADO

## COSTOS REALES DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS - OPTIMIZADOS

POZO	7763	7794	7773	7772	7764
POOL	CUESTA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA
FECHA DE INICIO	01-Apr-91	09-Apr-91	17-Apr-91	28-Apr-91	14-Jul-91
FECHA DE TERMINO	09-Apr-91	16-Apr-91	28-Apr-91	06-May-91	21-Jul-91
DURACION	8.00	7.50	12.00	7.67	6.50
EQUIPO #	8	8	8	8	8
PROF. FORROS PRODUCCION	2,115.21	2,476.61	2,585.19	2,475.39	2,067.18
<b>A.CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ( US.\$ )</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>
<b>B.DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DE EQUIPO ( US.\$ )</b>	<b>30,954.00</b>	<b>32,450.17</b>	<b>57,885.00</b>	<b>27,961.67</b>	<b>27,961.67</b>
DIAS MOV., ARM. Y DESARM. EQUIPO	2.00	2.17	5.00	1.67	1.67
<b>C. PERFORACION ( US.\$ )</b>					
<b>C1. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO SUPERFICIE</b>					
PIES PERFORADOS	228	227	225	232	235
DIAS DE PERFORACION	1.00	1.17	1.17	1.33	1.00
LODOS DE PERFORACION	1,125.00	1,075.00	1,025.00	1,000.00	1,025.00
PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE	19,400.75	20,346.92	20,296.92	21,268.08	19,300.75
CEMENTACION DE CASING SUPERFICIE	6,916.89	6,890.11	6,814.90	6,800.83	7,088.35
COSTO LODO POR PIE	4.93	4.74	4.56	4.31	4.36
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	85.09	89.63	90.21	91.67	82.13
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	115.43	119.99	120.50	120.99	112.29
<b>C2. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO INTERMEDIO</b>					
PIES PERFORADOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LODOS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PERFORACION HUECO INTERMEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CEMENTACION DE CASING INTERMEDIOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO LODO POR PIE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>C3. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO PRODUCCION</b>					
PIES PERFORADOS	1,925	2,353	2,400	2,302	1,865
DIAS DE PERFORACION	5.00	4.17	5.83	4.67	3.83
LODOS DE PERFORACION	7,351.26	11,881.10	8,234.61	11,242.37	4,998.25
PERFORACION DE HUECO PRODUCCION	53,538.95	50,994.62	58,701.46	51,805.38	38,487.10
CEMENTACION DE CASING DE PRODUCCION	28,640.42	34,133.22	35,817.10	35,676.48	30,693.76
COSTO LODO POR PIE	3.82	5.05	3.43	4.88	2.68
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	27.81	21.67	24.46	22.50	20.64
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	42.69	36.18	39.38	38.00	37.09

## COSTO TOTAL DE LA PERFORACION DEL POZO

PIES PERFORADOS TOTALES	2,153	2,580	2,625	2,534	2,100
DIAS DE PERFORACION TOTALES	8.00	7.50	12.00	7.67	6.50
LODOS DE PERFORACION	8,476.26	12,956.10	9,259.61	12,242.37	6,023.25
COSTO DE PERFORACION HUECO ABIERTO	129,023.59	128,894.81	161,911.27	126,048.96	111,050.86
COSTO DE PERFORACION HUECO ENTUBADO	157,664.01	163,028.03	197,728.37	161,725.44	141,744.63
COSTO LODO POR PIE	3.94	5.02	3.53	4.83	2.87
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	59.93	49.96	61.68	49.74	52.88
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	73.23	63.19	75.33	63.82	67.50

PREPARADO POR : LUIS E. MORAN HERRERA

## COSTO REAL DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS - OPTIMIZADOS

-----						
MES:	Junio-Julio					
AÑO:	1,991					
POZO :	7798	7807	7806	7808	7796	
POOL :	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	
API :	1-1431	1-1455	1-1454	1-1456	1-1430	
EQUIPO # :	8	8	8	8	8	
FECHA DE INICIO :	01-Jun-91	09-Jun-91	16-Jun-91	24-Jun-91	03-Jul-91	
FECHA DE TERMINO :	09-Jun-91	16-Jun-91	24-Jun-91	03-Jul-91	09-Jul-91	
PROFUNDIDAD HUECO SUPERFICIE :	225	230	230	232	230	
PROFUNDIDAD HUECO INTERMEDIO :	0	0	0	0	0	
PROFUNDIDAD HUECO PRODUCCION :	3,250	3,330	3,079	2,688	2,600	
TIEMPO MOV., ARM Y DESARMADO DE EQ. :	1.67	1.50	1.67	1.67	1.17	
DIAS HUECO SUPERFICIE :	1.00	1.00	1.00	0.83	1.33	
DIAS HUECO INTERMEDIO :	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
DIAS HUECO PRODUCCION :	5.33	4.83	5.00	4.17	3.67	
CONDICION	Completado	Completado	Completado	Completado	Completado	
COD. CUENTA						
MAYOR SUB DET						
-----						
<b>A. CONSTRUCCION DE PLATAFORMA</b>						
-----						
Construcción de plataformas	339-011-895/59	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00	18,000.00
Construcción de cantina del centro	339-011-099	213.00	213.00	213.00	213.00	213.00
SUB TOTAL \$		18,213.00	18,213.00	18,213.00	18,213.00	18,213.00
<b>B. DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DEL EQUIPO</b>						
-----						
Equipo-Flota pesada	339-012-891	18,000.00	17,500.00	18,000.00	18,000.00	16,500.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	9,961.67	8,965.50	9,961.67	9,961.67	6,973.17
SUB TOTAL \$		27,961.67	26,465.50	27,961.67	27,961.67	23,473.17
<b>C. PERFORACION</b>						
-----						
<b>C1. PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE</b>						
Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	900.00	900.00	900.00	1,050.00	900.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	5,977.00	5,977.00	5,977.00	4,980.83	7,969.33
Agua	339-010-380	12,315.08	12,315.08	12,315.08	12,315.08	12,315.08
SUB TOTAL \$		19,192.08	19,192.08	19,192.08	18,345.91	21,184.41
<b>C2. CEMENTACION DE CASING SUPERFICIE</b>						
Casing de superficie	339-010-062	2,795.57	2,845.19	2,858.54	2,899.68	2,839.77
Cemento para Casing de Superficie	339-010-063	571.50	571.50	571.50	571.50	571.50
Adit. usados en la Cem. Casing Superf.	339-010-095	175.56	271.32	175.56	196.00	196.00
Servicios de Cement. Casing de Superf.	339-010-211	2,775.12	3,299.56	2,739.39	2,606.00	2,490.36
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	674.00	674.00	674.00	674.00	674.00
Agua	339-010-380	244.92	244.92	244.92	244.92	244.92
SUB TOTAL \$		7,236.67	7,906.49	7,263.91	7,192.10	7,016.55

## C3. PERFORACION DEL HUECO INTERMEDIA

Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Diesel para lodo	339-010-089	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Ingeniería de Lodos	339-010-267	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C4. CEMENTACION DE CASING INTERMEDIOS

Registros Electrográficos	339-010-230	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Casing Intermedios	339-010-086	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cemento para Casing Intermedios	339-010-087	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Adit. usados en la Cem. Casing Interm.	339-010-096	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de Cement. Casing Int.	339-010-213	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Servicio de tenazas hidráulicas	339-010-360	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

## C5. PERFORACION DE HUECO PRODUCCION

Brocas	339-010-061	3,742.69	3,742.69	3,742.69	947.68	947.68
Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094	15,876.65	14,352.35	14,082.71	14,921.45	8,941.48
Diesel para lodo	339-010-089	652.50	756.00	752.40	756.00	720.00
Servicio de Ingeniería de Lodos	339-010-267	1,000.00	1,000.00	1,000.00	800.00	800.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	31,877.33	28,888.83	29,885.00	24,904.17	21,915.67
Agua	339-010-380	13,397.33	12,141.33	12,560.00	10,466.67	9,210.67
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>66,546.51</b>	<b>60,881.21</b>	<b>62,022.80</b>	<b>52,795.96</b>	<b>42,535.49</b>

## C6. CEMENTACION DE CASING DE PRODUCCION

Registros Electrográficos	339-010-230	8,389.50	8,538.00	8,041.02	7,262.88	7,092.60
Casing de Producción	339-010-064	21,156.96	21,562.53	19,972.52	16,676.88	16,663.68
Cemento para Casing de Producción	339-010-068	1,005.84	1,809.75	739.14	1,394.46	975.36
Adit. usados en la Cem. de Casing Prod.	339-010-097	6,370.02	7,831.66	5,300.00	4,011.62	4,379.93
Servicio de Cement. Casing Prod.	339-010-212	5,124.70	6,460.07	5,550.00	4,711.30	4,840.41
Materiales para Cementación de Casing	339-010-072	1,418.00	1,418.00	1,418.00	1,418.00	1,418.00
Servicio de tenazas hidráulicas	339-010-360	757.01	768.07	724.71	634.82	634.46
Agua	339-010-380	431.06	775.58	316.76	597.60	418.00
	<b>SUB TOTAL \$</b>	<b>44,653.09</b>	<b>49,163.66</b>	<b>42,062.15</b>	<b>36,707.57</b>	<b>36,422.44</b>

<b>TOTAL \$</b>	<b>183,803.01</b>	<b>181,821.94</b>	<b>176,715.60</b>	<b>161,216.21</b>	<b>148,845.06</b>
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

## TESIS DE GRADO

## COSTOS REALES DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS - OPTIMIZADOS

POZO	7798	7807	7806	7808	7796
POOL	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA	SILLA
FECHA DE INICIO	01-Jun-91	09-Jun-91	16-Jun-91	24-Jun-91	03-Jul-91
FECHA DE TERMINO	09-Jun-91	16-Jun-91	24-Jun-91	03-Jul-91	09-Jul-91
DURACION	8.00	7.33	7.67	6.67	6.17
EQUIPO #	8	8	8	8	8
PROF. FORROS PRODUCCION	3,205.60	3,267.05	3,026.14	2,526.80	2,524.80
<b>A.CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ( US.\$ )</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>	<b>18,213.00</b>
<b>B.DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DE EQUIPO ( US.\$ )</b>	<b>27,961.67</b>	<b>26,465.50</b>	<b>27,961.67</b>	<b>27,961.67</b>	<b>23,473.17</b>
DIAS MOV., ARM. Y DESARM. EQUIPO	1.67	1.50	1.67	1.67	1.17
<b>C. PERFORACION ( US.\$ )</b>					
<b>C1. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO SUPERFICIE</b>					
PIES PERFORADOS	225	230	230	232	230
DIAS DE PERFORACION	1.00	1.00	1.00	0.83	1.33
LODOS DE PERFORACION	900.00	900.00	900.00	1,050.00	900.00
PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE	19,192.08	19,192.08	19,192.08	18,345.91	21,184.41
CEMENTACION DE CASING SUPERFICIE	7,236.67	7,906.49	7,263.91	7,192.10	7,016.55
COSTO LODO POR PIE	4.00	3.91	3.91	4.53	3.91
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	85.30	83.44	83.44	79.08	92.11
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	117.46	117.82	115.03	110.08	122.61
<b>C2. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO INTERMEDIO</b>					
PIES PERFORADOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LODOS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PERFORACION HUECO INTERMEDIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CEMENTACION DE CASING INTERMEDIOS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO LODO POR PIE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>C3. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO PRODUCCION</b>					
PIES PERFORADOS	3,025	3,100	2,849	2,456	2,370
DIAS DE PERFORACION	5.33	4.83	5.00	4.17	3.67
LODOS DE PERFORACION	17,529.15	16,108.35	15,835.11	16,477.45	10,461.48
PERFORACION DE HUECO PRODUCCION	66,546.51	60,881.21	62,022.80	52,795.96	42,535.49
CEMENTACION DE CASING DE PRODUCCION	44,653.09	49,163.66	42,062.15	36,707.57	36,422.44
COSTO LODO POR PIE	5.79	5.20	5.56	6.71	4.41
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	22.00	19.64	21.77	21.50	17.95
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	36.76	35.50	36.53	36.44	33.32

<b>COSTO TOTAL DE LA PERFORACION DEL POZO</b>					
PIES PERFORADOS TOTALES	3,250	3,330	3,079	2,688	2,600
DIAS DE PERFORACION TOTALES	8.00	7.33	7.67	6.67	6.17
LODOS DE PERFORACION	18,429.15	17,008.35	16,735.11	17,527.45	11,361.48
COSTO DE PERFORACION HUECO ABIERTO	139,149.92	132,658.28	134,653.45	124,508.64	112,422.62
COSTO DE PERFORACION HUECO ENTUBADO	183,803.01	181,821.94	176,715.60	161,216.21	148,845.06
COSTO LODO POR PIE	5.67	5.11	5.44	6.52	4.37
COSTO POR PIE, HUECO ABIERTO	42.82	39.84	43.73	46.32	43.24
COSTO POR PIE, HUECO ENTUBADO	56.55	54.60	57.39	59.98	57.25

PREPARADO POR : LUIS E. MORAN HERRERA

## 7.3.3 POZOS PERFORADOS - COMPARACION DE COSTOS

## COSTO REAL DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS

-----			
POZO :	1990	1991	6115
POOL :	PROMEDIO	OPTIMIZADA	Alvarez
API :			9-1477
EQUIPO # :	8	8	10
FECHA DE INICIO :	07-Jan-90	01-Apr-91	13-Apr-90
FECHA DE TERMINO :	19-Apr-90	21-Jul-91	08-May-90
PROFUNDIDAD HUECO SUPERFICIE :	243.00	229.00	425.00
PROFUNDIDAD HUECO INTERMEDIO :	0.00	0.00	0.00
PROFUNDIDAD HUECO PRODUCCION :	2,909.00	2,694.00	4,708.00
TIEMPO MOV., ARM Y DESARMADO DE EQ. :	3.20	2.02	3.00
DIAS HUECO SUPERFICIE :	2.00	1.08	5.00
DIAS HUECO INTERMEDIO :	0.00	0.00	0.00
DIAS HUECO PRODUCCION :	6.80	4.65	18.00
CONDICION :	Completado	Completado	Completado

COD. CUENTA  
MAYOR SUB DET

## A. CONSTRUCCION DE PLATAFORMA

=====				
Construcción de plataformas	339-011-895/59	23,400.00	18,000.00	35,000.00
Construcción de cantina del centro	339-011-099	216.60	213.00	306.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>23,616.60</b>	<b>18,213.00</b>	<b>35,306.00</b>

## B. DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DEL EQUIPO

-----				
Equipo-Flota pesada	339-012-891	28,388.00	19,050.00	73,340.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	19,126.40	12,053.62	18,483.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>47,514.40</b>	<b>31,103.62</b>	<b>91,823.00</b>

## C. PERFORACION

=====

## C1. PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE

Brocas	339-010-061	882.80	0.00	0.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	1,059.80	990.00	1,250.00
Gastos por equipo de perforación	339-010-953	11,954.00	6,475.08	30,805.00
Agua	339-010-380	12,315.00	12,306.92	15,000.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>26,211.60</b>	<b>19,772.00</b>	<b>47,055.00</b>

## C2. CEMENTACION DEL CASING SUPERFICIE

Casing de superficie	339-010-062	3,092.80	2,852.09	9,079.00
Cemento para Casing de Superficie	339-010-063	720.40	579.12	1,715.00
Adit. usados en la Cem. Casing Superf.	339-010-095	220.40	225.44	465.00
Servicios de Cement. Casing de Superf.	339-010-211	2,464.40	2,533.84	2,590.00
Materiales para Cementacion del Casing	339-010-072	734.80	674.00	1,411.00
Agua	339-010-380	244.92	248.19	270.00
<b>SUB TOTAL \$</b>		<b>7,477.72</b>	<b>7,112.68</b>	<b>15,530.00</b>

## C3. PERFORACION HUECO INTERMEDIO

Brocas	339-010-061	0.00	0.00	0.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	0.00	0.00	0.00
Diesel para lodo	339-010-089	0.00	0.00	0.00
Servicio de Ingenieria de Lodos	339-010-267	0.00	0.00	0.00
Gastos por equipo de perforacion	339-010-953	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL \$	0.00	0.00	0.00

## C4. CEMENTACION DEL CASING INTERMEDIO

Registros Electrograficos	339-010-230	0.00	0.00	0.00
Casing Intermedios	339-010-086	0.00	0.00	0.00
Cemento para Casing Intermedio	339-010-087	0.00	0.00	0.00
Adit. usados en la Cem. Casing Intern.	339-010-096	0.00	0.00	0.00
Servicio de Cement. Casing Int.	339-010-213	0.00	0.00	0.00
Materiales para Cementacion del Casing	339-010-072	0.00	0.00	0.00
Servicio de tenazas hidraulicas	339-010-360	0.00	0.00	0.00
Agua	339-010-380	0.00	0.00	0.00
	SUB TOTAL \$	0.00	0.00	0.00

## C5. PERFORACION DE HUECO PRODUCCION

Brocas	339-010-061	2,741.40	2,345.19	11,696.00
Fluido de perforacion-Lodo (Aditivos)	339-010-094	13,164.20	10,409.24	44,910.00
Diesel para lodo	339-010-089	739.60	662.67	1,615.00
Servicio de Ingenieria de Lodos	339-010-267	1,256.00	940.00	3,240.00
Gastos por equipo de perforacion	339-010-953	40,643.60	27,793.05	110,898.00
Agua	339-010-380	11,680.80	11,680.80	15,000.00
	SUB TOTAL \$	70,225.60	53,830.95	187,359.00

## C6. CEMENTACION DEL CASING DE PRODUCCION

Registros Electrograficos	339-010-230	4,801.00	7,279.71	28,096.00
Casing de Produccion	339-010-064	22,490.20	17,338.18	47,289.00
Cemento para Casing de Produccion	339-010-068	1,203.20	976.88	3,136.00
Adit. usados en la Cem. de Casing Prod.	339-010-097	9,425.60	4,567.49	15,042.00
Servicio de Cement. Casing Prod.	339-010-212	4,821.60	4,745.21	6,754.00
Materiales para Cementacion del Casing	339-010-072	1,770.40	1,418.00	3,157.00
Servicio de tenazas hidraulicas	339-010-360	840.40	652.86	1,088.00
Agua	339-010-380	418.65	418.65	500.00
	SUB TOTAL \$	45,771.05	37,396.98	105,062.00

	TOTAL \$	220,816.97	167,429.23	482,135.00
--	----------	------------	------------	------------

PETROLEOS DEL PERU S.A.  
DEPTO. PERFORACION N.O.

COSTOS REALES DE PERFORACION DE POZOS POR PETROLEO Y/O GAS

POZO	1990	1991	6115
POOL	PROMEDIO	OPTIMIZADA	Alvarez
FECHA DE INICIO	07-Jan-90	01-Apr-91	13-Apr-90
FECHA DE TERMINO	19-Apr-90	21-Jul-91	08-May-90
DURACION	12.00	7.75	12.00
EQUIPO #	8	8	8
PROF. CASING PRODUCCION	2,840.60	2,627.00	4,398.00
<b>A.CONSTRUCCION DE PLATAFORMA ( US.\$ )</b>	<b>23,616.60</b>	<b>18,213.00</b>	<b>35,306.00</b>
<b>B.DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DE EQUIPO ( US.\$ )</b>	<b>47,514.40</b>	<b>31,103.62</b>	<b>91,823.00</b>
DIAS MOV., ARM. Y DESARM. EQUIPO	3.20	2.02	3.00
<b>C. PERFORACION ( US.\$ )</b>			
<b>C1. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO SUPERFICIE</b>			
PIES PERFORADOS	243.00	229.00	425.00
DIAS DE PERFORACION	2.00	1.08	5.00
LODOS DE PERFORACION	1,059.80	990.00	1,250.00
PERFORACION DE HUECO DE SUPERFICIE	26,211.60	19,772.00	47,055.00
CEMENTACION DEL CASING SUPERFICIE	7,477.72	7,112.68	15,530.00
COSTO LODO POR PIE	4.36	4.32	2.94
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	108.71	86.34	110.72
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	139.45	117.40	147.26
<b>C2. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO INTERMEDIO</b>			
PIES PERFORADOS	0.00	0.00	0.00
DIAS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00
LODOS DE PERFORACION	0.00	0.00	0.00
PERFORACION HUECO INTERMEDIA	0.00	0.00	0.00
CEMENTACION DEL CASING INTERMEDIO	0.00	0.00	0.00
COSTO LODO POR PIE	ERR	ERR	ERR
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	ERR	ERR	ERR
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	ERR	ERR	ERR
<b>C3. PERFORACION Y CEMENTACION DE HUECO PRODUCCION</b>			
PIES PERFORADOS	2,666.00	2,465	4,283
DIAS DE PERFORACION	6.80	4.65	18.00
LODOS DE PERFORACION	15,159.80	12,011.91	49,765.00
PERFORACION DE HUECO PRODUCCION	70,225.60	53,830.95	187,359.00
CEMENTACION DEL CASING DE PRODUCCION	45,771.05	37,396.98	105,062.00
COSTO LODO POR PIE	5.63	4.87	11.62
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	26.61	21.84	43.74
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	43.83	37.01	68.27

<b>C4. COSTO TOTAL DE LA PERFORACION DEL POZO</b>			
PIES PERFORADOS TOTALES	2,909.00	2,694	4,708
DIAS DE PERFORACION TOTALES	10.00	6.67	21.00
LODOS DE PERFORACION	16,219.60	13,001.91	51,015.00
COSTO DE PERFORACION HUECO ABIERTO	175,045.92	130,032.25	377,073.00
COSTO DE PERFORACION HUECO ENTUBADO	220,816.97	167,429.23	482,135.00
COSTO LODO POR PIE	5.52	4.83	10.84
COSTO POR PIE A HUECO ABIERTO	60.58	48.27	80.09
COSTO POR PIE A HUECO ENTUBADO	76.35	62.15	102.41

PREPARADO POR : LUIS E. MORAN HERRERA

## OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Las ideas que se exponen en el presente trabajo son reducción de costos, sin efectuar ningún tipo de inversión de capital sobre la actividad y/o equipos de perforación por petróleo y gas.

Las acciones que se han ejecutado para lograr lo antes expuesto, se realizaron en el equipo de perforación No 8, Ideco H-40, que se encuentra actualmente en actividad en el norte del país. Tenemos:

- Reducción del área de la plataforma.
- Modificación de la secuencia del desmontaje/montaje y transporte del equipo de perforación.
- Definición de los tipos de unidades de transportes a utilizar para el transporte del equipo de perforación.
- Incremento del caudal de trabajo en la perforación del hueco de superficie.
- Correlación de la energía mecánica  $WxR$  vs. energía hidráulica (caballaje hidráulico).
- Uso de lodos de perforación, inhibidores de lutitas y exentos de sólidos para evitar daños a la formación.

Todas estas acciones persiguen hacer el pozo en el menor tiempo posible, reduciendo el tiempo de operación del equipo de perforación, rubro que afecta mucho a los costos de operación, así también, reducir el daño a la formación durante la perforación para lograr una mayor vida útil del pozo.

Los porcentajes de ahorro logrados; habiéndose ejecutado las modificaciones anunciadas son:

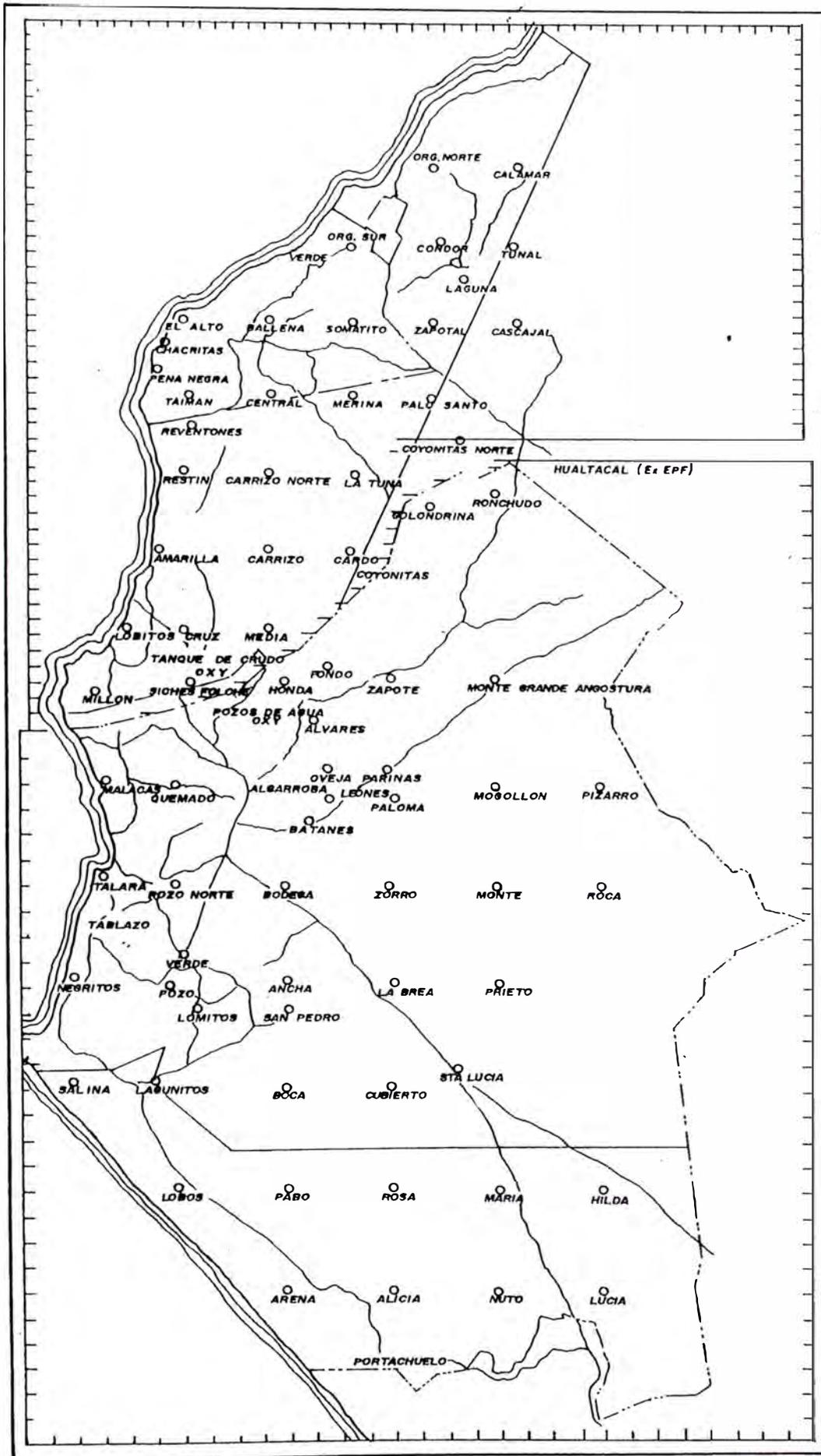
<b>Actividad</b>	<b>Porcentaje</b>
Construcción de plataformas	29.67
Desmontaje, traslado y montaje	52.76
Incremento del rate de perforación	15.60
Acumulado al costo del pozo entubado	22.85

En los 10 pozos que se efectuó el estudio, se obtuvo un ahorro de 382,541.44 US\$. Cabe indicar que este trabajo se puede aplicar a cualquier equipo de perforación, así como a cualquier área productiva.

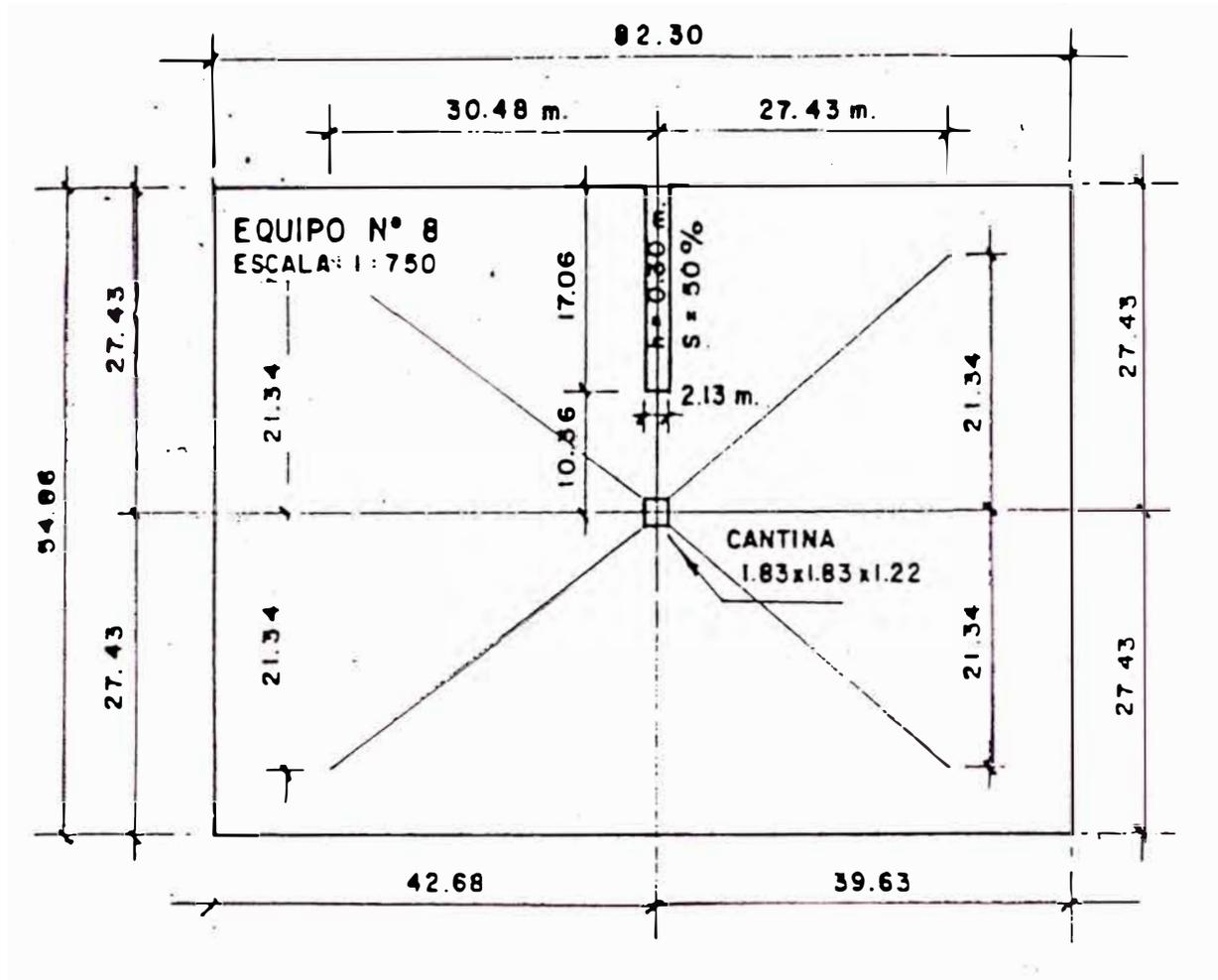
## ANEXOS

- I. Mapa de ubicación del Yacimiento de Silla, en Nor Oeste del Perú.
- II. Distribución de la Plataforma del Equipo de Perforación N° 8.
- III. Columna Estratigráfica Generalizada de la Cuenca de Talara.
- IV. Mapa estructural a líneas rectas - Formación Verdún.
- V. Estimación de Reservas.
- VI. Carta de Parámetros de Perforación
- VII. Carta de Corrección de Densidad.
- VIII. Caballaje hidráulico mínimo disponible de la broca vs. producto  $W \times R$ , prevenir la deficiencia hidráulica.
- IX. Monograma para encontrar la Constante de desgaste de los rodajes de la broca.
- X. Monograma para encontrar la Constante de desgaste de los dientes de la broca.
- XI. Carta para determinar la velocidad anular óptima.
- XII. Estimado de Costos de Perforación y Completación N.O.
- XIII. Costo real de perforación, pozos no optimizados - Lagunitos.
- XIV. Distribución de costo real, pozos no optimizados Lagunitos.
- XV. Costo real de perforación, pozos optimizados - Silla.
- XIV. Distribución de costo real, pozos optimizados - Silla.

ANEXO No I. MAPA DE UBICACION DEL YACIMIENTO DE SILLA,  
NOR OESTE DEL PERU.



PERFORACION No 8. PLATAFORMA DEL EQUIPO DE



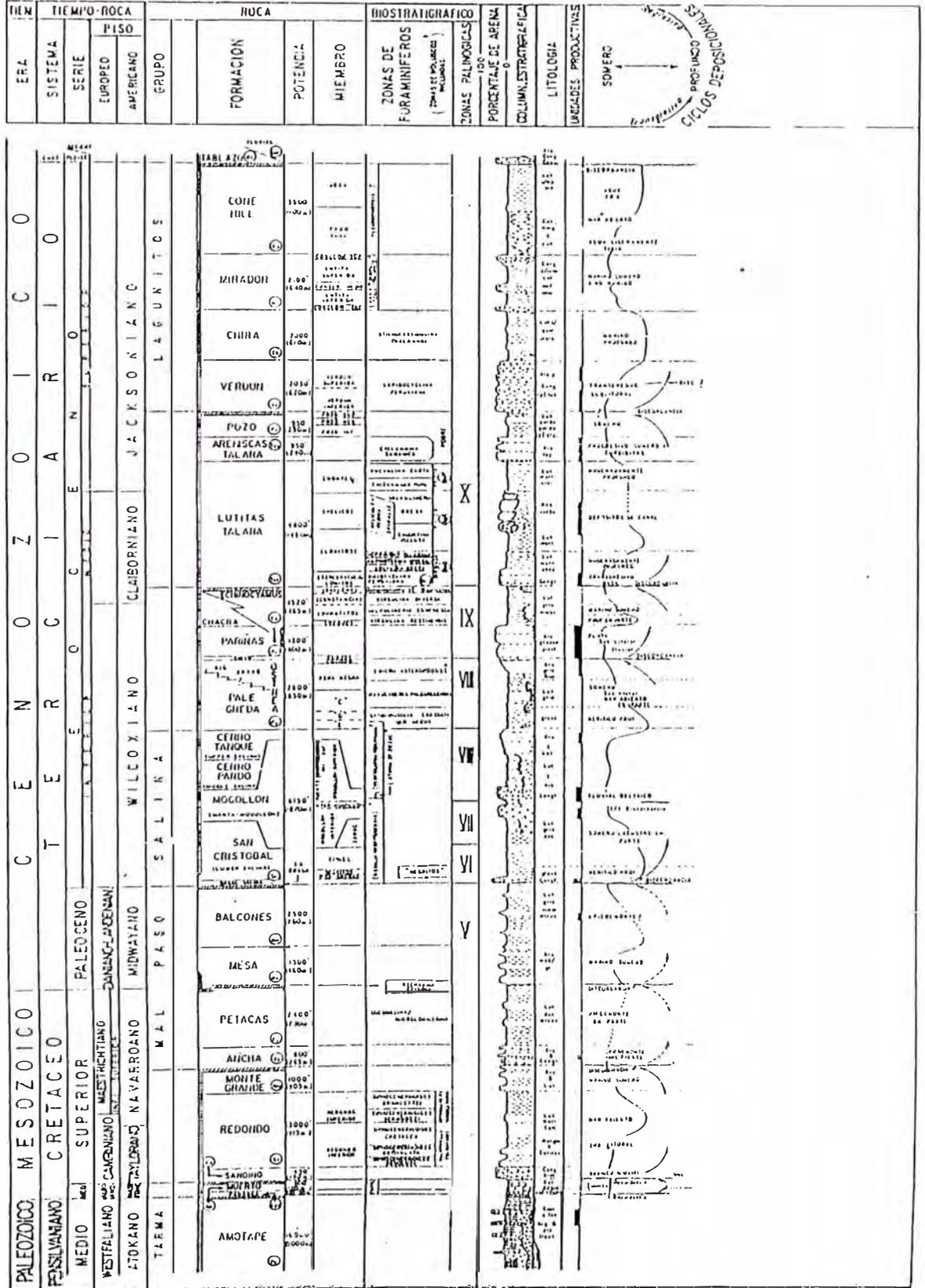
PETROLEOS DEL PERU  
PLATAFORMA DE PERFORACION

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA  
 DE LA CUENCA TALARA



LINA, DICIEMBRE 1974

G G





A Jefe  
 Unidad Planeamiento y Sistemas-EPR

FECHA : San Isidro, 27 de Febrero de 1991

DE : DIVISIÓN YACIMIENTOS

ASUNTO : Ubicación 7796 - Silla  
 ESTIMADO DE RESERVAS

LAS RESERVAS, PRESIONES DE FONDO, DEPLETACION Y PRODUCCION INICIAL PARA la ubicación SON LAS SIGUIENTES :

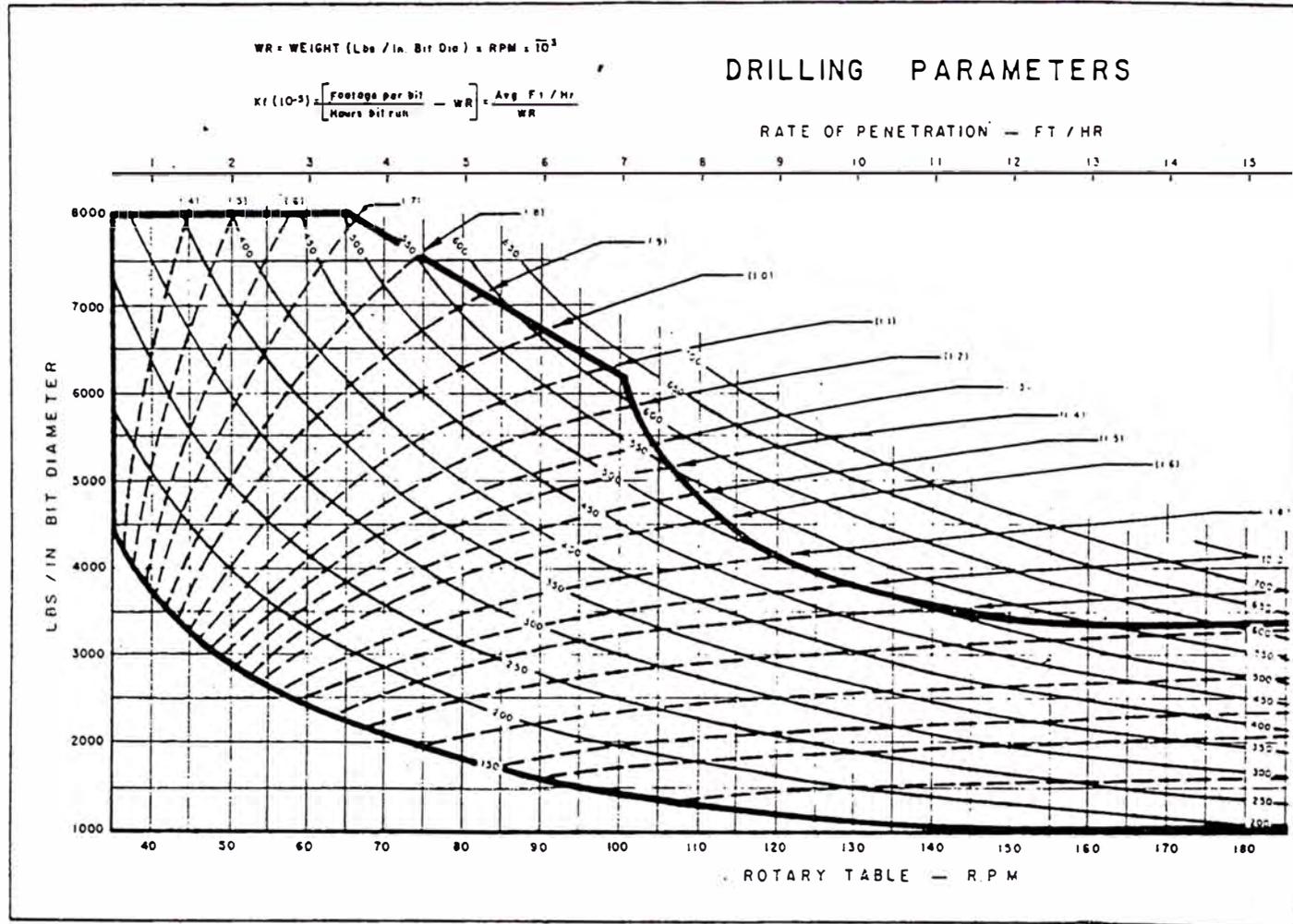
FORMACION / RESERVOIRIO	RESERVAS ELS			PRESIONES INICIAL	PRESIONES PSI		DEPLETACION %
	MINIMAS	+ PROBABLES	MAXIMAS		FECHA	ACTUAL	
Verdún	10,000	30,000	40,000	900	Estimada	850	5
TOTAL	10,000	30,000	40,000	RPI / <del>XXXX</del> (EST) 60 BPD		TIPO HCT	

ESTOS ESTIMADOS ESTAN BASADOS EN : Análisis de los pozos vecinos : 5049, 3455, 6311, 3889, 5774, 3782, 3927, 3922, 4036 y "Estudio Factibilidad Desarrollo Adicional Formaciones Verdún-Salina Mogollón-Area Lagunitos". (IT-02359).

- OBSERVACIONES :
- Factor de éxito por fluídos : 85%.
  - Instalar Unidad de levantamiento artificial inmediatamente terminado los trabajos de completación.

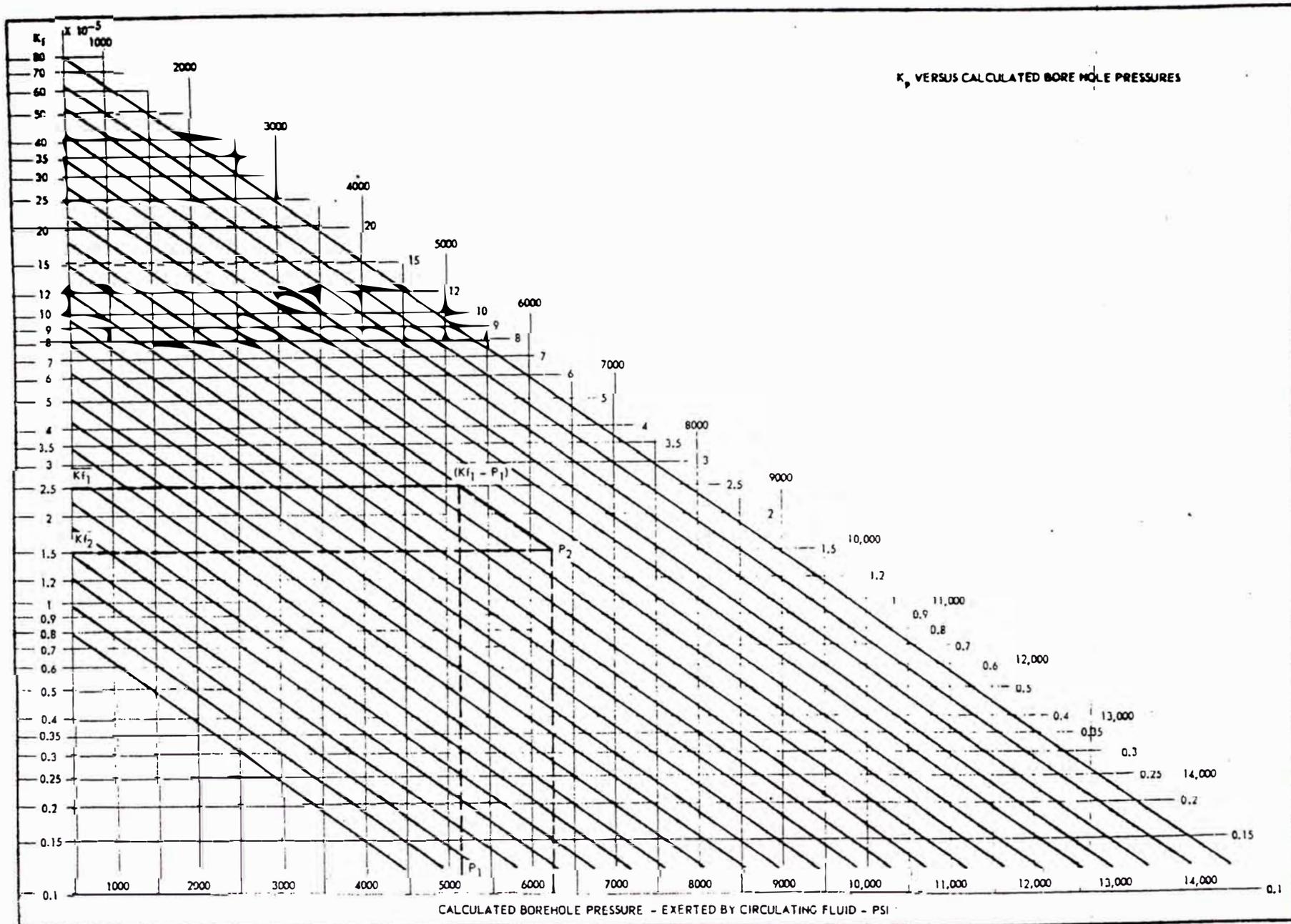
CC: ARCHIVO EV.11 A.Campos/ele.

ANEXO No' VI. CARTA DE PARAMETROS DE PERFORACION.



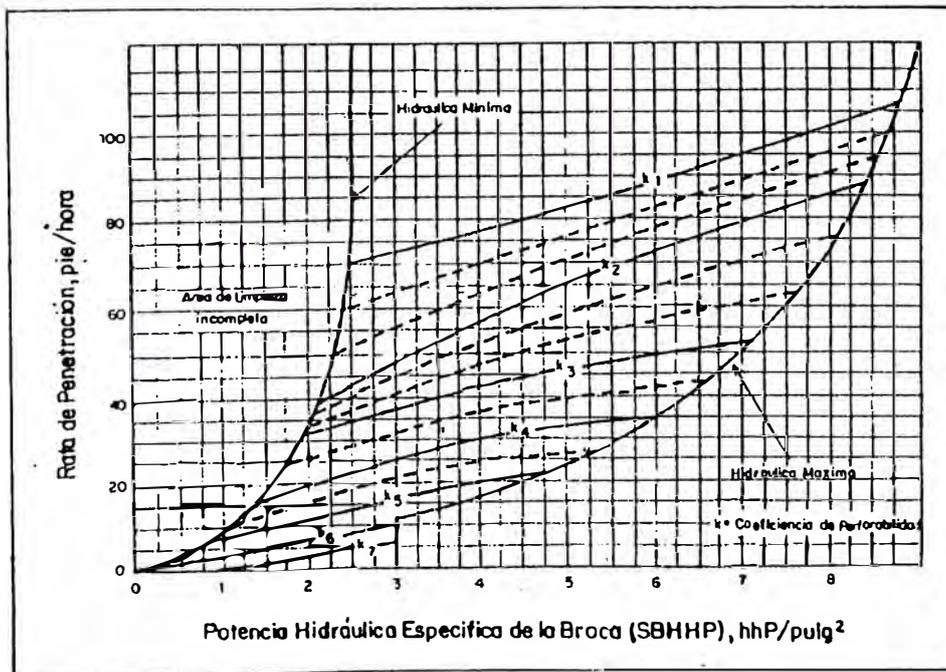
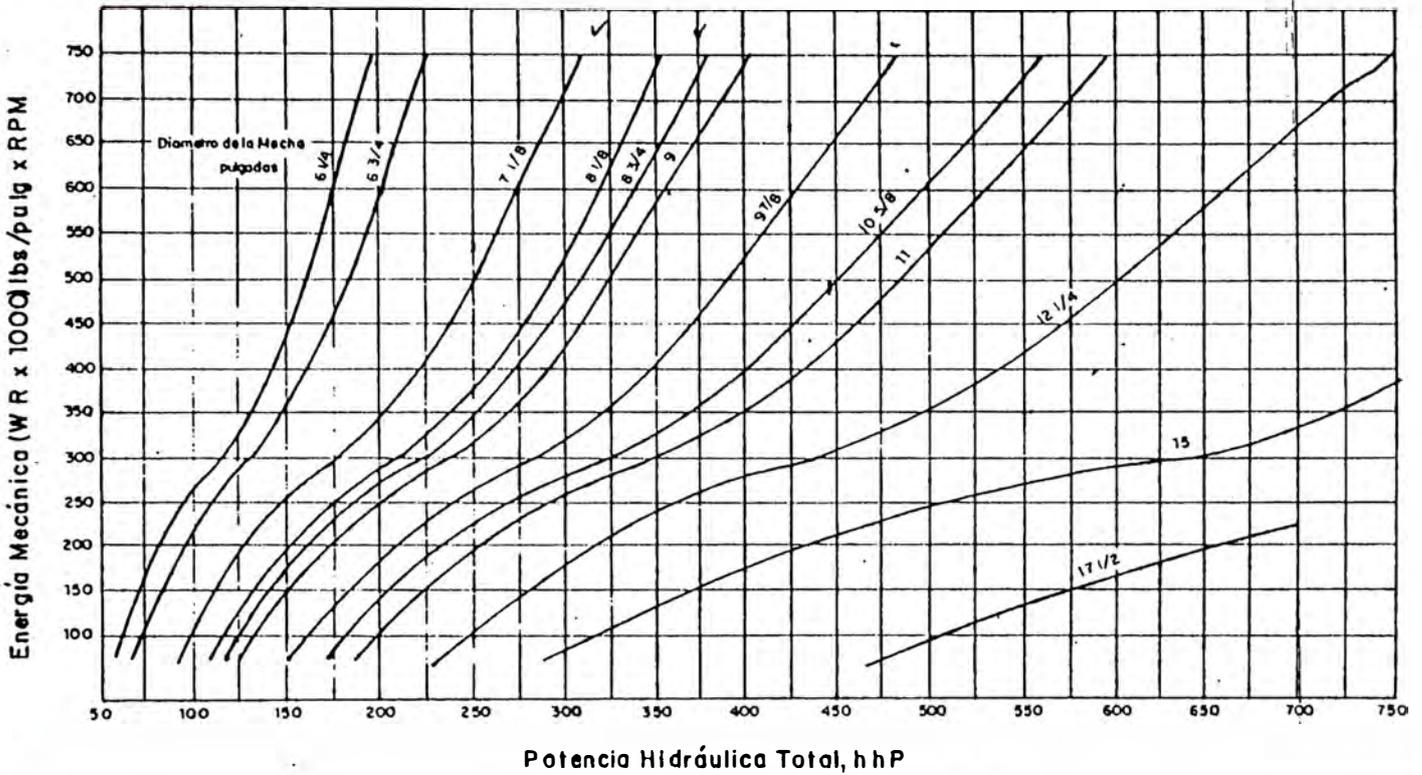
Drilling Parameters Chart

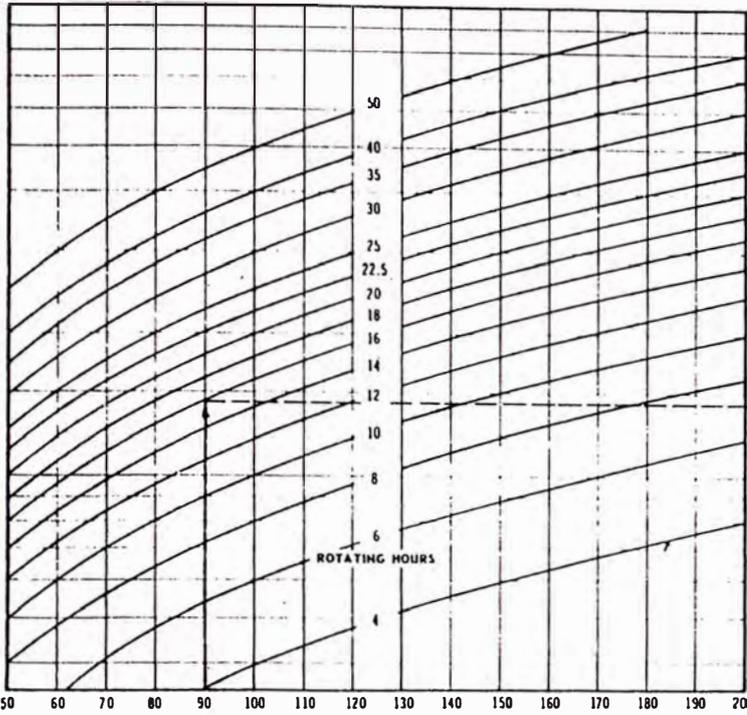
# ANEXO No VII. CARTA DE CORRECCION DE DENSIDAD.



Density Correction Chart

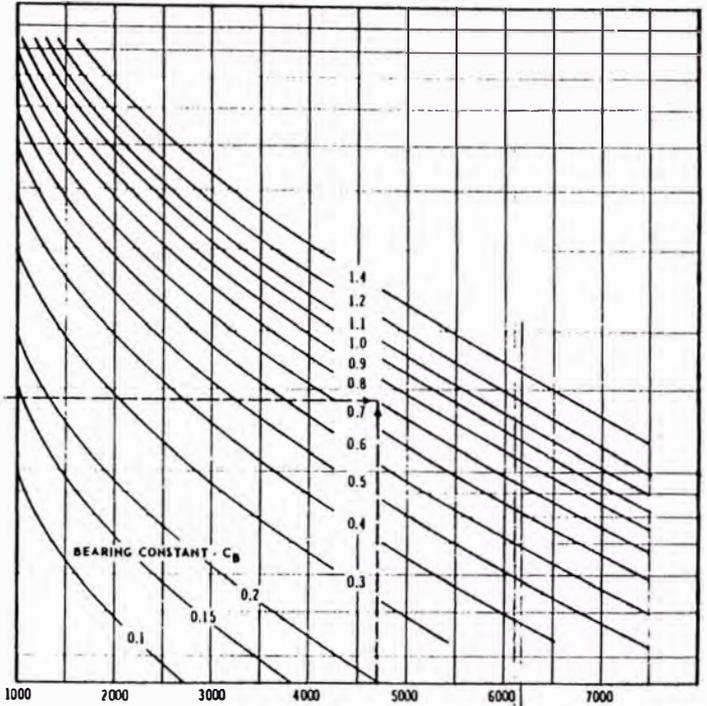
# CABALLAJE HIDRAULICO MINIMO DISPONIBLE EN LA BROCA VS W-R PARA PREVENIR LA DEFICIENCIA HIDRAULICA





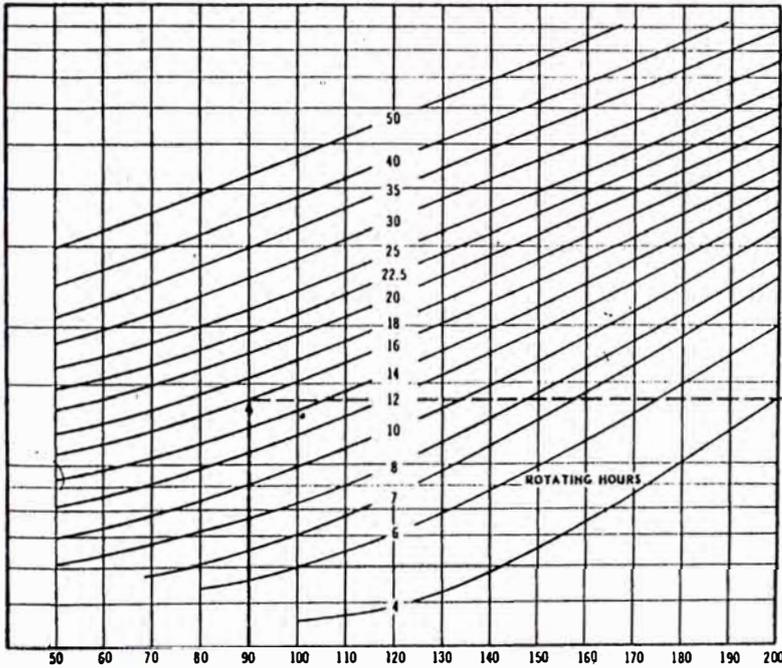
Rotary Table - RPM  
NOMOGRAPH I

Determination of Bearing Wear Constant  $C_B$   
Bit Weight - Lbs/Inch of Bit Diameter



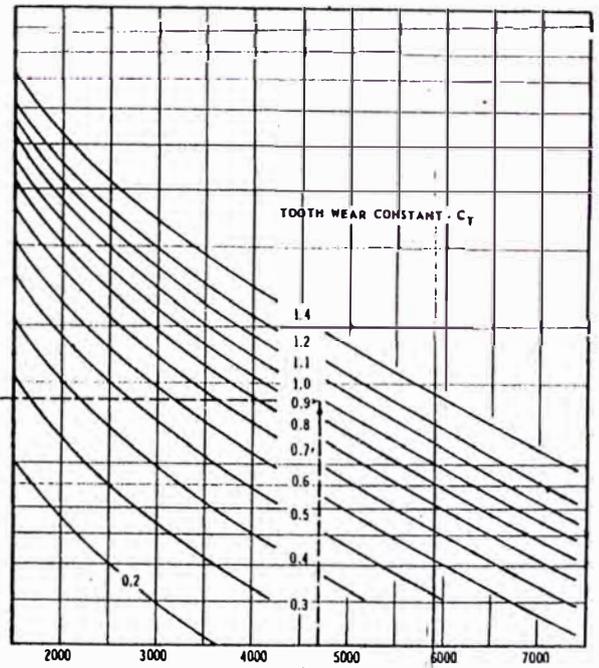
EXAMPLE: Bit size 10.625 in. Mud weight 9.5 ppg  
Bit weight 50,000 lb. (4700 lb/inch)  
Rotary speed 90 RPM  
Rotating hours 16.0  
 $C_B = 0.80$

ANEXO No IX. MONOGRAMA PARA ENCONTRAR LA CONSTANTE DE DESGASTE DE LOS RODAJES DE LA BROCA.



Rotary Table - RPM  
NOMOGRAPH II

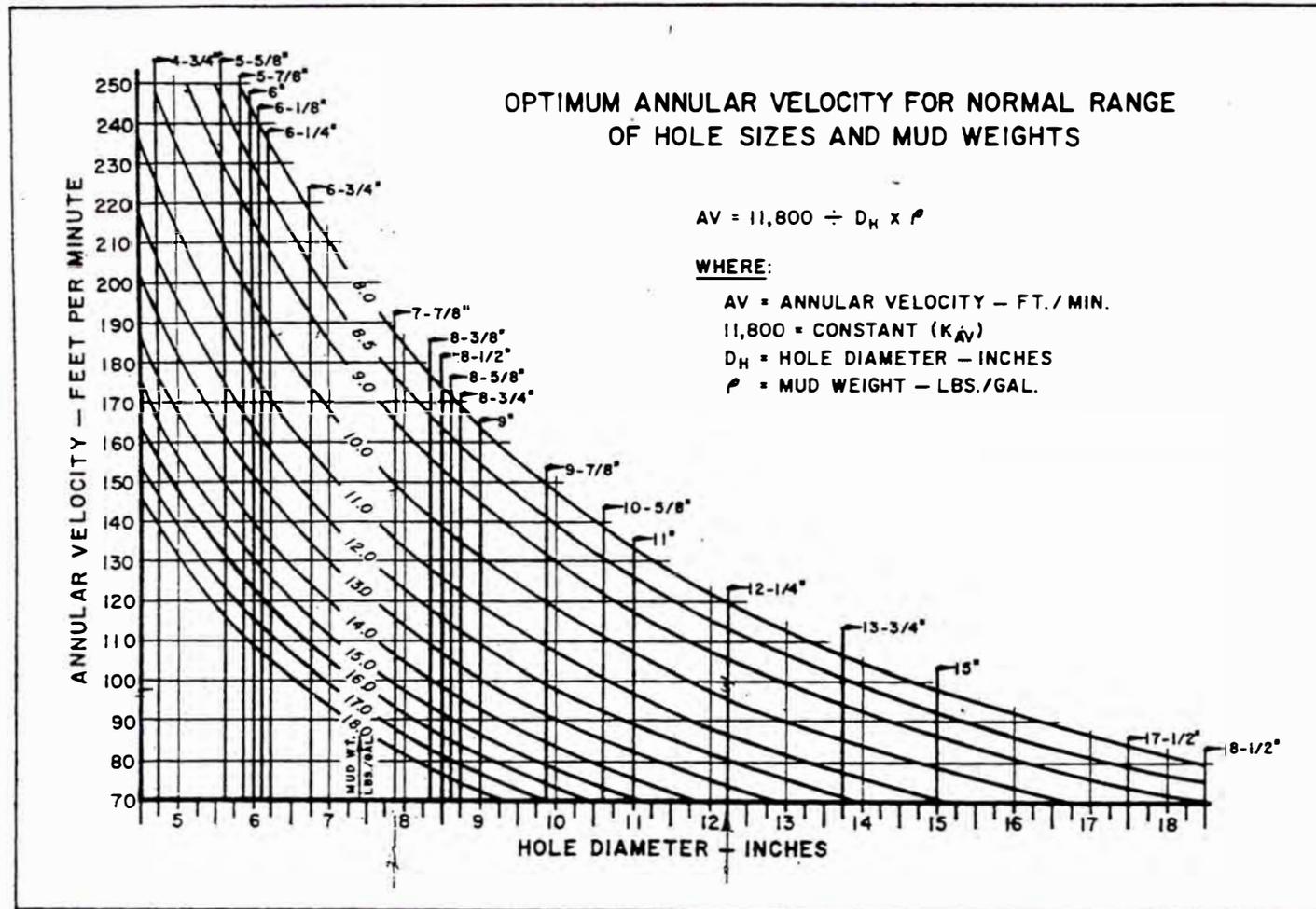
Determination of Tooth Wear Constant  $C_T$   
Bit Weight - Lbs/Inch of Bit Diameter



EXAMPLE: Bit size 10.625 in.  
Bit weight 50,000 lb. (4700 lb/inch)  
Rotary speed 90 RPM  
Rotating hours 16.0  
 $C_T = 1.00$

ANEXO No X. MONOGRAMA PARA ENCONTRAR LA CONSTANTE DE DESGASTE DE LOS DIENTES DE LA BROCA.

ANEXO No XI. CARTA PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD ANULAR OPTIMA.



Optimum Annular Velocity Plot

## ANEXO N° XII.

## ESTIMADO DE GASTOS DE PERFORACION Y COMPLETACION N.O.

-----  
 AREA: SILLA      POZO: 7796      PROFUNDIDAD(PIES): 2700      DIAS PERFORACION: 6      EQUIPO N°: 8

		CODIGO DE CUENTA			
		-----			
		<u>MAYOR SUB DET</u>			<u>COSTO l/m.</u>
A.	CONSTRUCCION DE PLATAFORMA				
	-----				
	Unidades Industriales Mecanizadas	339-011-896			10,400.00
	Recargo, servicios mecánicos-campo	339-011-857			9,100.00
	Materiales para construcción de plataformas	339-011-099			650.00
				SUB TOTAL l/m/.	20,150.00
B.	DESARMADO ARMADO Y MOVIMIENTO DEL EQUIPO				
	-----				
	Armadores de Castillo del equipo-NO	399-012-955	1.00 Días	1,554.02 l/m./Dia	1,544.02
	Equipo-Flota pesada	339-012-891	1.00 Días	1,554.02 l/m./Dia	1,544.02
				SUB TOTAL l/m/.	3,108.04
C.	PERFORACION				
	-----				
	Gastos por equipo de perforación	339-010-958	5.00 Días	3,885.05 l/m./Dia	19,425.25
	Alquiler de Equipo y Herram. de Perforac.	339-010-398	Días	l/m./Dia	
	Gastos Grales. de equipos de Perf. Contratado	339-010-954			1,030.89
	Brocas	339-010-061			3,604.41
	Forros de superficie	339-010-062	200 Pies	11.70 l/m./Pie	2,340.00
	Cemento para Forros de Superficie	339-010-063	160 Sacos	2.48 l/m./Saco	396.80
	Aditivos usados en la Cem. Forros Superficie	339-010-095			118.30
	Servicios de Cement. Forros de Superf.	339-010-211			1,611.75
	Forros Intermedios	339-010-066	Pies	l/m./Pie	
	Cemento para Forros Intermedios	339-010-067	Sacos	l/m./Saco	
	Aditivos usados en la Cement. Forros Int.	339-010-096			
	Servicio de Cement. Forros Int.	339-010-213			
	Fluido de perforación-Lodo (Aditivos)	339-010-094			4,875.00
	Servicio de Ingeniería de Lodos	339-010-267			390.00
	Combustible y Lubricantes	339-010-089			635.25
	Gastos de Departamento Técnico de Petróleo	339-010-951	5.00 Días	156.00 l/m./Dia	780.00
	Gastos Area Exploración-Producción	339-010-826	5.00 Días	214.50 l/m./Dia	1,072.50
	Sección Movimiento de Equipos	339-010-887			360.75
	Equipo Automotriz Flota 1A y 1C	339-010-890			81.25
	Pool de Transportes	339-010-889			1,137.50
	Equipo Flota Pesada	339-010-891			2,895.75
	Transporte de Materiales Contratado	339-010-309			1,755.00
	Registros Electrográficos	339-010-230			8,847.35
	Muestras y Pruebas especiales de Pozos	339-010-231			
	Materiales para Cementación de Forros	339-010-072			1,952.60
	Forros de Producción	339-010-064	2,700 Pies	5.20 l/m./Pie	14,040.00
	Cemento para Forros de Producción	339-010-068	369 Sacos	2.48 l/m./Saco	964.72
	Aditivos usados en la Cement. de Forros Prod.	339-010-097			1,677.80
	Servicio de Cementación Forros de Prod.	339-010-212			3,156.35
	Recargo, Almacen, de materiales	339-010-870			255.45
	Cabezal	339-010-066			3,295.50
				SUB TOTAL l/m/.	74,920.11

ESTIMADO DE COSTOS DE PERFORACION Y COMPLETACION N.O.

AREA: SILLA POZO: 7796 PROFUNDIDAD (PIES): 2700 DIAS PERFORACION 6 EQUIPO Nº: 8

CODIGO DE CUENTA  
MAYOR SUB DET

COSTO Tm

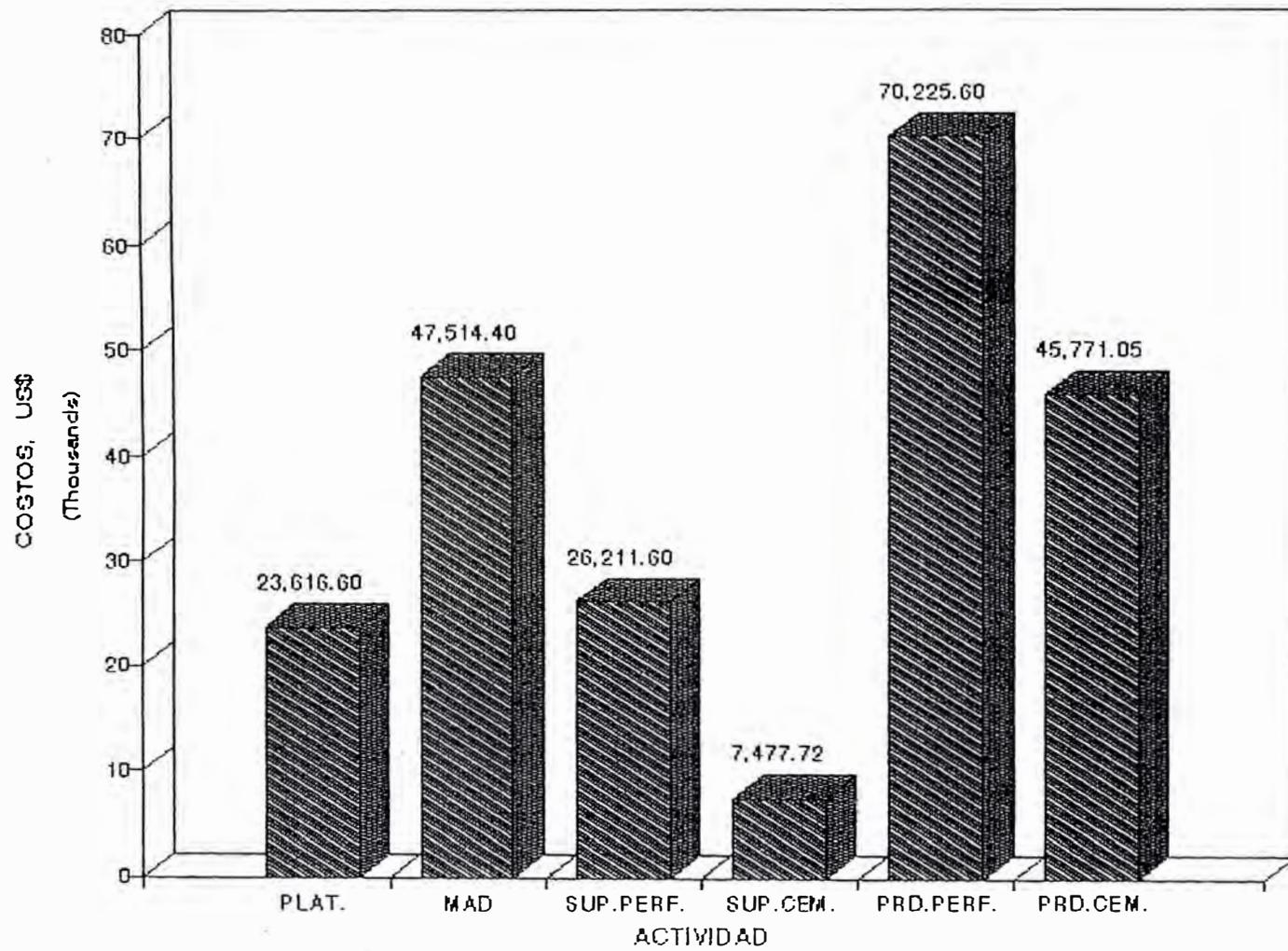
D. COMPLETACION

Registro Electrográfico en Pozo Entubado	339-013-230			2,039.23
Servicio de Punzonamiento - Contratado	339-013-240			4,836.00
Arena para Fracturamiento	339-013-069	750 Sacos	13.65 Im./Saco	10,237.50
Aditivos de Fluido Fracturante	339-013-099			
Servicio de Fracturamiento - Contratado	339-013-270			13,571.35
Tubería de Producción	339-013-065	2,500 Pies	1.82 Im./Pie	4,550.00
Servicio de Pozos Contratado	339-013-265			
Maquinaria de Servicios y Reacond. de Pozos	339-013-858	29 Horas	58.50 Im./Horas	1,686.50
Recargo, Almacen de Materiales	339-013-870			
Recargo por Labor de Fracturamiento	339-013-957			2,306.86
			SUB TOTAL Im./.	39,237.43
			COSTO TOTAL Im/.	137,415.58
			COSTO UNIT. Im/ Pie	50.89
			COSTO UNIT. US\$/ Pie	78.30

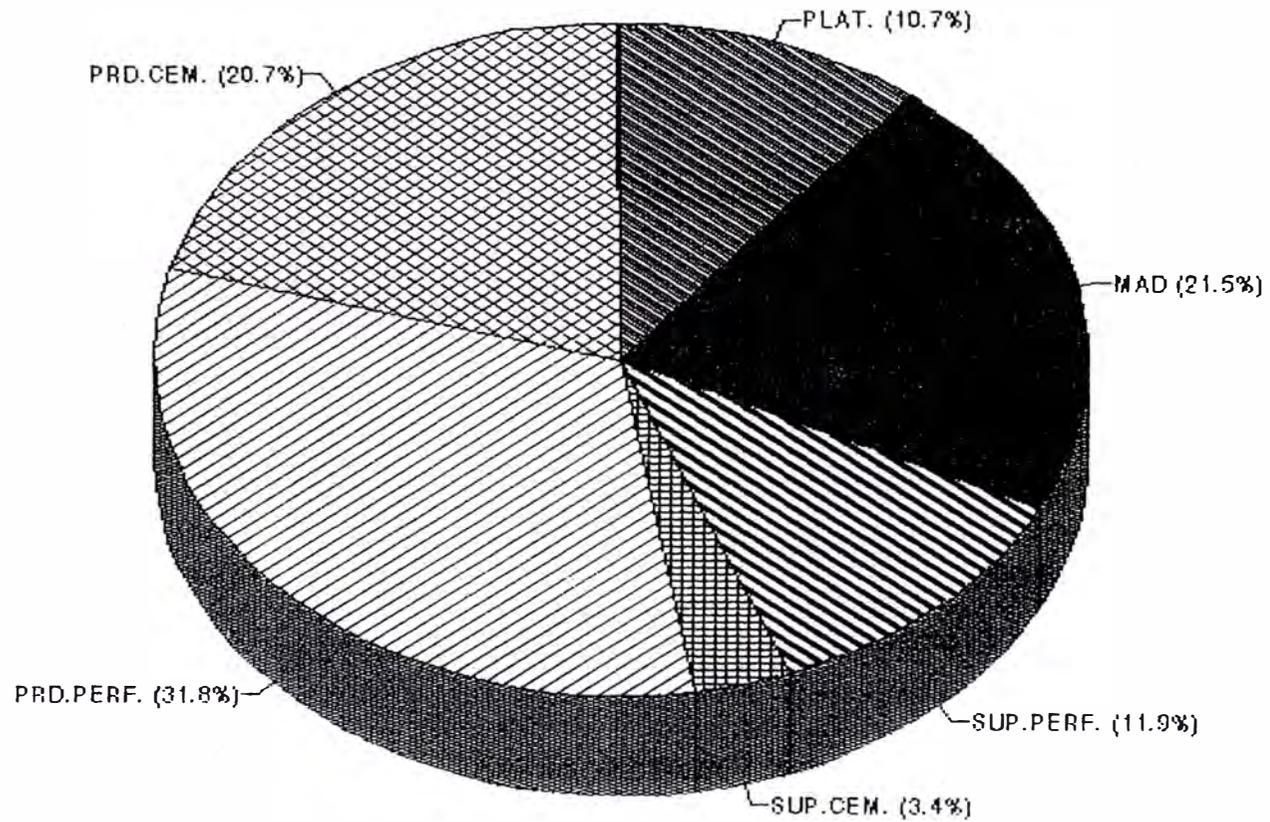
TIPO CAMBIO ESTIMADO (Tm./US\$) 0.65

FECHA: 25-Feb.-91	Preparado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	Nombre:	Nombre:	Nombre:
	Firma:	Firma:	Firma:

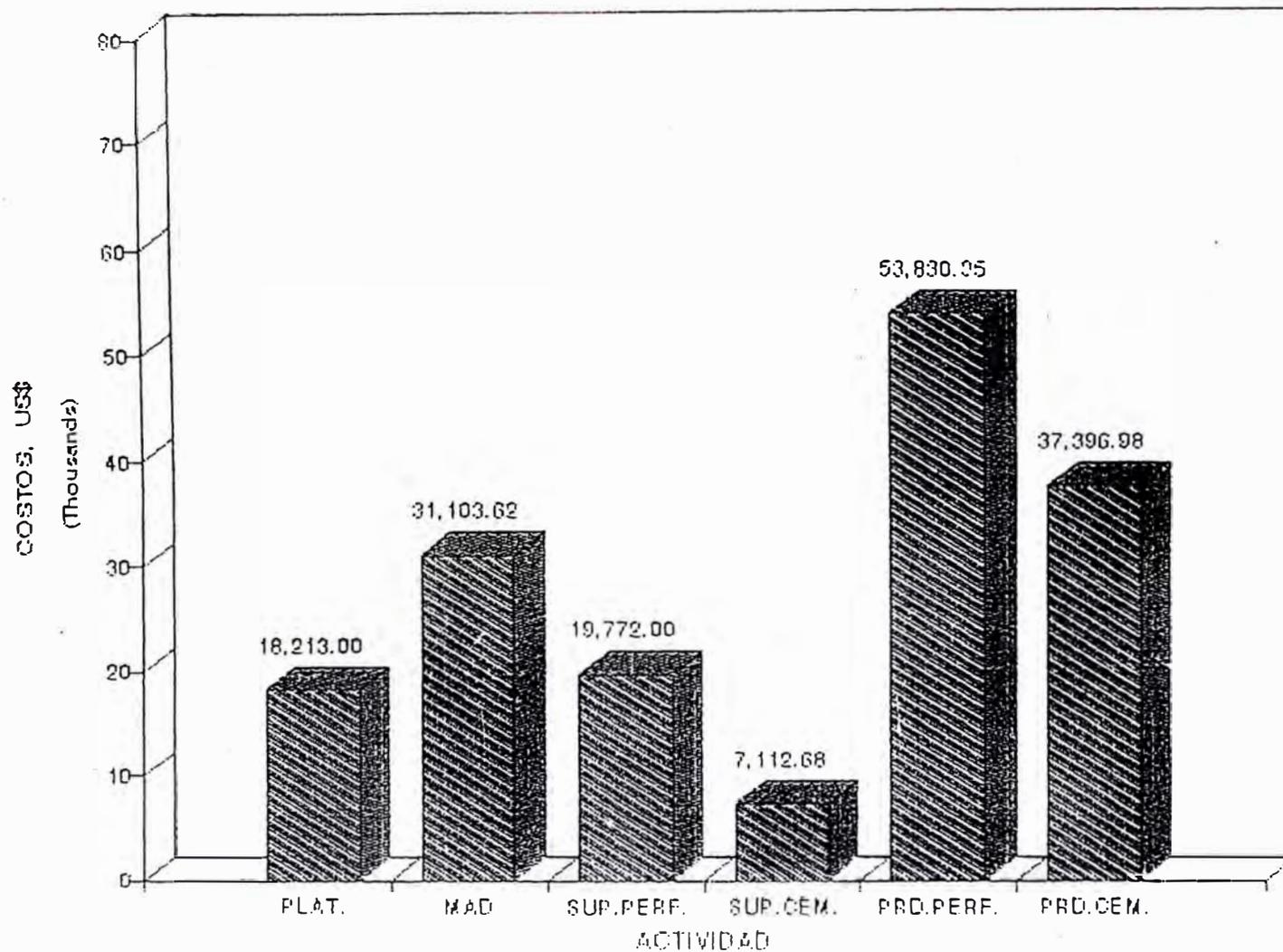
**ANEXO XIII. COSTO REAL DE PERFORACION**  
*POZOS NO OPTIMIZADOS - LAGUNITOS*



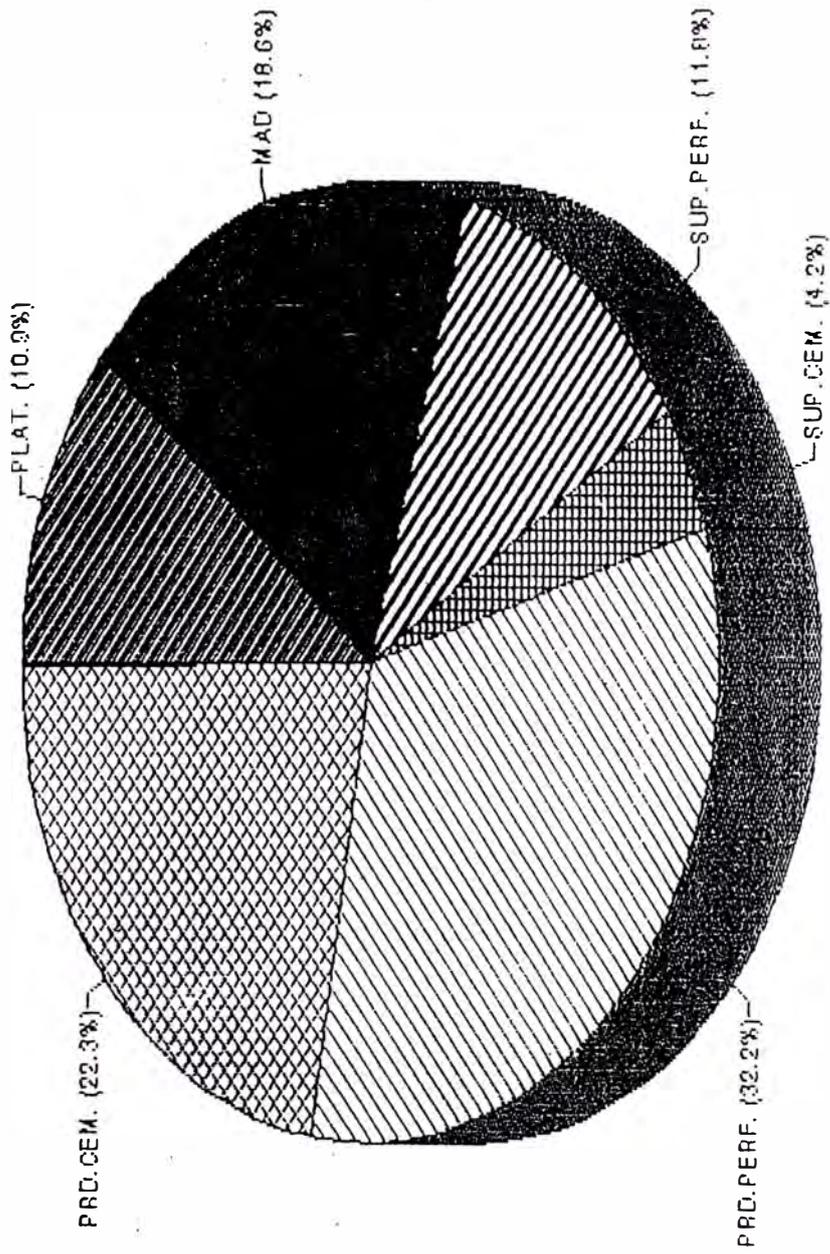
**ANEXO XIV. DISTRIBUCION DE COSTO REAL**  
*POZOS NO OPTIMIZADOS - LAGUNITOS*



**ANEXO XV. COSTO REAL DE PERFORACION**  
**POZOS OPTIMIZADOS - SILLA**



**ANEXO XVI. DISTRIBUCION DE COSTO REAL  
POZOS OPTIMIZADOS - SILLA**



HOJA DE CONTROL DEL MATERIAL PRESENTADO A Comité Asesor Exploración Producción

ASUNTO Perforar y completar Pozo 7796 Silla		ACCION SOLICITADA Revisión y Endose	
PREPARADO POR Departamento de Geología		FECHA DE REVISION SOLICITADA 01-03-91	
<input type="checkbox"/> CAPITAL	<input checked="" type="checkbox"/> API ORIGINAL	<input type="checkbox"/> API REVISADO	<input type="checkbox"/> GASTO
			<input type="checkbox"/> MAYOR GASTO
			<input type="checkbox"/> MENOR GASTO
MONTO SOLES I/m. 137,415.58		MATERIAL ADJUNTO <input checked="" type="checkbox"/> SI	
		<input type="checkbox"/> NO	
REVISADO POR		SE RECOMIENA ASISTENCIA DE:	
DEPARTAMENTO	FIRMA		
Geología	Original Firmado por: <del>ELISEO SANCHEZ MATOS</del>	J. Kuang	
Ingeniería de Petróleo	<del>SANTOS SANCHEZ BOGA</del>	A. Campos	

Original Firmado por:  
**ANGEL REJAS CH**

FIRMA  
Gerente Departamento de Geología

PARA USO DEL COMITE SOLAMENTE

FECHA DE RECEPCION	FECHA REVISADA	NUMERO DE ARCHIVO
DISPOSICION	FECHAS PARA DISPOSICION ADICIONAL	FECHA DE APROBACION POR GERENCIA

# RECOMENDACION DE POZO Nº 7796

PROPIEDAD ARBA TALARA	YACIMIENTO SILLA	MILLA/Km2 1-S-8	PROFUNDIDAD 2750'	TIPO Desarrollo	TIEM. PERP. 6 Días
--------------------------	---------------------	--------------------	----------------------	--------------------	-----------------------

## OBJETIVO DE RESERVORIO

OBJETIVO	ESPESOR TOTAL	ESP. NETO PROSPECT.	ESPACIAM.	RESERVAS ESPERADAS		
				MINIMAS	PROBABLES	MAXIMAS
PRIMARIO Verdún	990'	100'	15 acres	10		30
SECUNDARIO					40	
TOTAL DE RESERVAS ESPERADAS Mlbs.				10		30
					40	

## FACTORES ECONOMICOS PREFIJADOS

TASA DE RETORNO DEL CAPITAL	VALOR PRESENTE AL 20%	VALOR PRESENTE AL 20% POR DIA DEPERF.
-----------------------------	-----------------------	---------------------------------------

## FACTORES DE EXITO

ESTRUCTURAL	95%	ESTRATIGRAFICO:	95%	FLUIDO	85%
-------------	-----	-----------------	-----	--------	-----

SUMARIO Recomendamos perforar la ubicación de Desarrollo 7796, en el Yacimiento Silla, hasta la profundidad de 2700', para obtener producción comercial de crudo HCT de la Formación Verdún como único objetivo.

La Ubicación 7796 se ha localizado a 3 acres de espaciamiento del pozo 3999, el mismo que no fue completado la Fm. Verdún.

Las reservas se han estimado mediante la evaluación de los pozos vecinos.

Se solicita al CASESOR la revisión y endose de este proyecto.

### INFORMACION BASICA

Los pozos se perforaron en el Yacimiento Silla, en la década 40-50 lo hacían exclusivamente buscando el reservorio Pariñas. Sólo cuando estaba ausente y/o severamente fallado al Pariñas, se completaba la Formación Verdún, tal es el caso de los pozos 3999 y 4878, que habiendo atravesado las Formaciones Pariñas y Verdún, sólo fue completado la Formación Pariñas.

Teniendo en cuenta la producción económica del reservorio Verdún se recomienda la perforación de pozos cuyos vecinos muestran buenos desarrollados de areniscas.

El pozo 7796 penetrará en el bloque estructural de la Fm. Verdún limitado por las fallas "G" - "M" - "N" - "P" que se muestran en el plano estructural adjunto.

En el Yacimiento Silla sólo 7 pozos fueron probados a producción por Verdún 5774-3455-3889-4088-5049-3922 y 6311; estos presentan los siguientes acumulados; 214,600 bls. - 174,650 bls. - 22,931 bls. - 24,460 bls. - 39,420 bls. - 50,650 bls., 19,867 bls. de crudo respectivamente.

El pozo 7768 situado al Norte de la ubicación 7796 fue perforado en enero de 1991 gemelo al pozo 3798, se encuentra actualmente en prueba de producción reportándose un caudal de 249 x 1 x ST (19.2.91), neto de la fm. Verdún.

Los pozos 3927 - 3981 y 3782 recientemente reacondicionados, en la Fm. Verdún se le asignaron RPR's: 41x1xPU (13.9.90); 56x0xST (28.9.90) y 60x1xST (6.9.90) de crudo respectivamente.

Los niveles de contacto gas-petróleo y petróleo-agua no han sido determinados en el Yac. Silla por lo tanto en el bloque que penetrara el pozo 7796, se infiere que no se presentarán problemas de fluido.

El éxito en la producción del pozo 7796 permitirá continuar con el desarrollo del Yac. Silla por el mismo objetivo PROGRAMACION. La ubicación 7796 está programada para ser perforada por el equipo 8.

DIV. EXPL. DESARROLLO COSTA	FECHA	DPTO. DE GEOLOGIA
-----------------------------	-------	-------------------



**ANEXO I**  
**PZO 7796 SILLA**

**A. PROGRAMA DE LODO**

INTERVALO (PIES)	TIPO DE LODO	PESO (LB/GL)	VISC. (SEG)	V.P.	V.P.	% SOL	ACE	FILTRADO (C.C.)
0-200	NATIVO	--	--	--	--	--	--	--
200-2700	LIGNOSULFONATO	9.0/9.5	36/40	16/20	14/16	MAX. 10	4/6	4/6

RECOMENDACIÓN: Controlar Reología.

**B. PROGRAMA DE FORROS**

FORROS	INTERV (PIES)	DIAMETRO (PULG.)	GRADO	PESO (LB/PIE)	ROSCA	CEMENTACION
SUPERFICIE	0-200	9 5/8	H-40	32.30	S.T.C.	A. Superficie
PRODUCCION	0-2700	5 1/2	J-55	15.50	S.T.C.	A. Superficie Utilizar dos mezclas de cemento al 25% y 8% de bentonita.

**C. TOTAL BROCAS**

9 5/8" X 5 1/2" X 2 3/8" (i JI, i J-ii)

**D. CABEZAL**

9 5/8" x 5 1/2" x 2 3/8" X 3,000 psi.

**E. OBSERVACIONES**

Tiempo total para DMA, Perforación y Completación: 6 días.

## ESTIMADOS DE COSTOS DE COMPLETACION

POZO:	7796	YACIMIENTO:		SILLA
OBJETIVO:	PRIMARIO	FORMACIONES:		VERDUN
PRESION PROM. CABEZA	2468	PRESION MAX. CABEZAL		3000
CABEZAL:	9 5/8" x 5 1/2" x 2 3/8" x 3000 psi	PRES. MAX. TRATAMIENTO:		3000

### 1.- PUNZONAMIENTO

Nº etapas	3	
Cargo, base y pluma	1802	
Eq. Control presión (-5000 psi)	221	
Inyector de grasa	467	
Trabajo bajo presión	640	
Disparos	4310	
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>\$ 7,440</b>

### 2.- FRACTURAMIENTO

Por potencia requerida	6856	
Mezclador	1037	
Registrador de presión	855	
750 sacos de arena	19500	
Ton. milla	486	
Manipuleo	1433	
Por Gal. mezclados	0	
Por Gal. bombeados	6237	
Millaje	227	
Por Hrs. exactas	0	
Exceso de presión	0	
Fluido Fracturante	0	
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>\$ 36,629</b>

### 3.- PRUEBAS ESPECIALES

A)	0	
B)	0	
C)	0	
<b>SUB-TOTAL</b>		

### 4.- SERVICIO DE POZOS

29 Hrs.	90 \$/hr	
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>\$ 2,610</b>

### 5.- OTROS SERVICIOS

A)	0	
B)	0	
C)	0	
<b>SUB-TOTAL</b>		<b>0</b>
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 46,679</b>

### 6.- COMENTARIOS

TOPE DE CEMENTO A SUPERFICIE

**DPTO. INGENIERIA DE PETROLEO - DIVISION PRODUCCION  
ESTIMADO PARA TRABAJOS DE ESTIMULACION**

POZO

7796

YACIMIENTO: SILLA

CUADRICULA 1S-8

OBJETIVO PRIMARIO

Formación	VERDUN
Profundidad	2680-1690
Trabajos de punzonamiento	3
Densidad de disparos/etapa	20
Etapas de fracturamiento	3
Fluido fracturante	CRUDO
Presión Máx. en el fondo (psi)	3520
Rate de bombeo promedio (BPM)	30
Potencia requerida (HHP)	1814
Vol. fluido frac/etapa (gals)	16900
Costo fluido frac.	
Arena requerida /etapa (sx)	250
Otros aditivos/etapa	

Longitud de fractura (ft)

Ancho de fractura (in)

Incremento del PI

OBSERVACIONES:

Gradiente de fractura estimada en base a los trabajos en el área: VERDUN 0.8 PSI/PIE.

Gradiente del fluido fracturante. (CRUDO HCT) 0.36 psi/ft;

Caída de presión por fricción en Csg. 5 1/2" = 16 psi/pie a 30 BPM

PREPARADO POR:

REVISADO POR.

ESTIMADO DE RESERVAS

UBICACION            7796

Profundidad Final        2700'

OBJETIVOS            Primarios : Verdún

POZOS VECINOS ANALIZADOS : Producción a Diciembre 1990

Pozo	Acumulada			Actual					Recup. Final (MBls.)		
	Pet. MBls.	Agua MBls.	Gas MMSCF	Pet. Bls.	Agua Bls.	Gas MMSCF	GOR SCF/Bl.	Bean	Arenas en Prod.	Fm. Verdún (*)	Total
5049	39.4	0.1	92.2	Cerrado	Feb.88	(16x0xSUABxNR - 1d)			Verdún	40	40
3455	174.7	1.3	193.8	3	1	34	13,500	UB	Verdún	175	175
6311	20.1	1.6	6.9	10	5	NR	NR	UB	Verdún	24	24
3889	22.9	NR	3.5	Cerrado	Jun.60	(2x0xUBx2594 - 15d)			Verdún	23	23
5774	14.7	2.4	16.5	Cerrado	Set.90	(5x3xUBxNR - 10d)			Verdún	15	15
3782	993.8	441.8	675.2	13	19	NR	NR	UB	Pariñas-Verdún	20	1010
3927	637.8	33.3	517.5	23	2	NR	NR	UB	Pariñas-Verdún	15	650
3922	50.9	0.9	22.2	Cerrado	Oct.90	(2x1xUBx636 - 11d)			Verdún	51	51
4038	24.5	NR	15.8	Cerrado	May.62	(4x0xUBx2800 - 16d)			Verdún	25	25

(\*) Estimado en base a pruebas iniciales de producción.

PARAMETROS DE RESERVORIOS

Formación	Ø	Sw	Boi (Bls/STB)	GPI (Psi/ft)
Verdún	Ø.12 - 0.15	0.40 - 0.50	1.15	0.42

OBSERVACIONES

- 1.- Para el Estimado de Reservas se ha tomado en cuenta la Recuperación Final de Petróleo de los pozos vecinos al proyecto, características de las arenas reservorio mostradas en los Registros Eléctricos y factores de riesgo involucrados.
- 2.- Las Reservas Recuperables son función directa del cumplimiento de la Interpretación Geológica.
- 3.- La Gradiente de Presión ha sido obtenida de últimas pruebas BHP realizadas en el área.

PROYECTO LAGUNITOS NORTE  
RECOMENDACION PARA PERFORAR LA UBICACION 7796  
YACIMIENTO SILLA - LAGUNITOS NORTE

1. RESUMEN

Recomendamos perforar la Ubicación de Desarrollo 7796, en el Yacimiento Silla para obtener producción comercial de crudo HCT de la Fm. Verdún como único objetivo.

La ubicación 7796, se ha localizado a 3 acres de espaciamiento del pozo 3999, el mismo que no fue completado en la Fm. Verdún.

Los pozos que se perforaron en el Yacimiento Silla en la década 40-50, lo hacían exclusivamente buscando el reservorio Pariñas, sólo cuando éste estaba ausente o cuando el Pariñas estaba severamente fallado (no completable), se completaba el Verdún.

Teniendo en cuenta la producción económica del reservorio Verdún; se recomienda la perforación de aquellos pozos cuyos vecinos muestran buenos desarrollos de areniscas.

El pozo 7796 penetrará en el bloque estructural de los pozos 3999 y 4878 limitado por las fallas "G" - "M" - "N" y "P", que se muestran en el plano estructural adjunto.

En el Yacimiento Silla sólo 7 pozos fueron probados a producción por el reservorio Verdún: 5774, 3889, 4038, 5049, 3922 y 6311; éstos han acumulado: 14,600 bls.,

174, 650 bls., 22,931 bls., 24,460 bls., 39420 bls., 50,650 bls, y 19,867 bls. de crudo respectivamente.

El pozo 7768, situado al Norte de la ubicación 7796, fue perforado en enero 1991 gemelo al pozo 3798, se encuentra actualmente en prueba de producción reportándose un caudal de 249 x ST (19.2.91) neto de la Fm. Verdún.

Los pozos 3927 - 3931 y 3782 recientemente reacondicionados en la Fm. Verdún se les asignaron RPR's: 41 x 1 x PU (13.9.90); 56x0xST (28.9.90) y 60x1xST (6.9.90) de crudo respectivamente.

Los niveles de contacto gas-petróleo y petróleo-agua no han sido determinados en el Yacimiento Silla.

## 2. SITUACION GEOGRAFICA

La Ubicación 7796 se encuentra situada a 430', al Sur 31 grados Oeste del Pozo 4878 y le corresponden las siguientes coordenadas de superficie:

Cuadrícula : 18-8  
- Norte : 1800'  
- Este : 1040'  
Elevación : 100'

## 3. ESTRATIGRAFIA

FORMACION	INTERVALO		ESPESOR
Mirador Chira	0'	1690'	1690'
Verdún	1690'	8680'	990'
Talara	2680'	2700'	20'
P.F.	2700'		

#### 4. ESTRUCTURA

La ubicación 7796 está localizada en el bloque estructural que se muestran en el Mapa de Contornos Estructurales a líneas rectas, que se adjunta.

Las fallas que limitan el bloque del Verdún tienen el siguiente control:

FALLA	SEPARACION VERTICAL	BUZAMIENTO	POZOS DE CONTROL
"G"	± 200'	45°	3756 - 3782 - 3757 -3927
"M"	± 300'	50°	5049 - 4002
"M"	± 200'	50°	3345 - 6120A
"F"	± 200'	50«	3389 - 3924

#### 5. PRODUCCION

Como nota referencial, ya el comportamiento productivo de los pozos cercanos a la Ubicación

POZO	COMPLETACION	RPI	FORMACION	PROD. ACUM. (M. B1s. )
3455	11.12.44	10x0xPU	Verdún	174.6 (03.90)
3869	06.04.49	27x0xPU	Verdún	23.9 (06.60)
4038	12.08.49	8x0xPU	Verdún	24.5 (05.62)
5049	24.05.61	104x0xPU	Verdún	69.4 (08.88)
6311	06.12.41	62x6xPU	Verdún	19.8 (03.90)
5922	20.10.48	8x0xPU	Verdún	50.6 (03.90)
5774	26.12.75	45x0xSF	Verdún	14.6 (03.90)

## 5. DISTRIBUCION DE FLUIDOS

Los niveles de contacto gas-petróleo y petróleo-agua no han sido determinados en el Yacimiento Silla por lo tanto en el bloque que penetrará el pozo 7796, se infiere que no se presentarán problemas en cuanto a fluidos.

## 6. CONCLUSION

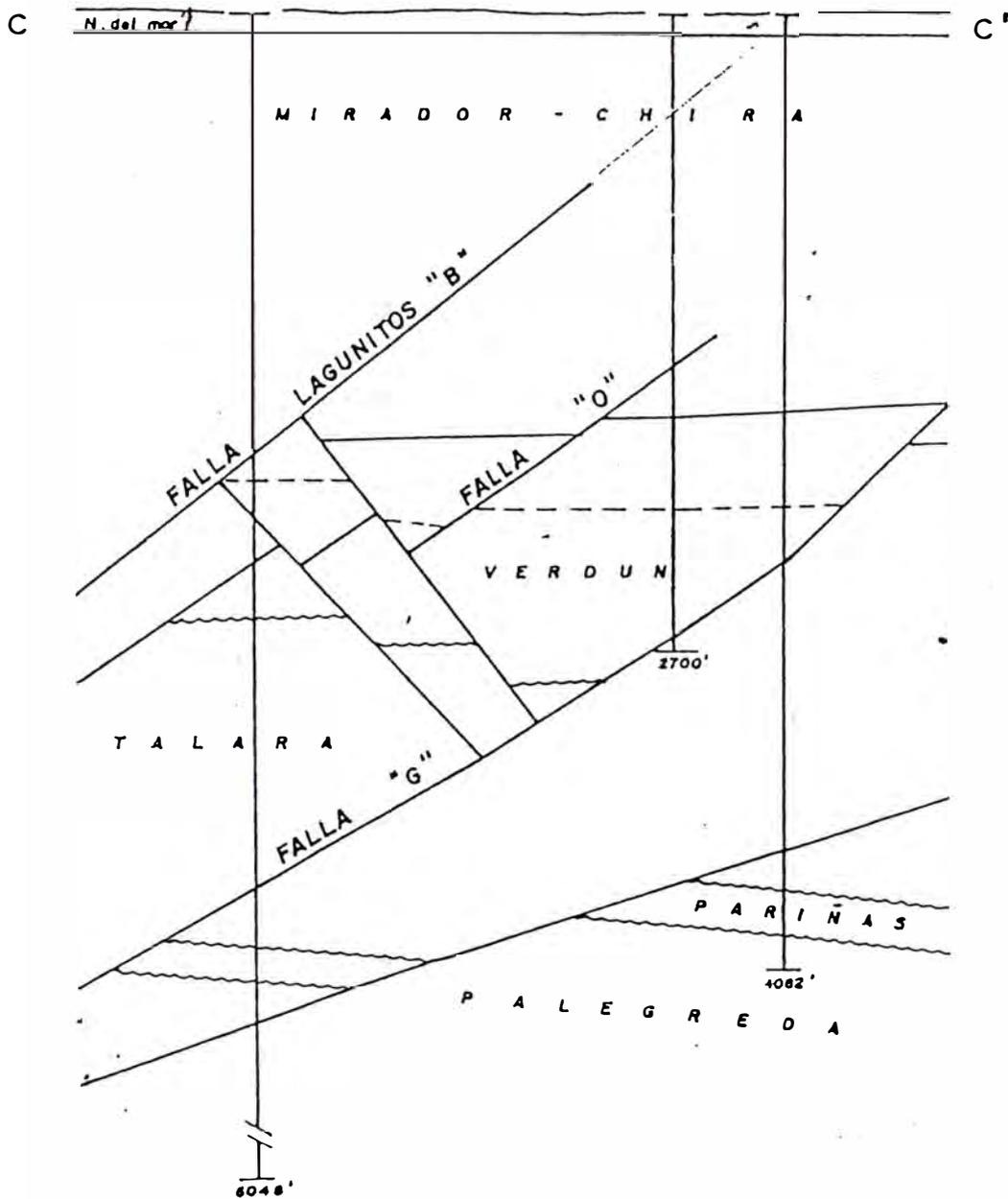
Recomendamos perforar la ubicación de Desarrollo 7796 hasta la profundidad de 2700', para obtener producción comercial de petróleo del reservorio Verdún.

Ing. Geólogo Div. Exploración  
Desarrollo Costa

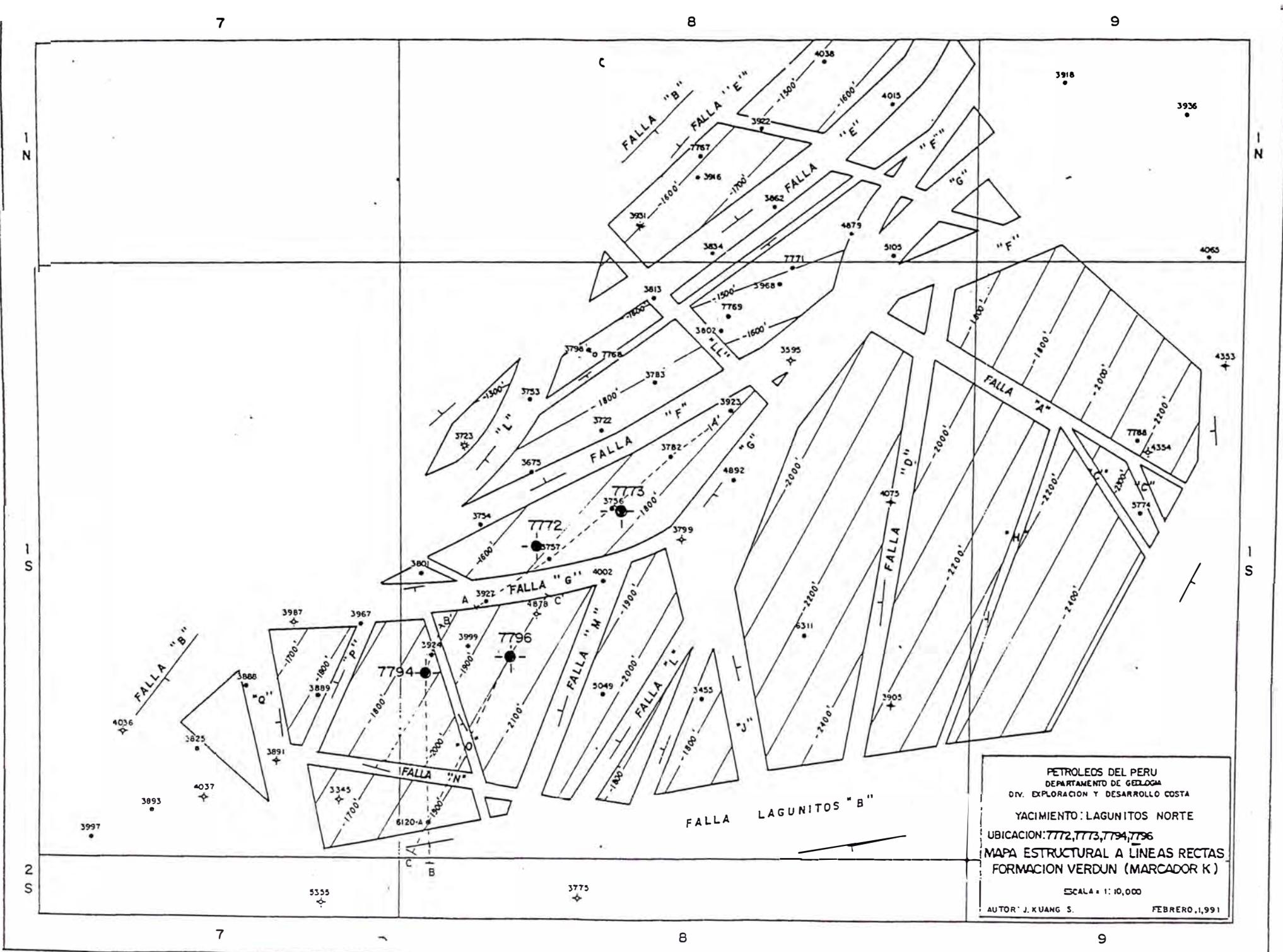
Jefe Div. Exploración  
Desarrollo Costa

6120 - A

7796 4878



PETROLEOS DEL PERU  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
DIV. EXPLORACION DESARROLLO COSTA  
YACIMIENTO : SILLA  
UBICACION POZO Nº 7796  
SECCION ESTRUCTURAL C - C'  
ESCALA = 1 : 10,000  
AUTOR : J. KUANG S. FEB. 1, 1991



PETROLEOS DEL PERU  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
 DIV. EXPLORACION Y DESARROLLO COSTA  
 YACIMIENTO: LAGUNITOS NORTE  
 UBICACION: 7772, 7773, 7794, 7796  
 MAPA ESTRUCTURAL A LINEAS RECTAS  
 FORMACION VERDUN (MARCADOR K)  
 ESCALA = 1:10,000  
 AUTOR: J. KUANG S. FEBRERO, 1991

EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS DE PERFORACION

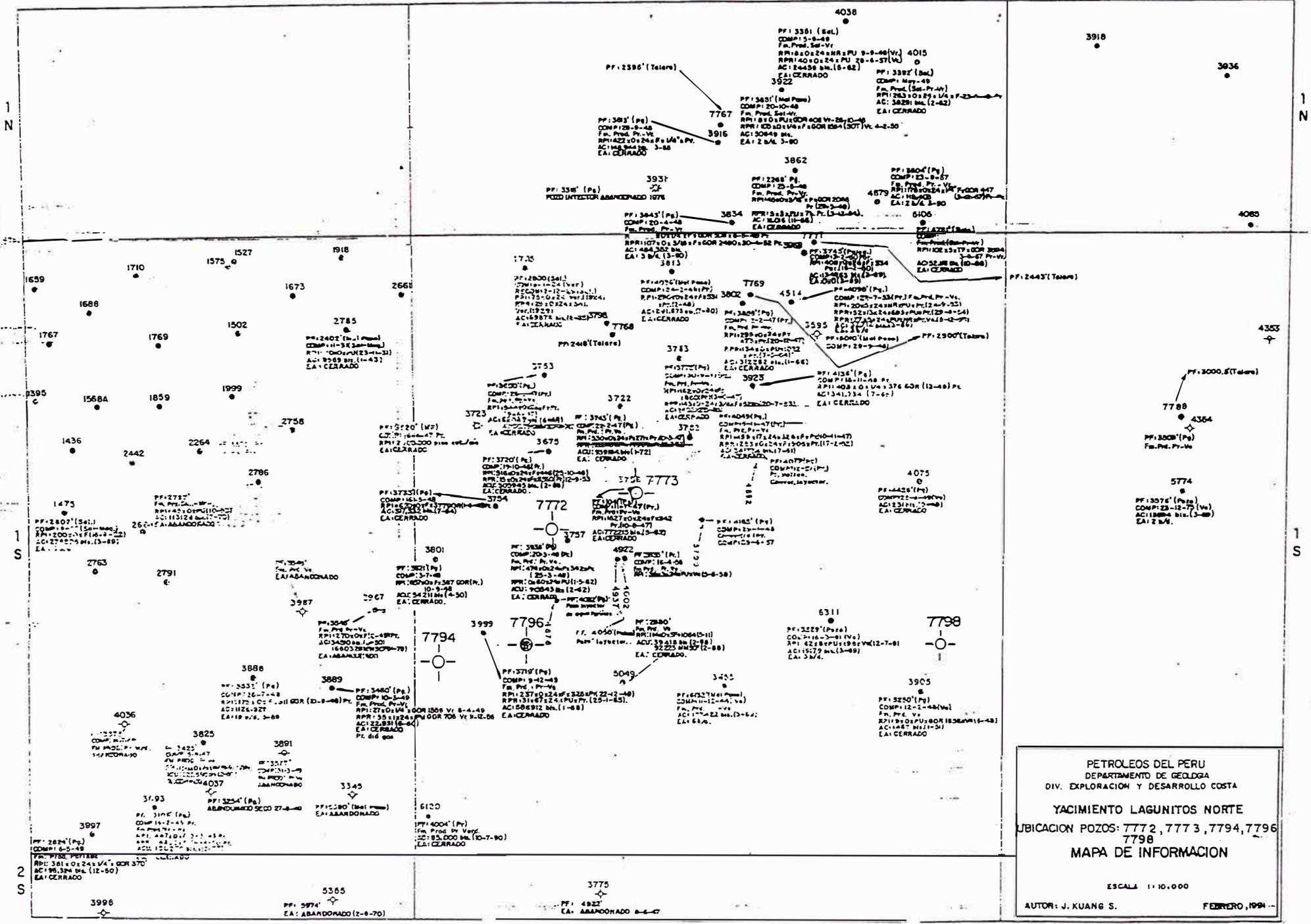
NOMBRE: EDUARDO HARTLEY

FECHA: 27-Feb-91

DATOS DEL POZO		PARAMETROS		INVERSIONES (M\$)			RESULTADOS		
				INTANGIBLE	TANGIBLE	TOTAL			
PROPIEDAD:	NORDESTE	PRECIO DEL CRUDO (\$/BL)	21.94	PERFORACION Y COMPLETACION	174.14	37.27	211.41	VALOR ACTUAL NETO (M\$)	70.72
RESERVORIO	SILLA	GASTOS OPERATIVOS		POZO SECO	16.57		16.57	TASA INTERNA DE RETORNO (%)	41.45
POZO	7796	BASTO VARIABLE (\$/BL)	6.07	FACILIDADES DE PRODUCCION		36.50	36.50	PERIODO DE RECUPERO (AÑOS)	1.82
OBJETIVOS		BASTO FIJO (M\$/POZO-AGD)	4.95	BOMBEO ARTIFICIAL		33.00	33.00	INDICE DE VALOR ACTUAL	0.24
PRIMARIO		TASA IMPOSITIVA (%)	30	RECONDICIONAMIENTOS					
SECUNDARIO		TASA DE DESCUENTO (%)	20	PRIMER N.O.				TASA DE	
RESERVAS (MBSL)	30.00	POZO SECO (%)	5	SEGUNDO N.O.				DESCUENTO	V.A.N.
RESERVAS (MBSL)				TERCER N.O.				(%)	(M\$)
R.F.I. (RFD)									
PROFUNDIDAD (PIES)	2700			INVERSION TOTAL	184.71	106.77	291.48	0	220.6
DIAS DE PERFORACION	6			AGD INSTALACION BOMBA		1		15	93.5
EQUIPO	8			AGD PRIMER N.O.				20	70.6
				AGD SEGUNDO N.O.				30	31.7
				AGD TERCER N.O.				40	3.5
								50	-17.9
								60	-34.8
								70	-48.3
								100	-77.1

PRODUCCION

	OBJETIVOS			VALOR DE LA PRODUCCION	GASTOS DE OPERACION	DEPRECIACION		INGRESOS ANTES DE IMPUESTOS		INGRESOS DESPUES DE IMPUESTOS		FLUJO DE EFECTIVO INVERSION	FLUJO DE EFECTIVO ACTUALIZ.	EFECTIVO ACUMULADO ACTUALIZ.
	AGD PRIMARIO	SECUNDARIO	TOTAL			INTANGIBLES	TANGIBLES	IMPUESTOS	IMPUESTOS	IMPUESTOS	IMPUESTOS			
1	5.16		5.16	113.21	5.31	184.71	16.36	-95.18		-95.18	291.48	-183.58	-183.58	
2	5.04		5.04	176.40	5.51		26.61	142.27	14.13	128.14		156.76	130.63	-26.82
3	4.77		4.77	104.65	5.28		16.96	82.35	24.72	57.68		74.65	51.64	47.83
4	3.15		3.15	67.11	5.17		11.21	52.73	15.82	36.91		46.12	27.85	95.95
5	2.28		2.28	50.02	5.11		6.11	36.80	11.04	25.76		33.87	16.34	129.82
6	1.74		1.74	39.18	5.07		6.19	26.91	9.07	18.84		25.03	10.06	154.85
7	1.44		1.44	31.57	5.05		5.12	21.42	6.43	14.99		20.12	6.74	174.97
8	1.26		1.26	27.64	5.04		4.45	18.12	5.44	12.69		17.17	4.79	192.14
9	1.14		1.14	25.01	5.03		4.06	15.92	4.78	11.15		15.20	3.54	207.34
10	1.02		1.02	22.38	5.02		3.63	13.73	4.12	9.61		13.24	2.57	226.58
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
TOTAL	30.00		30.00	658.20	51.60	184.71	106.77	315.12	74.54	220.58	291.48	220.58	70.76	1013.06



PETROLEOS DEL PERU  
 DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA  
 DIV. EXPLORACION Y DESARROLLO COSTA

**YACIMIENTO LAGUNITOS NORTE**  
 UBICACION POZOS: 7772, 7773, 7794, 7796, 7798  
**MAPA DE INFORMACION**

ESCALA 1:10.000  
 AUTOR: J. KUANG S. FEBRERO, 1964