

27  
2ej.

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

---



---

PROYECTO PARA LA INSTALACION DE TUBERIAS  
DE REVESTIMIENTO Y CEMENTACION DE LAS  
MISMAS EN EL CAMPO BELLOTA, ZONA  
VILLAHERMOSA.

T E S I S  
Q U E P R E S E N T A:  
Rafael Rodríguez Monroy  
PARA OBTENER EL TITULO DE:  
I N G E N I E R O P E T R O L E R O

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

	PAGS.
INTRODUCCION	1
Cap. I. Objetivo del diseño de la tubería, de revestimiento.	5
- Tipos de tuberías de revestimiento.	5
- Grados de tuberías de revestimiento.	7
- Roscas y coples.	9
- Colapso.	9
- Presión interna.	10
- Factor de diseño.	10
- Diseño de columnas de tuberías de reves- timiento por el método de Youngstow.	12
- Descripción de la gráfica.	12
- Diseño de la T. R. 7 5/8 pgs. del pozo - Bellota 1-A.	14
- Comprobación gráfica por tensión y colap- so.	23
Cap. II. Cementos y Accesorios.	28
- Composición química del cemento	28
- Clasificación A.P.I. de cementos utiliza- dos en la cementación de pozos petrole- ros.	29
- Aditivos para dar características espe- ciales al cemento de acuerdo a las condi- ciones del pozo.	31

- Aceleradores de fraguado.	31
- Retardadores de fraguado.	31
- Reductores de peso.	32
- Aditivos para aumentar densidad.	32
- Controladores de pérdida de fluído.	33
- Reductores de fricción.	33
- Aditivos para pérdida de circulación.	33
- Tabla de aditivos utilizados en Villa Hermosa.	34
- Equipo, herramienta y accesorios utilizados en la cementación del pozo Bellota I-A.	35
- Zapata guía.	36
- Zapata flotadora.	37
- Zapata flotadora tipo "V".	37
- Cople flotador.	37
- Cople diferencial.	38
- Cople de retención.	38
- Cople flotador de orificio.	38
- Cople de cementación multiple.	39
- Colgador mecánico.	39
- Herramienta conectora "TIE BACK".	40
- Receptaculo pulido.	40
- Unión giratoria.	40
- Programa de combinación de dispositivos	

---

para el equipo de flotación, utilizados en Villahermosa.	41
- Accesorios secundarios	43
- Centrales.	43
- Raspadores.	44
- Tapones de cementación.	45
- Equipo de alta presión.	46
- Cabezas de cementación.	48
Cap. III. Diseño de la lechada para cementar una-	
TR. de 7 5/8 pgs.	56
- Normas o criterios del diseño.	56
- Procedimiento para diseñar la lechada de cemento.	59
- Diseño de la lechada de cemento para la- T.R. corta 7 5/8 pgs., pozo Bellota I-A-	60
- Diseño de la lechada de cemento para el- complemento de tubería 7 5/8 pgs.	66
- Cálculo del flujo con el cual se programa la cementación.	67
- Procedimiento para obtener el tiempo de- desplazamiento de la lechada de cemento.	72
- Distribución de los diferentes tipos de- Tuberías de revestimiento y diseños de - cemento utilizados en el pozo Bellota I-A.	76
- Condiciones del fluido de perforación.	80

---

Cap. IV. Análisis de Costos	82
- De las tuberías de revestimiento utilizadas en la cementación del pozo <u>Be</u> llota I-A.	83
- De los accesorios utilizados.	85
- De los cementos empleados.	88
- De los aditivos utilizados en el cemento.	89
- Analisis de costos en un pozo proyecto - para el campo Bellota I-A.	92
- De las tuberías de revestimiento.	92
- De los accesorios.	94
- De los cementos.	94
- De los aditivos.	95
Conclusión	99
Apéndice A.	101
Bibliografía.	104

## INTRODUCCION

El problema de roturas en la tuberías de revestimiento del área de Villahermosa afecta los costos de operación y a mediano o largo plazo la adecuada explotación de los yacimientos.

De la observación y análisis estadístico de obstrucciones en tuberías de revestimiento, se nota una alta incidencia de casos, a la profundidad de la formación lutífica anormalmente geopresionada, del campo Bermudez, en Cactus, en Nispero y últimamente en pozos del área Cárdenas - Huimanguillo.

Como respuesta, el objetivo de este trabajo es el de demostrar, la importancia que representa los trabajos de diseño de tuberías de revestimiento, así como la cementación de las mismas, en la perforación y terminación de pozos petroleros.

Su enfoque se basa en datos de el pozo exploratorio Bellota 1-A, los que servirán para el desarrollo del campo --llevará por nombre "Bellota!"

El pozo se encuentra situada en el municipio de Cunduacán de la Zona de Villahermosa Tabasco, localizado a 560.0 m., al S 41° 30' W del pozo Guineo 1, del mismo municipio--sus coordenadas en el sistema punta gorda son:

$$X = 94032.33 \text{ m.}$$

$y = -12817.00 \text{ m.}$

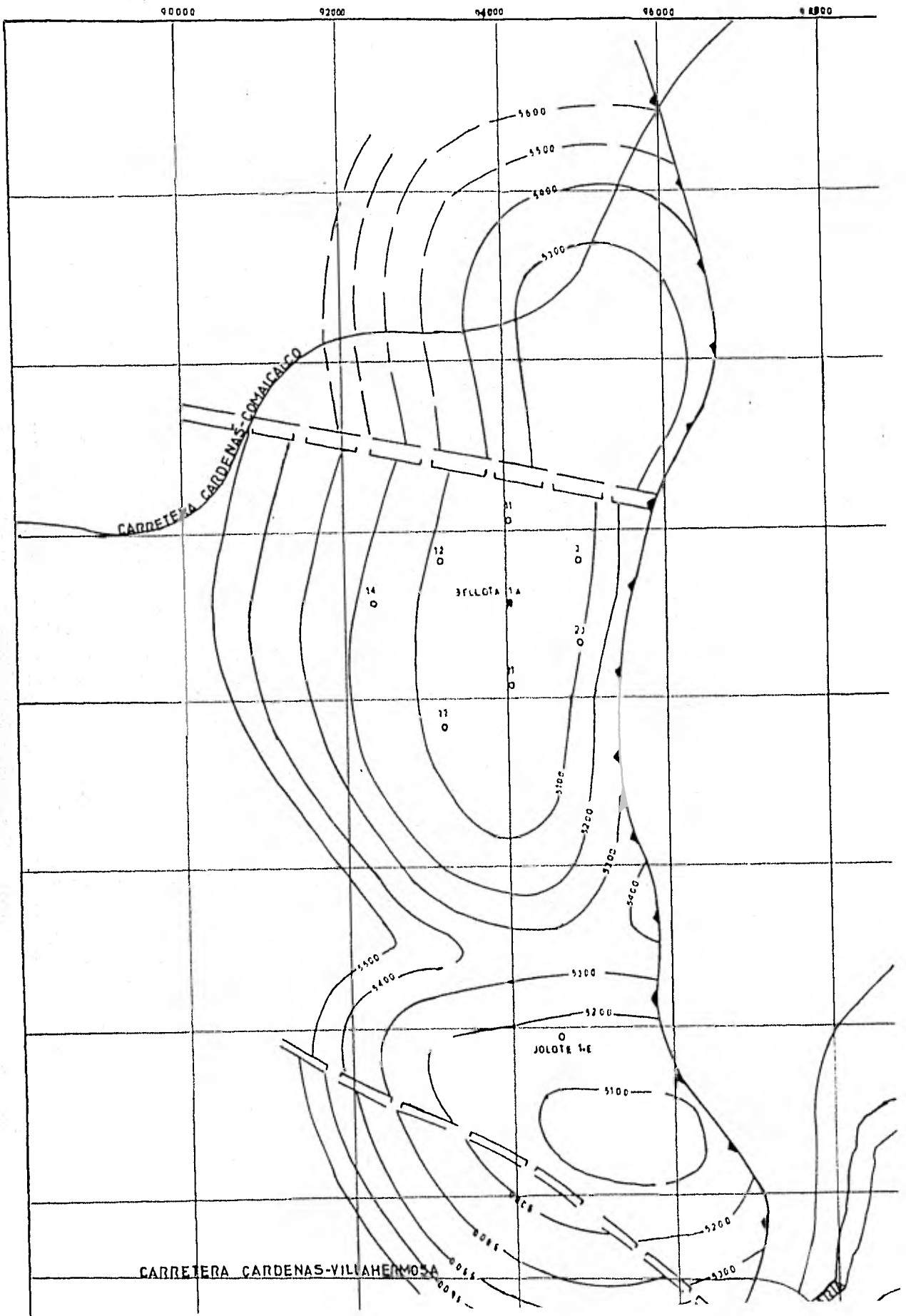
Su vía de acceso es a 2.5 Km., del puente Samaria, sobre la carretera Villahermosa - Cárdenas. Este pozo se ubica - en la zona culminante de un anticlinal, truncado por una falla normal perpendicular a su eje, ver como referencia el plano estructural del campo.

Las formaciones geológicas encontradas durante la perforación de este pozo son las siguientes:

<u>Formación</u>	<u>Profundidad (m.)</u>
Paraje solo.....	Aflora.
Filisola.....	2270.00
Concepción superior.....	2500.00
Concepción inferior.....	2950.00
Oligoceno.....	3132.00
Eoceno.....	3302.00
Palaoceno.....	4435.00
Cretácico Méndez.....	4633.00
Cretácico San Felipe.....	4801.00
Cretácico Agua Nueva.....	4905.00
Cretácico Medio.....	4960.00
Cretácico Inferior.....	5227.00
Jurásico.....	5557.00
Profundidad Total.....	5809.00



El objetivo principal de este pozo, fue encontrar -  
acumulación comercial de hidrocarburos, en las rocas carbona-  
tadas del Cretácico, que son productoras en los campos Cac--  
tus, Sitio grande y Paredón, así como en las arenas del Mio-  
ceno que producen en el campo Tintal. Cumpliendo con el obje-  
tivo de producir en las rocas carbonatadas del Cretácico In-  
ferior.



CAPITULO IOBJETIVO DEL DISEÑO DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

Conforme la perforación de un pozo avanza en necesario ademar la pared del agujero mediante de tuberías de revestimiento (T.R.), la T.R. en conjunto con el cemento tiene las siguientes funciones:

- Evita el derrumbe del agujero.
- Proporciona un medio para controlar la presión.
- Confina la producción al intervalo disparado.
- Aisla el agua de la formación productora.
- Facilita la instalación del equipo superficial requerido, si llegan a ser necesarios métodos artificiales de producción en el pozo.

Existen cinco tipos de tuberías de revestimiento, -- las cuales pueden o no requerirse, durante la perforación y -- terminación de un pozo.

- Tubería Conductora.- Su función es la de permitir la circulación de el lodo de perforación, mientras se cementa la tubería superficial, aísla acuíferos y formaciones poco -- consolidadas someras, se cementa entre 30 y 50 m.

- Tubería Superficial.- Se utiliza para sellar intervalos problema del agujero, proporciona soporte a la cabeza-- del pozo, y en esta tubería se colocan los dispositivos de --

prevención. Sirve de soporte para las demás tuberías, se cementa de la superficie a la profundidad entre 900 y 1200 m.

- Tubería Intermedia.- Normalmente se coloca para aislar zonas geopresionadas, las cuales pueden ser presiones de formación anormalmente bajas o altas, en este pozo se cementó a la profundidad de 3082.0 m. pero normalmente en toda la zona de Villahermosa se cementa entre el rango de 3500.0m. Esta tubería se cementa por lo regular en dos etapas, aunque en la fecha actual se esta experimentando hacerla en tres etapas.

- Tubería de Explotación.- Su función es la de aislar los fluídos de las zonas productoras, esta tubería en la zona de Villahermosa cuando se cementa a grandes profundidades se hace primero como tubería corta y después se cementa su complemento hasta la superficie en este pozo se cementó a la profundidad de 4808.0 m.

- Tubería Corta.- Su función es la de aislar las formaciones impregnadas de hidrocarburos, la introducción de esta se debe a problemas en la explotación en el agujero descubierto, incapacidad del equipo para terminar con la tubería de explotación.

Las tuberías de revestimiento de acuerdo a sus propiedades se clasifican como sigue:

- 1.- Diámetro exterior.
- 2.- Peso por unidad de longitud.
- 3.- Grado del acero.
- 4.- Tipo de junta.
- 5.- Longitud o Rango.

Para propósitos de diseño, una sección de la sarta - se define como la longitud continua del mismo grado, peso y - tipo de junta. Una sarta que consiste de más de una sección - se le llama combinada.

Una TR., en un pozo está sujeta a tres fuerzas principales:

- a) Presión Externa.
- b) Presión Interna.
- c) Carga Axial o Longitudinal.

La presión externa tiende a colapsar a la TR., la -- presión interna tiende a reventar o estallar a la T.R., la -- carga axial tiene dos efectos; separar o romper la TR., y reduce la resistencia al colapso.

#### GRADOS.

Los grados de la TR. están basados en la mínima resistencia a la cedencia.

El A.P.I. acepta los siguientes grados de tuberías.

<u>GRADO DE T.R.</u>	<u>RESISTENCIA MINIMA A LA CEDENCIA-</u> <u>(Ib/pg<sup>2</sup>).</u>
F-25	25000

H-40	40000
J-55	55000
C-75	75000
N-80	80000
C-95	95000
P-110	110000
V-150	150000

La resistencia a la cedencia se define como el esfuerzo de tensión requerida para producir una elongación permanente.

DIMENSIONES.

Las TRs., se designan por el rango de longitud en el que quedan comprendidas.

Las especificaciones 5-A del A.P.I., establecen tres rangos con sus correspondientes tolerancias.

<u>RANGOS</u>	<u>LONGITUD (m.)</u>
1	4.80 - 7.60
2	7.60 - 10.40
3	mayor de 10.40

Las TR., se designan también por diámetro exterior y su peso nominal. La especificación 5-A del A.P.I., enlista 74 de TR., que varían desde 4 pgs., hasta 94 lb/pié.

### ROSCA Y COPLES.

Los coples son del mismo grado que el de la TR., y sus propiedades deberán ser iguales que la sección que une, los coples se clasifican en largos y cortos de acuerdo con la longitud de la cuerda de la TR., en que se va a usar. La especificación 5-A del A.P.I., dá las dimensiones de las roscas y los coples. Los coples que forman las juntas de las secciones superiores están en tensión debido al peso de la TR., suspendido debajo de ella, estas juntas deberán poseer suficiente resistencia a la ruptura o deformación bajo el esfuerzo axial a que está sujeta, por ello es muy importante la revisión de estas secciones para que en caso necesario, utilizar juntas de extremos planos o lisos o una junta Buttres que son juntas más resistentes a la tensión.

### COLAPSO.

La presión exterior en una TR., puede ser mayor que la interior debido a la presión del yacimiento o a la presión de la columna de fluido exterior a la TR., cuando esto sucede hay tendencia a colapsar la TR., si el colapso lleva a una deformación permanente, se dice que hay una falla plástica; por otro lado, si ocurre una deformación que no es permanente, se dice que hay una falla elástica.

La habilidad de la TR., para soportar la presión ex

terna, sin sufrir falla plástica o elástica, se llama resistencia al colapso.

La resistencia al colapso se ha investigado tanto -- teóricamente como experimentalmente, concluyéndose que está -- determinada por:

- La relación del diámetro exterior al espesor (D/T)
- Las características del material.
- La carga axial a la que al TR., esta sujeta.

#### PRESION INTERNA.

Durante la entrada de fluido de formación dentro de la TR., así como en las operaciones de cementación forzadas, cementaciones y estimulaciones, la TR., está sujeta a altas presiones. La presión interna dará como resultado una tendencia de la TR., al estallamiento.

La resistencia a la presión interna se calcula por medio de la ecuación de Barlow.

$$P.I. = \frac{1.75 Y_m T}{D}$$

$Y_m$  es la resistencia a la cedencia.

$T$  es el diámetro exterior.

#### FACTOR DE DISEÑO.

Debido a que el material de que es contruida la TR. tiene propiedades físicas que son determinadas estadística--



mente y que las propiedades de una longitud individual de TR., puede desviarse considerablemente del promedio estadístico -- que se a introducido al concepto de factor de diseño en cualquier problema de ingeniería, esta gobernado por cuatro consideraciones básicas:

1.- La realidad del dato de resistencia utilizado en el diseño.

2.- El grado de similitud entre las condiciones de servicio y las condiciones de prueba.

3.- La realidad del dato de la carga utilizada en el diseño.

4.- La consecuencia de la falla (posibilidades de peligro personal e incremento de los costos).

En el caso de diseño de las TRs., se utilizan las -- condiciones más drásticas posibles; en colapso se supone que la presión interior es cero, en presión interna se considera la presión exterior igual a cero y en tensión se desprecia -- la flotación, la cual resulta en una carga axial aproximada-- mente 12% mayor que la real, la pérdida económica en cualquiera de los casos es considerable.

Los factores de diseño para el colapso varían de --- 1.0 a 1.5, por lo que recomiendan un facot de sieño de 1.125.

Los factores de tensión para el cuerpo del tubo va--

rían de 1.60 a 1.80 y para la junta de 1.80 a 2.00.

Los factores de diseño para la presión interna varían de 1.0 a 1.75 con un promedio de 1.10 en la mayoría de los casos.

### DISEÑO DE COLUMNAS DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO

#### POR EL METODO GRAFICO DE YOUNGSTOWN.

#### DESCRIPCION DE LA GRAFICA.

La gráfica para cada una de las tuberías se compone - en realidad de dos gráficas ("A" la del lado y "B" la del lado izquierdo)..

La gráfica "A" contiene una serie de curvas compuestas por dos ramas inferior con pendiente menor y otra superior con pendiente mayor.

La rama inferior, nos representa el esfuerzo al colapso, afectado de la reducción a cargas longitudinales de tensión para diferentes pesos y grados de tuberías, de acuerdo con la teoría de la elasticidad de esfuerzos biaxiales.

La parte superior de las curvas, se conoce como las ramas de tensión y no son continuación de las otras (o de igual pendiente), ya que el punto superior de las mismas a cero presión, se obtiene reduciendo a  $\frac{2}{3}$  el valor del esfuerzo a la cedencia del cuerpo del tubo. (factor de seguridad 1.5).

En estas curvas se encuentran marcados los puntos -- L, S, X, B, que corresponden a cada uno de los tipos de juntas más conocidas; y su resistencia al esfuerzo de tensión, -- está afectado de un factor de seguridad de 1.8.

El significado para estos puntos son los siguientes:

L; Rosca 8 hilos rosca redonda cople largo.

S; Rosca 8 hilos rosca redonda cople corto.

X; Extremos planos.

B; Buttress.

Para conocer el peso de la tubería a medida que se -- avanza en el diseño, se hace uso de la escala situada en el -- margen inferior derecho denominada carga de tensión en miles -- de libras.

En el margen extremo derecho se encuentra la presión hidrostática del lodo en grs./cc.

La gráfica "B" representa, la variación de la pre--- sión debida al peso del lodo para las diferentes profundida-- des indicadas por las líneas diagonales.

Para conocer la presión hidrostática de cualquier -- lodo que varíe de 0.8 a 2.5 grs/cd. y cualquier profundidad-- que varíe de 0 a 7000 m., basta con trazar una línea horizon-- tal entre el punto de intersección de estas dos líneas, has-- ta la escala en el margen extremo derecho y ahí se leerá la --

presión hidrostática deseada.

Para diseñar una columna de ademe en donde se pueda conocer el peso de la tubería en cualquier etapa del diseño, se hace uso de rectas con pendientes variables.

Cuando la tubería de ademe se va a introducir sin tomar en cuenta la flotación, las rectas con pendientes variables se determinan por medio de dos puntos.

El primero se encuentra en la parte superior del lado izquierdo de la gráfica "A" y representa cada uno de los pesos de la tubería que se está diseñando. Además corresponde en forma gráfica al peso de 3048 m. (10000 pies) y el peso del lodo escogido para el diseño (línea programa).

Cuando se diseña tomando en cuenta la flotación por efecto de la densidad del lodo (sin tomar en cuenta el efecto del equipo de flotación) el punto "S" se encuentra trazando una línea horizontal desde la intersección de la línea de flotación hasta el eje.

DISEÑO DE LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO DE 7 5/8 pgs. DEL PO-

ZO BELLOTA 1 - A

Esta tubería se diseña como tubería corta y después se diseña su complemento hasta la superficie.

DATOS DEL POZO

Profundidad - 4808.0 m.

Lodo con densidad - 1.90 grs./cc.

Diámetro de la tubería = 7 5/8 pgs.

Factor a la tensión = 1.80.

Factor al colapso = 1.125.

Traslape de la tubería = 200.0 m.

Profundidad de la zápata 10 3/4 pgs. = 3080.0 m.

Por lo tanto la tubería corta quedará de la profundidad de 4808.0 m., a 2880.0 m.

- 1er. paso. Multiplicar el peso específico del lodo por el factor de seguridad de el colapso;

$$1.9 \times 1.125 = 2.137.$$

- 2do. paso. Se traza una línea vertical en la gráfica "B" con este valor, que será la línea programa del diseño, en este caso es 2.13.

- 3er. paso. Se localiza la intersección de la profundidad y la línea programa y se tiene un punto que denominamos "A". De este punto se traza una línea horizontal hasta el eje vertical izquierdo de la gráfica "A" con el objeto de saber cual es nuestra primer tubería del diseño, en este caso es la tubería V-150-39 lb/pié, punto C.

- 4to. paso. Sobre la misma línea programa se localiza

za el punto "B" que es la intersección de la línea programa y la profundidad de 3048.0m., trazando una línea horizontal de este punto al eje central que se encuentra entre las dos gráficas y se sitúa el punto "S", que nos sirve de base para las líneas de pendiente variable de nuestro diseño.

- 5to. paso. Sabiendo que la primer tubería del diseño por meter es V-150-39, con la escuadra se localiza la pendiente de la recta entre los puntos S y el de 39, situado en la parte superior de la gráfica "A".

Con la pendiente de la recta ya establecida, y a partir del punto c, se traza una paralela hasta donde se cruza una tubería con distinto peso, en este caso no la hay -- pues la única que cruza es la tubería P-110-39.

- 6to. paso. Una vez terminado el diseño, falta conocer las profundidades a las que va cada tipo de tubería. Para esto se trazan líneas horizontales a partir de los puntos donde se cruzan la pendiente con el diferente tipo de tubería, hasta la línea programa, tomando en cuenta también -- los puntos intermedios en donde se cruzan con las otras tuberías, que por ser del mismo peso no tuvieron cambio en la línea pendiente, sin embargo se toman en cuenta por ser de diferente grado.

- 7mo. paso. Ahora en las profundidades marcadas --

en la línea programa se procede al diseño, llenando la tabla del diseño de tuberías de revestimiento.

- 8vo. paso. Con este resultado se puede saber el peso de toda la columna de ademe, así como de cada una de las secciones que lo forman, para esto basta bajar únicamente líneas verticales desde los puntos donde se cortan las líneas diferentes tipos de tuberías y la línea pendiente, hasta la escala inferior que nos indica el peso de la TR., en miles de libras.

En este caso se tiene que de 4800 a 3000 m. se meterá tubería V-150-39, que tiene un peso de 235000 lbs, m y de 3000 a 2880 m., según el diseño se debe meter la tubería P-110-39, pero como son nada más 120 m., y la tubería se vende por cada 100 m., es muy poca, por lo tanto se meterá corrida desde 4800 m., tubería V-150-39 y tiene un peso de 255000 lbs.

Para calcular la presión al colapso que se va a tener en cada tipo de tubería que se va a introducir al pozo, sólo se tienen que trazar líneas horizontales de los puntos donde se cortan las líneas de los diferentes tipos de tubería y la línea pendiente, hasta el eje de la gráfica "A" donde dice presión (Kgs./cm<sup>2</sup>).

A la profundidad de 4808 m., se tiene una presión -

al colapso de 1025 Kgs/cm<sup>2</sup>, a la profundidad de 3000 m., una presión al colapso de 640 Kgs/cm<sup>2</sup>, y a la profundidad de 2880 m., una presión al colapso de 610 Kgs/cm<sup>2</sup>.

En las líneas de los diferentes tipos de tuberías, están marcados unos puntos que representan los diferentes tipos de juntas, ya descritos anteriormente, en el diseño de la profundidad de 4800 a 3000 m., se utiliza la junta Buttress cople normal y de 3000 a 2880 m., se utiliza la de 8 hilos cople largo.

En base a estos tipos de junta, se busca en la línea de la tubería V-150-39, el punto que representa el tipo de junta, en este caso la Buttress y de este punto se traza una línea vertical hasta el eje de la gráfica "A" que dice tensión en miles de libras y vemos que para este tipo de junta de la profundidad de 4800 a 3000 m., resisten a la tensión 940000 lbs.

De 3000 a 2880 m., con el punto de la junta 8 hilos cople largo, se tiene una resistencia a la tensión de 590000 lbs.

Comparando estos valores con el peso de la tubería a estas profundidades, nos damos cuenta que si resisten estos tipos de juntas.

Para calcular la resistencia al colapso, de la gráfi-



ca "A" lo máximo que resiste la tubería V-150-39, es 940 Kgs/cm<sup>2</sup>., y la presión al colapso a la profundidad de 4800 m., es de 1025 Kgs/cm<sup>2</sup>., por lo tanto la tubería a esta profundidad está teóricamente colapsada, (ver apéndice), pero como no existe otra tubería que resista más al colapso, se mete esta y después se trata de corregir las deficiencias de la tubería, cubriendo con otra tubería de menor diámetro que en este caso es una prolongación de la TR., corta de 5 pgs., llamado "STUB".

La resistencia al colapso para la profundidad de 3000 m., se obtiene en este diseño bajando una línea vertical del punto donde cruza la línea pendiente con la tubería P-110-39, hasta cruzar la línea de la tubería V-150-39, y de este punto se traza una línea horizontal hasta el margen derecho de la gráfica "A", en este caso la resistencia al colapso es de 870 Kgs/cm<sup>2</sup>., a esta profundidad tenemos una presión de 640 Kgs/cm<sup>2</sup>. y comparando los valores a esta profundidad, si resiste esta tubería.

Ahora la resistencia al colapso para la tubería P-110 39, a 3000 m se efectúa con el mismo procedimiento que para el caso anterior y se observa que resiste una presión al colapso de 685 Kgs/cm<sup>2</sup>, comparando con los 640 Kgs/cm<sup>2</sup>, que se tiene a esta profundidad se esta dentro de límites.

Y para la profundidad de 2880 ., con la tubería P----

110-39, está si resiste al colapso.

Por lo tanto se procede a llenar la tabla del diseño.

<u>PROF.</u>	<u>P. COL.</u>	<u>TR.</u>	<u>W</u>	<u>R.COL.</u>	<u>JUNTA</u>	<u>R.TEN.</u>
(m)	(Kgs/cm <sup>2</sup> )		(lbs)	(Kgs/cm <sup>2</sup> .)		(lbs)
4800	1025	V-150-39	0	940	BCN	940000
3000	640	V-150-39	235000	870	BCN	940000
3000	640	P-110-39	275000	685	L	590000
2880	610	P-110-39	255000	675	L	590000

Tomando en cuenta la existencia de tubería en el distrito, el diseño es el siguiente.

4800	1025	v-150-39	0	940	BCN	940000
2880	610	v-150-39	255000	675	BCN	940000

(Ver gráfica 1).

Ahora el diseño del complemento de tubería de 7 5/8 pgs para el pozo Bellota 1-A, es el siguiente:

DATOS DEL POZO.

Profundidad = 2880 m.

Densidad del lodo = 1.60 grs/cc.

Procediendo como en el caso de la tubería corta 7 5/8 pgs., se obtienen los siguientes resultados.

<u>PROF.</u>	<u>P. COL.</u>	<u>TR.</u>	<u>W</u>	<u>R. COL.</u>	<u>COPIE</u>	<u>R. TEN.</u>
(m)	(Kgs/cm <sup>2</sup> )		(lbs)	(Kgs/cm <sup>2</sup> )		(lbs).
2880	515	P-110-33.7	0	550	L	500000
2500	445	P-110-33.7	40000	535	L	500000
2500	445	N- 80-33.7	40000	450	L	375000
2360	420	N- 80-33.7	60000	440	L	375000
2360	420	C- 75-33.7	60000	425	L	350000
1900	335	C- 75-33.7	115000	400	L	350000
1900	335	P-110-29.7	115000	350	L	430000
1660	295	P-110-29.7	135000	320	L	430000
1660	295	N- 80-29.7	135000	300	L	320000
1550	280	N- 80-29.7	140000	290	L	320000
1550	280	C- 75-29.7	140000	280	L	300000
1000	190	C- 75-29.7	190000	270	L	300000
1000	190	N- 80-26.4	190000	180	L	275000
950	175	N- 80-26.4	195000	185	L	275000
950	175	C- 75-26.4	195000	175	L	350000
000	00	C- 75-26.4	280000	00	L	350000

Comparando los valores de el peso de la tubería y el de resistencia a la tensión todos los coples de las tuberías resisten el peso total de la tubería la cual se está diseñando.

Revisando la resistencia al colapso, se observa que-

las siguientes tuberías se encuentran casi en los límites de la resistencia al colapso y por lo tanto se tienen que cambiar por otro tipo de tubería que resista el colapso.

<u>TUBERIA DISEÑADA</u>	<u>CAMBIADA POR LA TUBERIA</u>
N-80-33.7	P-110-33.7
C-75-33.7	F-110-33.7
N-80-29.7	P-110-29.7
C-75-29.7	P-110-29.7
N-80-26.4	C-75-29.7
C-75-26.4	C-75-29.7

Resultando del diseño.

<u>PROF.</u>	<u>P.COL.</u>	<u>TR.</u>	<u>W</u>	<u>R.COL.</u>	<u>JUNTA</u>	<u>R.TEN.</u>
(m)	(Kgs/cm <sup>2</sup> )		(lbs)	(Kgs/cm <sup>2</sup> )		(lbs)
2880	515	P-110-33.7	0	550	L	500000
1900	335	P-110-33.7	115000	520	L	500000
1900	335	P-110-29.7	115000	350	L	430000
1000	180	P-110-29.7	190000	325	L	430000
1000	180	C- 75-29.7	190000	260	L	300000
0	0	C- 75-29.7	280000	235	L	350000

Este sería el diseño ideal complemento de tubería -- de revestimiento 7 5/8 pgs., pero lo adaptaremos a la existencia de la tubería existente en el distrito.

2880	515	P-110-39	0	775	L	590000
1900	335	P-110-39	1150000	735	L	590000
1900	335	P-110-33.7	1150000	515	L	500000
1000	180	P-110-33.7	1900000	490	L	500000
1000	180	C- 75-39	1900000	505	L	415000
0	0	C- 75-39	2800000	450	L	414000

(Ver gráfica 2).

Es conveniente efectuar una comprobación gráfica del diseño efectuado como sigue: Se dibuja una escala vertical y dos escalas horizontales una de presiones y una de tensiones.

Se analiza primero el colapso:

Se obtiene la presión hidrostática afectada por el factor de seguridad al colapso con la siguiente ecuación.

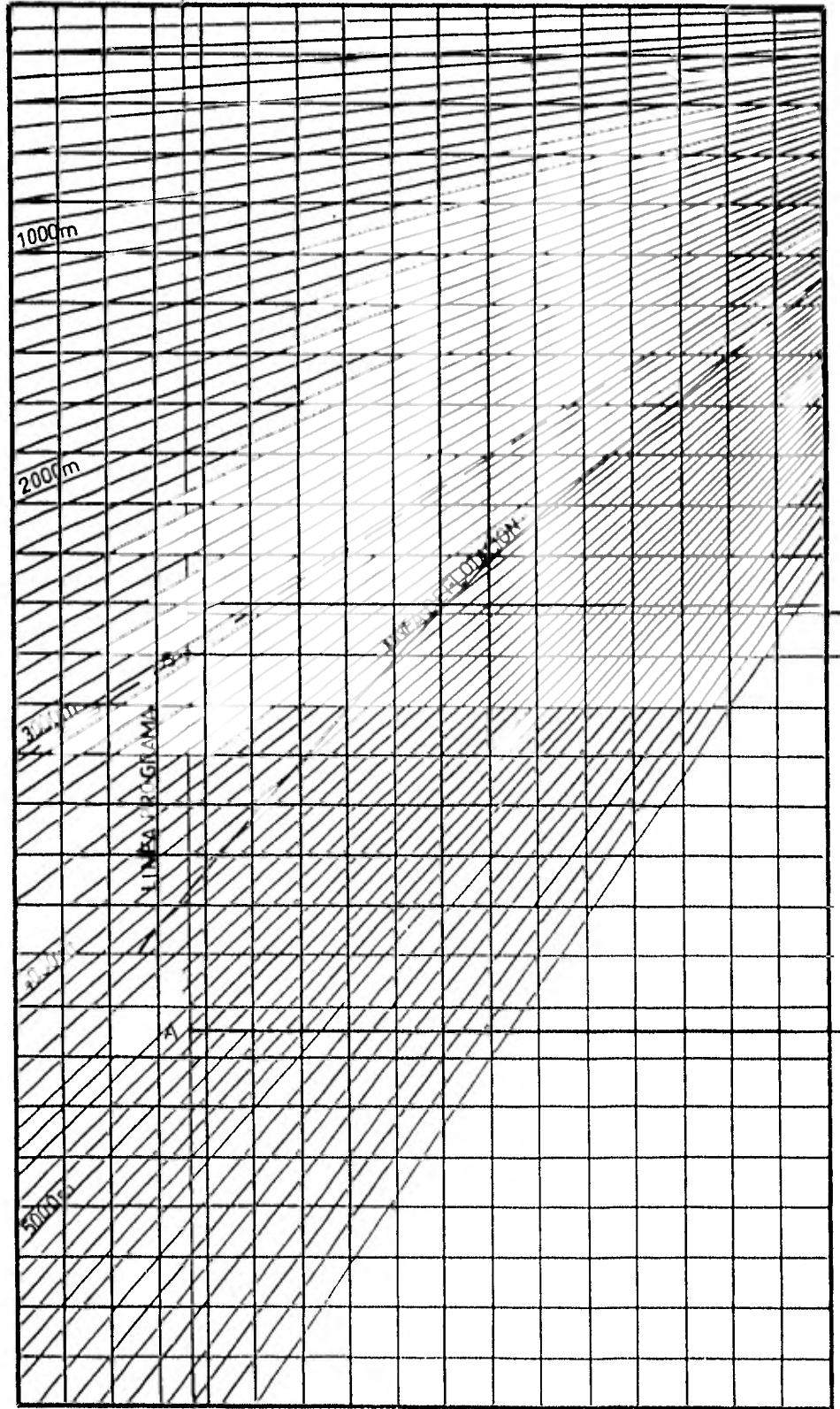
$$PHC = (Prof. \times 1.125) / 10 : (Kgs/cm^2).$$

Se traza en la gráfica el gradiente de el lodo uniendo la presión calculada en el fondo con el punto de profundidad cero.

Se graficarán las resistencias al colapso de los extremos superior e inferior de cada sección contra la profundidad, dichas presiones, no deberán caer a la izquierda de la línea de presión hidrostática con factor de seguridad.

En igual forma se gráfica la resistencia a la tensión en cada sección dichas gráficas no deberán usarse si el-

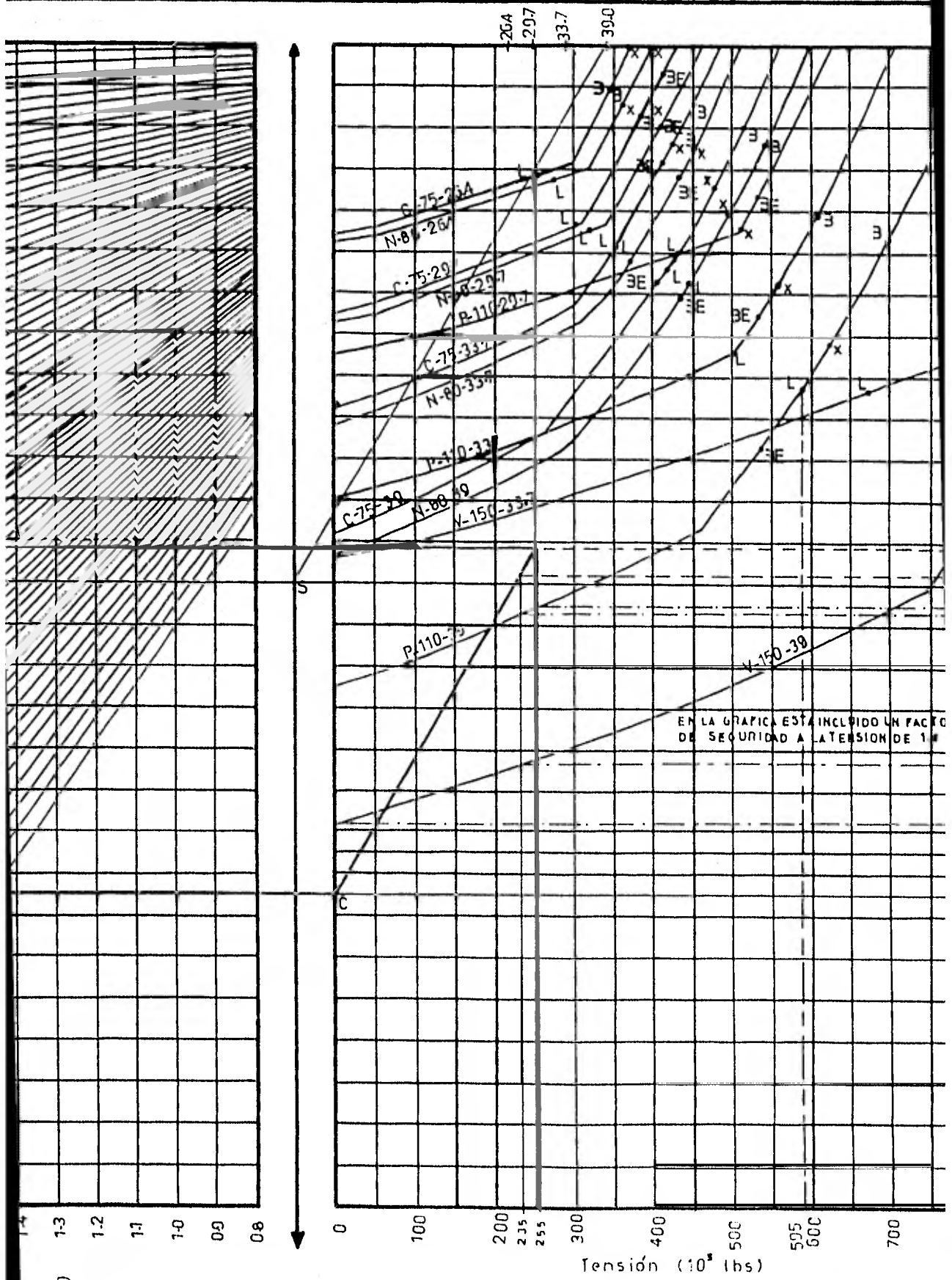
diseño es correcto. Para ilustración ver la gráfica de la revisión del diseño de la TR., corta y complemento 7 5/8., del pozo Bellota 1-A (gráfica 3).



2.5  
2.4  
2.3  
2.2  
2.1  
2.0  
1.9  
1.8  
1.7  
1.6  
1.5  
1.4  
1.3  
1.2  
1.1  
1.0  
0.9  
0.8

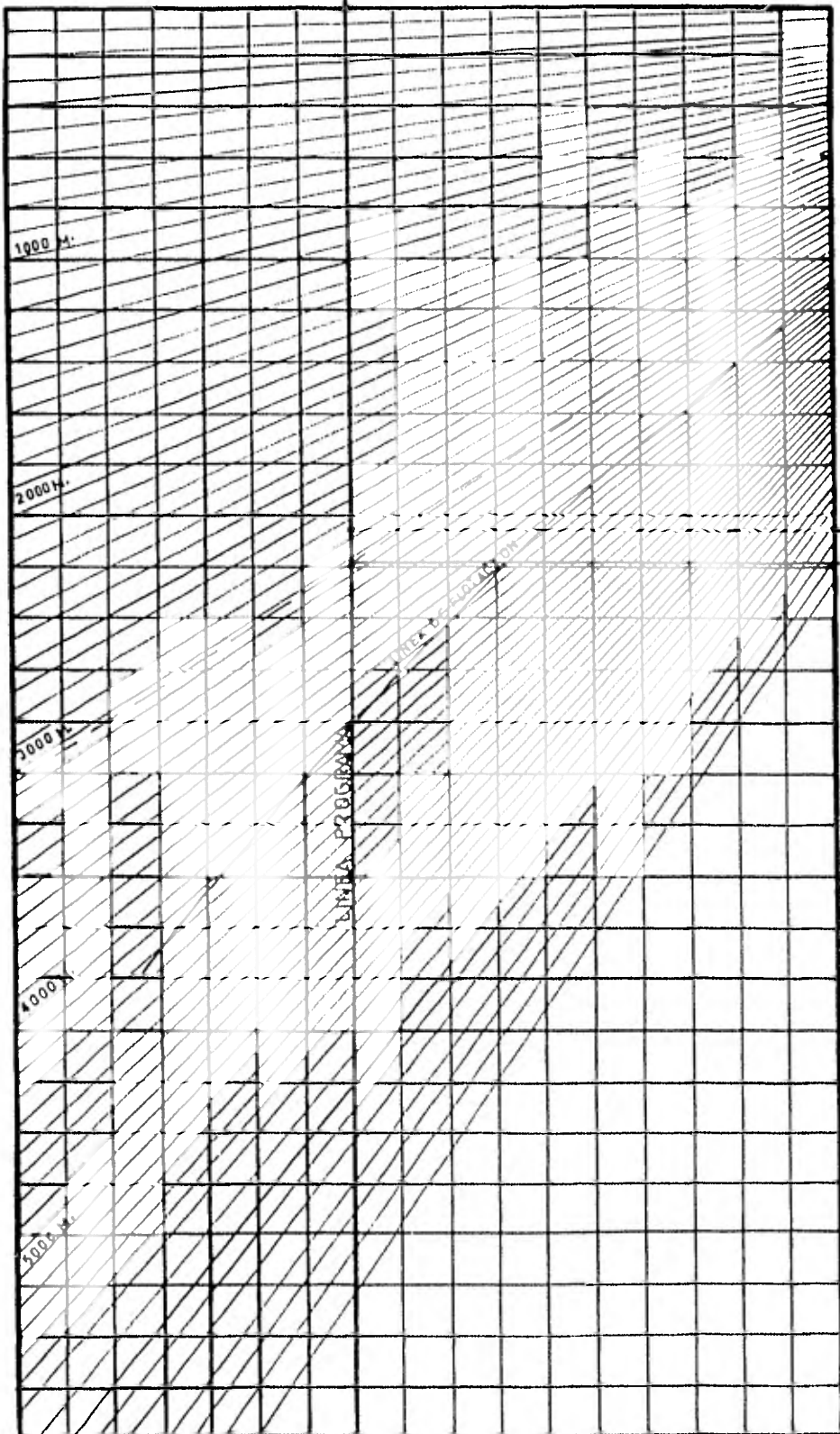
Densidad del lodo (G/CC.)

GRAFICA 1 DISEÑO DE TUBERIA DE



1: DISEÑO DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO 7 5/8 pgs. CORTA, POZO BELLOTA 1-A.





DENSIDAD DEL LODO (g/cc)

GRAFICA 2: DISEÑO DE TUBERIA

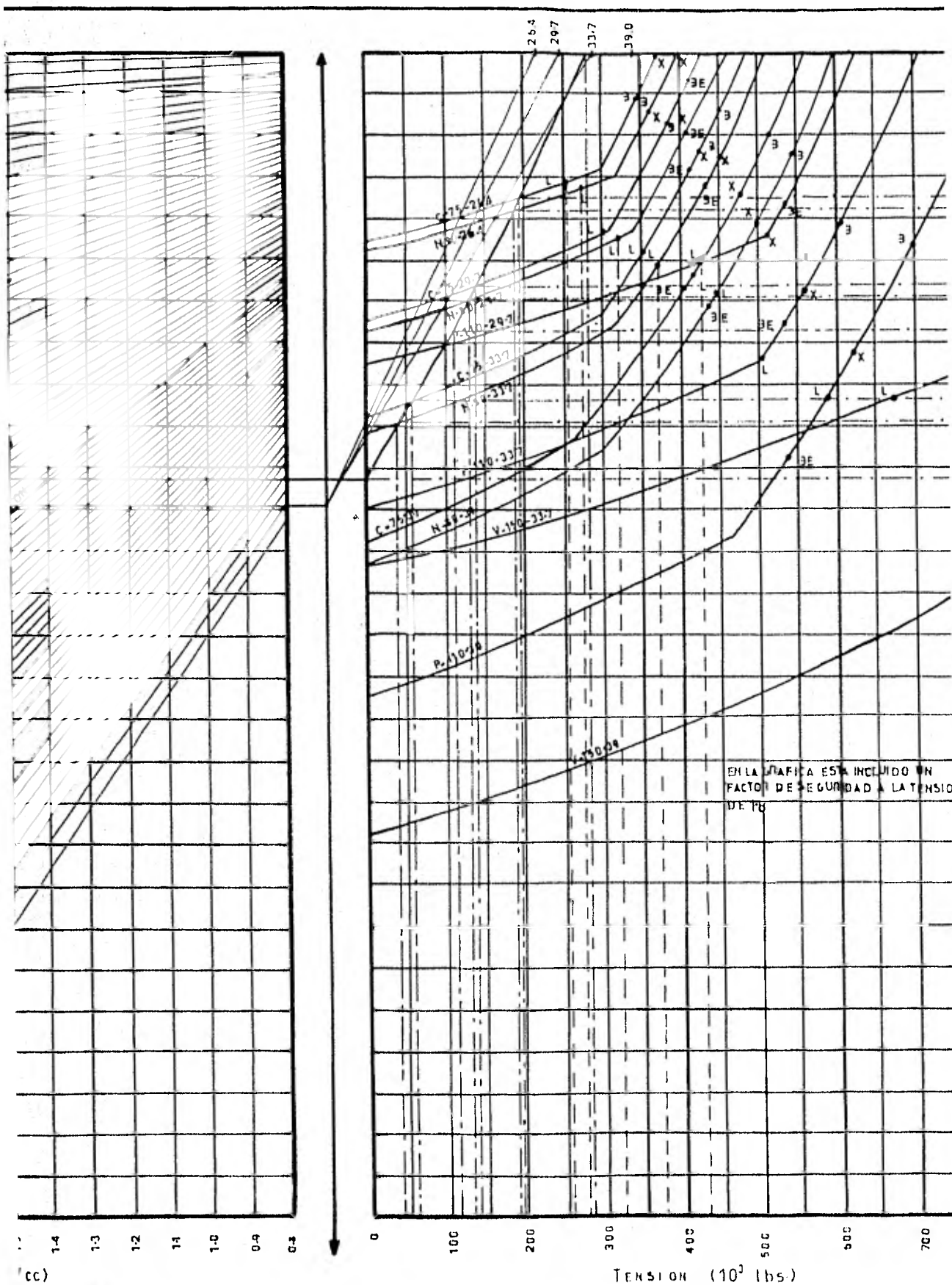
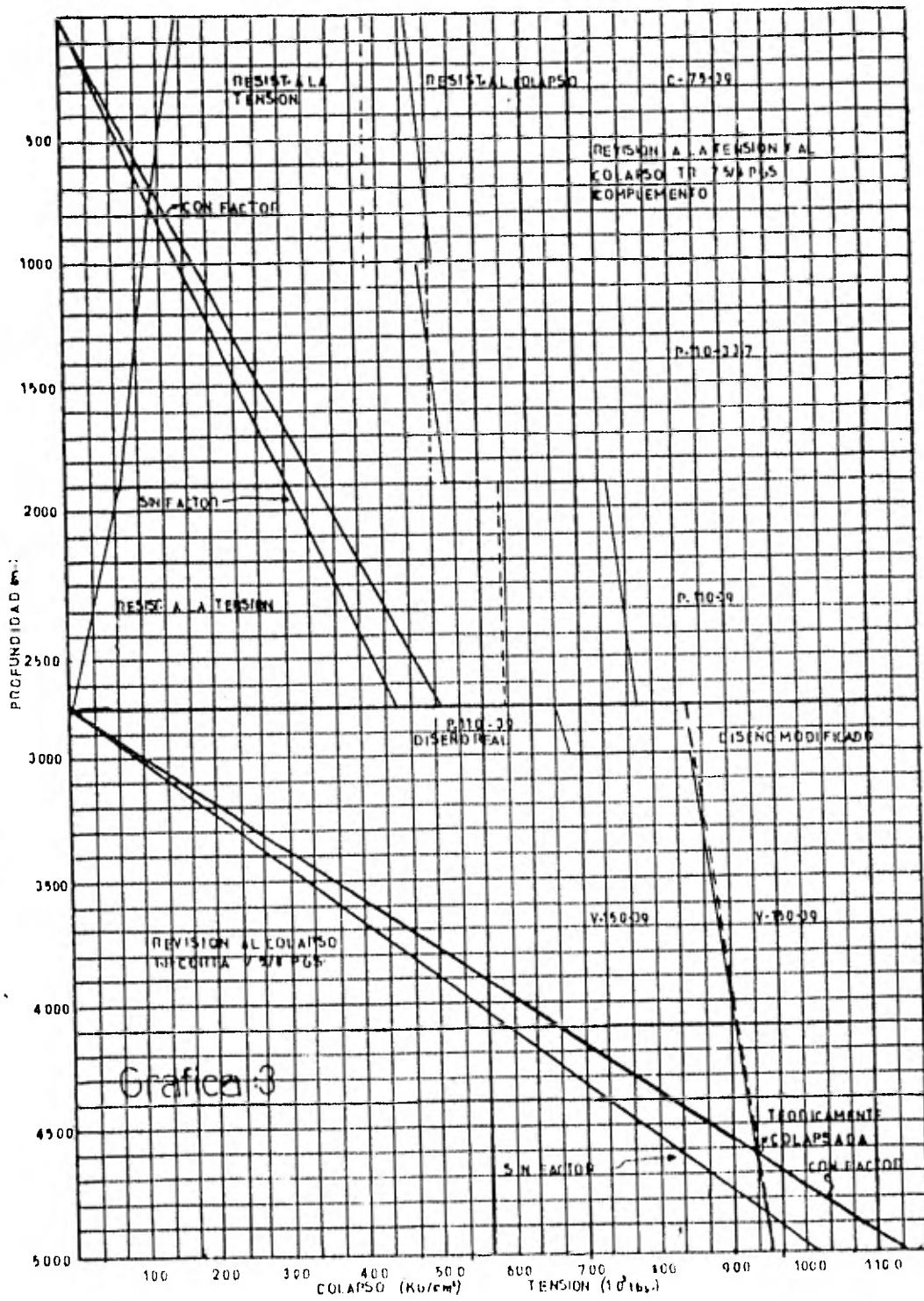


FIGURA 2: DISEÑO DE TUBERIA DE REVESTIMIENTO 7 7/8 pqs. COMPLEMENTO POZO BELLOTA-1-A.



CAPITULO IICEMENTO Y ACCESORIOS

CEMENTO EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA PETROLERA.

Composición Química del cemento.

El cemento portland puede definirse como el producto obtenido de la pulverización del Clinker, que consiste esencialmente de silicatos de calcio, al que se le a añadido después de la calcinación, únicamente agua y yeso sin apagar.

Los principales componentes del cemento son:

- Oxido de Calcio (CaO)
- Oxido de Aluminio ( $Al_2O_3$ )
- Bixido de Silicio ( $SiO_2$ )
- Oxido Férrico ( $Fe_2O_3$ )
- Trióxido de Azufre ( $SO_3$ )

Se cree que estos productos son los principios materiales cementantes, es decir los que se hidratan para formar una estructura rígida.

Cada uno desempeña las siguientes funciones en el cemento.

Aluminato tricálcico; ( $3CaO.Al_2O_3$ ). Es el compuesto que promueve una hidratación rápida y es el constituyente que controla el fraguado inicial y el tiempo de espejamiento del-

cemento. Es el responsable de la susceptibilidad del cemento al ataque de los sulfatos.

Alumonoferrita tetracálcica;  $(4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3)$ . Es un compuesto de hidratación con bajo calor en el cemento.

Silicato dicálcico;  $(2CaO.SiO_2)$ . Es el compuesto de hidratación lenta y responde a la ganancia gradual en resistencia, que ocurre durante un largo período de tiempo.

Silicato tricálcico;  $(3CaO.SiO_2)$ . Es el compuesto más abundante en el cemento y el principal material productor de resistencia en el cemento.

El yeso se usa para controlar la velocidad de fraguado y endurecimiento de la lechada de cemento.

#### CLASIFICACION A.P.I. DE CEMENTOS UTILIZADOS EN LA CEMENTACION TUBERIAS DE REVESTIMIENTO EN POZOS PETROLEROS.

El A.P.I., ha establecido especificaciones para cementos, abarcando sus clases de portland, desde los tipos con resistencia normal a los sulfatos, hasta los de alta resistencia, al mismo tiempo sugiere las profundidades máximas a las que deben usarse.

Clase A. Para usarse hasta 1830.0 m., cuando no se requieren propiedades especiales, disponible en el tipo normal.

Clase B. Para usarse hasta 1830.0 m., disponible en dos tipos, normal y con alta resistencia a los sulfatos.

Clase C. Para usarse hasta 1830.0 m., cuando se requiere un fraguado extrarápido, disponible en dos tipos, normal y con alta resistencia a los sulfatos. †

Clase D. Se emplea para profundidades de 1630.0 m., a 3050.0 m., y a presión y temperaturas de medias a altas, resistentes a la acción de los sulfatos.

Clase E. Para usarse hasta 4270.0 m., con temperatura y presiones altas, disponible en dos tipos, normal y con alta resistencia a los sulfatos.

Clase F. Para usarse hasta 4880.0 m., y una temperatura de 93°C, compatible con aceleradores y retardadores, para usarse en el rango completo, desde la Clase A hasta la clase E.

Clase G. Para usarse hasta 2440.0 m., 93°C, compatible con aceleradores y retardadores, puede usarse en un extenso rango de profundidades y temperaturas.

Clase H. Para usarse hasta 2440.0 m, y 93°C, compatible con aceleradores y retardadores, puede ser usado en un extenso rango de profundidades y temperaturas.

ADITIVOS PARA DAR CARACTERISTICAS ESPECIALES AL CEMENTO DE -  
ACUERDO A LAS CONDICIONES DEL POZO.

Los cementos para que cumplan con las condiciones -  
requeridas, para cementar tuberías de revestimiento, es nece-  
sario la adición de aditivos, estos ayudarán a modificar o -  
mejorar las propiedades físicas y químicas de los cementos -  
base, cualesquiera que sea su clasificación A.P.I. .

LOS ADITIVOS GENERALES SE CLASIFICAN EN:

Aditivos aceleradores de fraguado; Se utilizan para  
reducir el tiempo de fraguado, generalmente utilizados en tu-  
berías de revestimiento y tapones a poca profundidad. Existe  
una gran variedad de estos productos usados en cementos por-  
tland y a toda clase de cementos A.P.I., pero quizá el más--  
apropiado es el cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), más efectivo, eco-  
nómico y fácil de adquirir.

Aditivos retardadores de fraguado. Algunos de los -  
retardadores más efectivos y conocidos actualmente son los -  
compuestos lignosulfonatos, comunmente se están utilizando -  
cementos retardadores en pozos profundos en los cuales tanto  
la temperatura como la presión son altas y por lo tanto se -  
requiere un alto factor de seguridad, en tiempo normal de --  
fraguado, permitiendo que la lechada continúe siendo bombea-

ble, después de haber transcurrido un tiempo considerable de mezclada.

Aditivos reductores de peso. Durante mucho tiempo se ha utilizado la bentonita como aditivo para formar lechadas de baja densidad y para reducir la pérdida de agua. La bentonita es una arcilla coloidal que requiere el empleo de un volumen mayor de agua, debido a la deshidratación de sus partículas, al mezclarse con la lechada, ésta proporciona tixotropía manteniendo en suspensión las partículas de cemento, en tanto que las partículas de bentonita absorben el exceso de agua produciendo así la densidad requerida.

Debe cuidarse el porcentaje en exceso, ya que ésta reduce la resistencia a la compresión y el tiempo de espesamiento del cemento.

Algunos hidrocarburos tales como el diesel y la kerosena son utilizados como reductores de peso.

Las desventajas de usar este tipo de lechada, son -- principalmente su costo y la baja de resistencia a la compresión.

Aditivos para aumentar la densidad. A menudo es necesario aumentar la densidad de la lechada, debido a que tienen altas presiones en el pozo, como consecuencia de formaciones geopresionadas por lo que se requerirán lechadas de alta den-



sidad en las cementaciones.

Los materiales más comunmente usados son la hematita y arenas.

Aditivos para controlar pérdida de fluído. Estos productos se caracterizan por controlar la deshidratación de la lechada, en un alto rango de temperatura, producen buena adherencia.

Aditivos para reducir la fricción. Tiene tres objetivos principales, al ser mezclados con el cemento:

1.- Se puede aumentar el gasto de bombeo para obtener flujo turbulento.

2.- A menor presión requerida contribuyen a controlar las pérdidas de fluído de la lechada.

3.- Puede usarse para densificar la lechada disminuyendo la proporción agua - cemento.

Aditivos para pérdida de circulación. Son productos de muy bajo peso específico lo cual es aprovechado para reducir lechadas livianas, minimizando la pérdida de circulación. Entre los productos usados tenemos la gilsonita.

Aditivos especiales. Se utilizan antiespumantes para absorber las burbujas de aire en suspensión, originadas durante el mezclado de la lechada y así poder abastecer la densidad correcta.

A continuación se presenta una tabla de los aditivos que más se utilizan para dar características especiales al cemento en la zona de Villahermosa.

TABLA DE ADITIVOS QUE SE AGREGAN AL CEMENTO EN LA ZONA DE - -  
VILLAHERMOSA TABASCO

<u>NOMBRE</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CODIGO</u>
Aceleradores	Clóruo de Calcio ( $\text{CaCl}_2$ )	$\text{CaCl}_2$ , S1
Retardadores	Lignosulfonato de calcio	HR-4, HR-12,
	Retardador tixotropico	D-13, D-28. D-74
Puzolana	Metasilicato de sodio	Econolite.
Controladores de agua.	Polimeros orgánicos	Hallad 22-A
Material para pérdida de circulación.	Gilsonita	D-24.
Material para altas temperaturas.	Harina de silice	SSA-1, SSA-2, D66, D30.
Dispersantes	Polvos orgánicos	DFR-1, CFR-2, D65, D80.
Materiales especiales.	Antiespumantes	D Air 1, 2, D46, D47.
Baches espaciados.	Base aceite.	SAM-4, CW-100.

EQUIPO, HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN LA CEMENTACION  
DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO DEL POZO BELLOTA 1 - A.

La cementación de la tubería de revestimiento es - - esencial para la terminación de un pozo; la reparación de una mala cementación, consume tiempo y es costosa; el éxito de la cementación primaria depende de la buena calidad de sus materiales, herramientas y accesorios utilizados.

La cementación de la tubería superficial con diámetro de 16 pgs., fue cementada a la profundidad de 1000 m., se utilizó como equipo de flotación, una zapata guía y un cople flotador y como accesorios se utilizó centradores.

La cementación de la tubería intermedia de diámetro - 10 3/4 pgs., se realizó en dos etapas, utilizando como equipo de flotación, zapata guía, cople de retención y cople diferencial, además se utilizó un cople de cementación múltiple y como accesorios, centradores.

La cementación de la tubería de diámetro 7 5/8 pgs., - se realiza primero como tubería corta y después se cementa su complemento hasta la superficie.

La cementación de la tubería corta 7 5/8 pgs., se cementó de la profundidad de 4800.0 m., a la profundidad de 2880 .0 m., empleándose como equipo de flotación; zapata flotadora tipo V, cople flotador y cople diferencial, además se utilizó-

una unión giratoria, colgador mecánico cople soltador, receptáculo pulido y como accesorios se utilizó centradores.

En la cementación del complemento de la tubería - - 7 5/8 pgs., se utilizó una herramienta de enlace posterior - " Tie - Back", cople flotador y como accesorios se utilizó - centradores.

En la cementación de la tubería corta de diámetro - 5 pgs., cementada de 5809. m., a 4595.0 m., se utilizó como equipo de flotación, zapata flotadora tipo "V", cople de retención, cople flotador, se utilizó también una unión giratoria, colgador mecánico, receptáculo pulido y cople soltador, como accesorios se utilizó centradores.

En la cementación de la prolongación de tubería de - 5 pgs., (Stub) colocado sobre la TR., corta de 5 pgs., se cementó de la profundidad de 4595.0 m., a 3997.0 m., se utilizó una herramienta conectora de enlace posterior, cople flotador y cople de retención.

Se describe brevemente cada una de estas herramientas y accesorios utilizados en la cementación de la tubería de revestimiento del pozo Bellota 1 - A.

ZAPATA GUIA.- Es una sección corta de tubería de -- acero con el extremo inferior redondeado, para facilitar el paso de la tubería de revestimiento a través de lugares del-

irregulares del agujero, en la parte inferior está generalmente contiene cemento para amortiguar golpes, el cuerpo de cemento de la zapata es compacta y resistente, pero presenta -- la ventaja de ser perforable, (Fig. 1).

ZAPATA FLOTADORA. Este tipo de zapata evita que el fluido de perforación entre a la tubería de revestimiento conforme se introduce, de tal forma que la tubería vaya flotando, liberando así al equipo superficial del peso de la tubería. Estas zapatas consisten esencialmente de una válvula de contra presión con asiento de disco, que permite el paso de fluido en una sola dirección. La válvula es de material perforable, la cual cierra debido a la presión del fluido de exterior contra su asiento, (Fig. 2).

ZAPATA FLOTADORA TIPO V. Son diseñadas con una válvula de contrapresión, se usa principalmente para trabajos donde haya mucho asentamiento de formación o cuando se apoye en el fondo la zapata, ya que el cemento pasa a través de los orificios del fondo y laterales, (Fig. 3).

COUPLE FLOTADOR. Al igual que la zapata flotadora tiene una válvula de contrapresión, se coloca dos tramos arriba de la zapata, lo cual permite que el cemento quede abajo del cople. Su función no es únicamente la de tipo flotador, si no que actúa como asiento del tapón de desplazamiento indicando-

así que la operación de cementación ha terminado, (Fig. 4).

COUPLE DIFERENCIAL. Este dispositivo contiene una -- válvula de camisa que abre o cierra contra un asiento de la -- válvula de camisa, está contruida de tal manera que el área -- de su sección transversal en el fondo es el 90% del área -- en la sección transversal superior, esta diferencia permite -- que al introducir la TR., se limita la acción de llenado de -- la misma, de tal manera que el nivel interior de la tubería -- es aproximadamente el 90% del nivel en el espacio anular.

Aparte de eliminar los fuertes golpes de presión, -- reduce el tiempo de introducción de la tubería de revesti- -- miento, ya que al llenarse automáticamente puede meterse la -- tubería más fácilmente, (Fig. 5).

COUPLE DE RETENCION. Su función es la de detener el -- o los tapones de hule con los que se desplaza la lechada de -- cemento, generalmente se coloca entre el primer y segundo -- tramo, (Fig. 6).

COUPLE FLOTADOR DE ORIFICIO. Consiste en un disco me -- tállico perforable acoplado a un elemento de hule, cuando se -- va bajando la tubería, el orificio nos permite que se cierre -- completamente el hule, reduciendo únicamente la entrada del -- fluido a la tubería de revestimiento corta.

Cuando se efectúa la cementación el volumen de fluí

do que pasa por el orificio, expande el hule, ocasionando que el disco caiga al fondo, dejando una gran área de bombeo durante la cementación, (Fig. 7).

**COPLE DE CEMENTACION MULTIPLE.** Cuando se tienen secciones de tuberías muy largas, y yacimientos productores muy separados o si la columna de cemento es muy larga, se utilizan coples de cementación múltiples. Este dispositivo está diseñado para conectarse a cualquier profundidad, ya que su resistencia al colapso y a la tensión es semejante a las tuberías de revestimiento usadas. Consta de dos camisas deslizables, la inferior permanece cerrada durante el desplazamiento de la primer etapa de cementación y la camisa superior cierra los orificios de circulación, una vez terminada, cuando no es necesario que el cemento de la primer etapa llegue a la profundidad donde se encuentra colocado el cople de cementación múltiple, se coloca arriba del cople de retención, un bafle o receptáculo del tapón de desplazamiento de la primer etapa.

Posteriormente se envía el tapón torpedo, para deslizar la camisa inferior que abrirá los orificios del cople y así efectuar la segunda etapa de cementación, el tapón de desplazamiento en esta etapa opera sobre la segunda camisa que cierra el cople de cementación, (Fig. 8).

**COIGADOR MECANICO.** Esta herramienta está construída-

con las mismas especificaciones de diámetros, pesos y grados de la tubería de revestimiento que se va a introducir al pozo.

La característica principal del colgador mecánico, - es que las cuñas se desplacen a su cono al accionar un mecanismo de candado "J" alojado en el cople inferior de los flejes de las cuñas que aseguran a un perno instalado en el cuerpo del mandril principal.

El mecanismo de "J" es construído para soltarlo con vueltas a la izquierda, levantado a la tubería y volviendola a bajar para anclar las cuñas a la tubería de revestimiento, - (Fig. 9).

HERRAMIENTA CONECTORA. Es un tubo que contiene tres anillos de hule, que nos sirven para formar un empaque con el cople soltador, contiene también dos agujeros, que es por donde circula la lechada de cemento una vez bombeada ésta se enchufa la herramienta conectora y el cople soltador, se comprueba esto con la pérdida de peso, que se observa en el indicador, (Fig. 10).

RECEPTACULO PULIDO. Este es el dispositivo donde hacen contacto los sellos de la herramienta soltadora e impiden que la lechada de cemento, se de vuelta y está se vaya al fondo y circule por la zapata hacia el espacio anular.

UNION GIRATORIA. Es corrida por debajo del colgador,



para permitir el asentamiento de éste, siempre que la tubería corta debajo del colgador este tensionado, permite la rotación para realizar el anclaje, (Fig. 11).

Al introducir la tubería de revestimiento, el equipo de flotación actúa como un pistón gigante que se desplaza dentro de un cilindro (de paredes irregulares).

Actuando como un sello que hace efecto de los anillos del pistón, esto ocasiona presiones elevadas y posibles rupturas a la formación, con la consiguiente pérdida de circulación o bloqueo de las formaciones productoras. La forma de eliminar estos golpes de presión se logra mediante una combinación adecuada de dispositivos (zapata y cople), que permitan introducir la tubería de revestimiento a la velocidad normal, aliviando la presión a través de la zapata y a su vez, - permitiendo el llenado parcial de la tubería de revestimiento mediante un cople de cementación.

Se mencionan los programas de combinación de dispositivos para el equipo de flotación utilizados en la zona de Villahermosa:

- |                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| 1.- TR. 20 pgs.      | Zapata guía y cople flotador. |
| 2.- TR. 16 pgs.      | Zapata guía y cople flotador. |
| 3.- TR., 10 3/4 pgs. | Zapata guía y cople flo-      |

- 4.- TR. 7 5/8 pgs. hasta 900.0 m.  
Zapata guía y cople dife-  
rencial a mayor profundi-  
dad.  
Zapata flotadora tipo V,  
cople de retención en --  
los casos de tuberías --  
cortas.
- 5.- TR. 7 5/8 pgs. Cople de orificio y he--  
rramienta de enlace pos-  
terior, en el complemen-  
to.
- 6.- TR. 7 pgs. Zapata flotadora tipo V,  
cople flotador y cople--  
diferencial en el caso -  
de TR. corta.
- 7.- TR. 7 pgs. Cople de orificio y he--  
mienta de enlace poste--  
rior, en el caso de com-  
plemento.
- 8.- TR. 5 pgs. Zapata flotadora tipo V,  
cople de retención y co-  
ple flotador, en la TR.-

	corta.
9.- TR. 5 pgs.	Cople flotador, cople de retención y conector Tie-Back.
10.- TR. 4 1/2 pgs.	Zapata flotadora tipo V, - cople de retención y cople flotador.

#### ACCESORIOS SECUNDARIOS:

Es conveniente que el extremo inferior de una columna de tubería de ademe que se va a cementar en un pozo, esté concéntrica con sus paredes de modo que el cemento cuando se coloque en el espacio anular, sea de un espesor uniforme alrededor de ella. Para conseguir esto se utilizan los centradores estos consisten en una serie de muelles metálicos, que se apoyan contra la pared del pozo y van montados sobre el cople y actúan como patines facilitando el descenso de la TR., en el pozo.

Los muelles con que se fabrican estas piezas son de acero de aleación rígida que reciben un tratamiento térmico -- que optimiza sus características físicas. Con la forma helicoidal que tienen los muelles se logra el doble propósito de:

- a) Eliminar el enjarre de las paredes del pozo.
- b) Provocar un flujo en espiral en la corriente de cemento con lo que se logra un llenado completo evitando así la-

posibilidad de canalizaciones.

Existen diferentes diseños que se clasifican en dos-grupos; tipo recto y tipo espiral.

RECTOS. Se denomina así por que su flejes siguen una dirección paralela al eje de la tubería, dentro de este tipo-existen dos clases, atendiendo a la forma de los anillos que-lo limitan: De bisagra y solidos.

Los primeros permiten su colocación en los puntos--deseados durante la introducción de los tramos de tubería correspondientes. Los segundos tienen que colocarse antes de la introducción de la tubería de revestimiento o sea cuando esta se encuentra estibada junto al equipo de perforación.

ESPIRALES. Los flejes de estos centradores presentan una espiral derecha que al pasar por una reducción del agujero, ejecutan una rotación provocada por la espiral. Por lo regular van en el extremo inferior de la tubería de revestimiento, controlándose el muelleo, por medio de pequeños candados--en forma de herradura, que soldados a la tubería de revestimiento forman un tope al ajustarse en el anillo superior (Fig. 12).

RASPADORES. La película de lodo adherida en la pared del agujero, por el fluído de perforación, deberá eliminarse--si es posible, en el intervalo en cual se va a colocar el ce-

mento. El enjarre puede eliminarse, circulando agua o un bache limpiador antes de poner el cemento, pero si el enjarre de lodo es grueso y compacto, será necesario recurrir a métodos mecánicos para desprenderlo.

Los raspadores de tipo reciprocante están diseñados para este trabajo de limpieza en la forma más eficiente posible. La doble hilera de escobillas fabricadas de acero al alto carbón, templados en aceite, tiene la forma y flexibilidad necesaria para lograr una perfecta adherencia del cemento, (Fig. 13).

TAPONES DE CEMENTACION. El método de cementación de Perkins, incluye el uso de dos tapones de cementación, uno inferior o de diafragma que se envía adelante de la lechada y el tapón superior que se utiliza para desplazar la lechada de cemento, es conocido que el cemento no remueve la película fina de lodo en la pared interior de la TR., la cual se logra con el tapón inferior depositando estas partículas abajo del cople y quizás en el espacio anular.

El tapón de diafragma se coloca en la parte inferior de la cabeza de cementación y su objetivo principal como ya se mencionó es la de limpiar las paredes de la TR., está construido de hule moldeado, soportando en una estructura de aluminio, el diafragma se rompe aproximadamente con una presión-

diferencial de 35 Kgs/cm<sup>2</sup>., lo cual permite otra vez la circulación del mismo.

El tapón limpiador para tubería corta va colocado en la parte inferior de la herramienta soltadora, mediante un --perno de corte de bronce y el tapón de desplazamiento, es completamente sólido con un candado en la parte inferior, una --vez bombeada la lechada de cemento, se suelta este tapón y se ancla al tapón inferior con el candado de bronce, formando un solo cuerpo y al romper el perno, continúa desplazando el cemento a través de la TR., corta, al llegar al cople de retención se produce un cierre hermético con el asiento especial -- que tiene el cople evitando así el regreso del cemento hacia la TR., (Fig. 14).

EQUIPO DE ALTA PRESION. Es necesario conocer las características del equipo hidráulico disponible para llevar a cabo una buena cementación por lo que debe considerar si dicho equipo reúne las características para proporcionar el gasto y presión de desplazamiento programados.

Las unidades móviles de cementación requeridas en la industria petrolera están diseñadas para operar y rendir el -- mejor servicio en condiciones extremas de altitud, temperatura y humedad.

Los equipos de cementación o unidades de alta pre- -

sión constan de las siguientes partes principales:

Emplean un par de motores diesel de gran capacidad-- de caballaje, las cuales proporcionarán presiones y gastos requeridos para cada tipo de operación a realizar, consta además de una transmisión mecánica, un par de bombas triplex, un par de presas o cajas de mantenimiento de fluidos (con capacidad de 10 bls., cada una), una caja de succión para fluidos mezclados, un mezclador de chorro, comunmente llamado embudo mezclador, una serie de válvulas (macho), las cuales regulan la entrada y salida de los fluidos que se trabajen medidores de presión y gastos.

Mezclador tipo chorro; es una unidad compacta que -- tiene un embudo en forma de tolva, una mezcladora lineal de descarga colector y una línea de alimentación de agua.

La unidad trabaja mediante la inyección de agua a -- presión, a través de la mezcladora, donde se produce un vacío que hace que el cemento se succione y mezcle con el agua, posteriormente la lechada pasa por la línea de descarga al recipiente de donde es succionado por las bombas.

Caja metálica para la lechada. La función principal de esta caja es abastecer la succión de la bomba seleccionada para el bombeo de cemento al pozo.

Indicador de presión. (manómetro tipo Bourdón), este

de manómetro basa su funcionamiento en la deformación que la acción de la presión provoca sobre un tubo de metal doblado -- llamado Bourdón, que tiene la particularidad de a su forma -- original al cesar la acción de la presión.

Densometro. Este dispositivo esta diseñado para indicar el peso de la lechada de cemento o de otros fluidos me-- diante una curva de densidad y la cual es registrada sobre -- una carta.

En caso de no contar con este dispositivo en la uni-- dad de cementación se emplea la balanza de lodos con la cual -- será comprobada la densidad de la lechada manualmente.

Cabezas de cementación. Para llevar a cabo el despla-- zamiento del cemento, en el interior de la TR., es necesario-- hacer uso de la herramienta que permita hacer una conexión ex-- terior entre la unidad de cementación y la tubería de revesti-- miento a cementar. Este tipo de herramienta se conoce con el -- nombre de cabeza de cementación. Es un niple de aproximadamen-- te 80 cms., de longitud en cuyo extremo inferior tiene una co-- nexión tipo piñon, el cual permite la conexión con la tubería-- de revestimiento consta también de una o más válvulas por me-- dio de las cuales se va a llevar a cabo la introducción del ce-- mento y un fluído desplazante al interior del pozo.

El cuerpo de la cabeza de cementación esta especial--



mente diseñado para poder alojar en su interior los dispositivos necesarios durante la cementación. Estos dispositivos son por ejemplo: Una canica tipo sello que se alojará en la zapata o cople, uno o dos tapones (de diafragma y de desplazamiento), (Fig. 15).

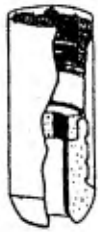


FIG. 1. ZAPATA GUIA



FIG. 2. ZAPATA FLOTADORA

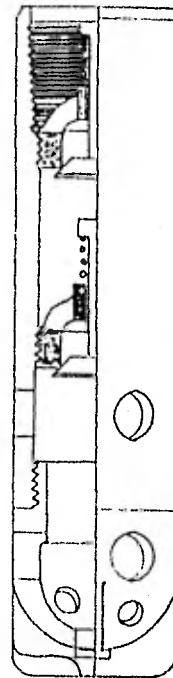


FIG. 3. ZAPATA FLOTADORA TIPO V



FIG. 4. COPLE FLOTADOR



FIG. 5. COPLE DIFERENCIAL

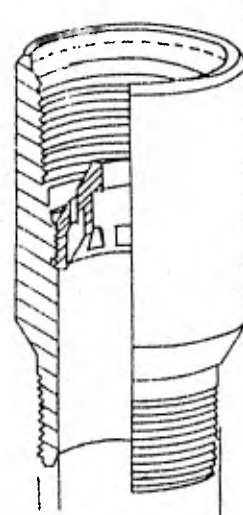
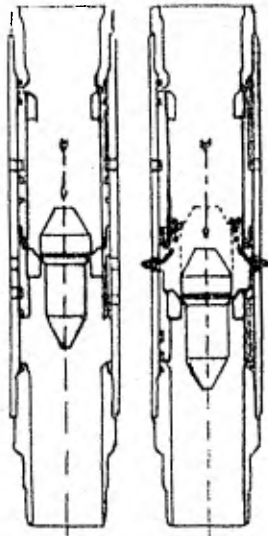


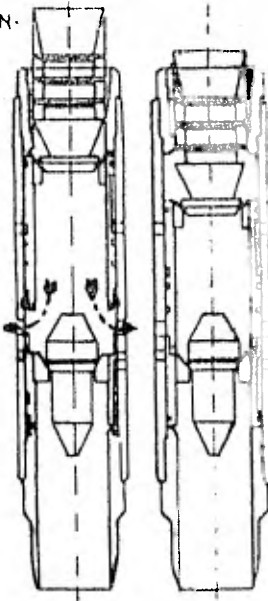
FIG. 6. COPLE DE RETENCION.

TORPEDO



TORPEDO ABRIENDO  
COPLE DE CEMENTACION  
MULTIPLE

TAPON DE  
DESPLAZAMIENTO.



TAPON DE DESPLAZAMIENTO  
ESTACIONADO EN  
EL COPLE DE RETENCION.

FIG: 8 COPLE DE CEMENTACION  
MULTIPLE.

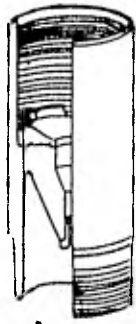


FIG. 7: COPLE FLOTADOR DE ORIFICIO



FIG. 10: HERRAMIENTA DE ENLACE POSTERIOR "TIE BACK"

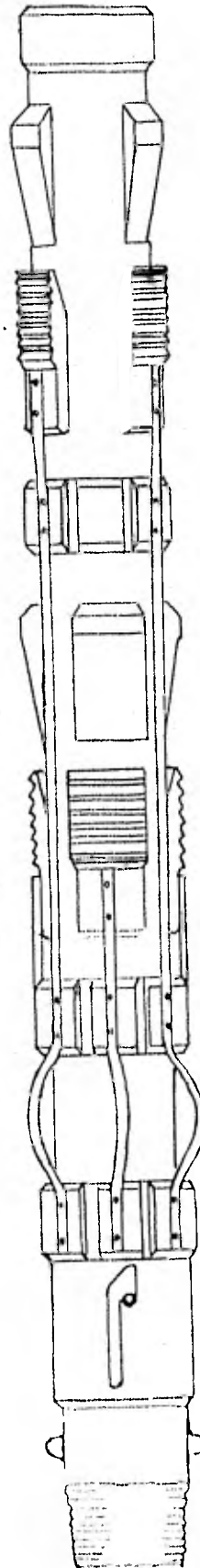


FIG. 9: COLGADOR MECANICO

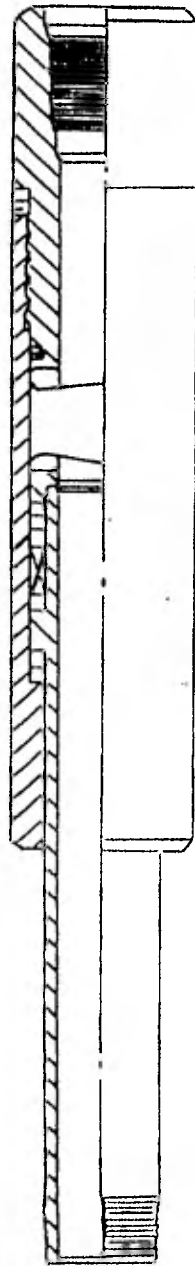


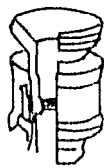
FIG.11- UNION GIRATORIA



TAPON DE DESPLAZAMIENTO  
DE TP



TAPON SUPERIOR



TAPON LIMPIADOR DE TR



TAPON INFERIOR

FIG. - 14

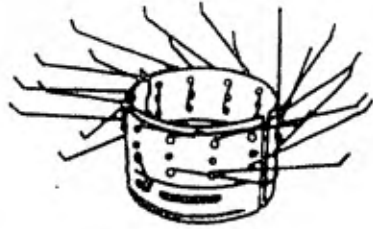


FIG.-13 RASPADORES

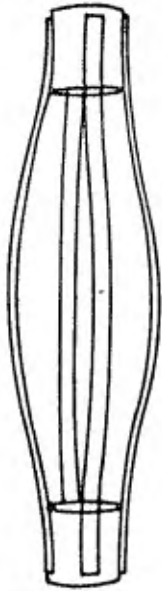


FIG.-12 CENTRADORES

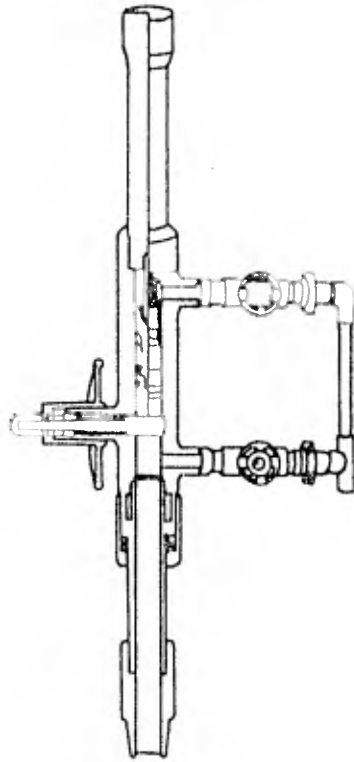


FIG.-15 CABEZA DE CEMENTACION

CAPITULO IIIDISEÑO DE LA LECHADA PARA CEMENTAR UNA T.R. DE 7 5/8 PGS.

## NORMAS O CRITERIOS DEL DISEÑO:

Existen varios criterios definidos que deben considerarse en el diseño de la lechada para cementación de tuberías de revestimiento en pozos profundos con alta temperatura.

Los factores que deben considerarse en el diseño de una lechada de cemento son:

- 1.- Flujo turbulento contra flujo tapón.
- 2.- Temperatura de fondo.
- 3.- Control de pérdida de fluido.
- 4.- Tiempo de espejamiento.

Flujo turbulento contra flujo tapón. Es el comportamiento del flujo de fluidos, siendo un aspecto importante de una cementación. El perfil de flujo tapón es casi plano con pequeños cambios del centro a la pared del recipiente que lo contienen.

En el flujo laminar, la máxima velocidad del perfil está en la cima y disminuye rápidamente hasta que llega a cero, en las paredes del recipiente que lo contienen.

La velocidad máxima de partículas es dos veces la velocidad promedio del fluido en el área de flujo. Con flujo --



turbulento la velocidad máxima es arriba de diez veces más -- grande que la velocidad del fluido en el área de flujo.

Ventajas sobre un flujo turbulento en cementaciones-primarias:

Cuando se se obtiene un flujo turbulento en el espacio anular durante una cementación de tubería de revestimiento, las partículas del flujo giran en direcciones radiales a altas velocidades produciendo fuertes impactos en las paredes del agujero y de la tubería, favoreciendo buena adherencia entre cemento y tubería y cemento y formación, obteniéndose las siguientes ventajas:

- a) Una capa uniforme de cemento alrededor de la tubería.
- b) Una mejor adherencia entre la formación, cemento y tubería.
- c) Menos canalizaciones en el cemento.

Factores que influyen en contra del flujo turbulento:

- a) Presión de fricción.
- b) Pérdida del fluido del cemento a la formación.
- c) Mayor velocidad de bombeo y potencia hidráulica.
- d) Mayor viscosidad.
- e) Densidad de la lechada.

Temperatura de fondo. Es un factor muy importante en-

el diseño de la lechada de cemento, la cual estará en función de la profundidad.

Control de pérdida de agua. La permeabilidad de la formación es un factor muy importante para determinar el punto de control necesario en la pérdida de agua, evitando así una deshidratación prematura del cemento durante la colocación de la lechada.

Permeabilidad extremadamente bajas como las que se encuentran en calizas y dolomias, requieren menos control de pérdida de fluido, sin embargo existen algunas formaciones de este tipo altamente fracturadas que requieren de un control especial.

Areniscas con alta permeabilidad también requieren lechadas con bajas pérdidas de fluido.

Tiempo de espesamiento. Las lechadas de cemento deberán de diseñarse con un espesamiento apropiado, de acuerdo al tipo de operación que se vaya a efectuar. El control de tiempo de espesamiento se logra mediante los aditivos retardadores mencionados anteriormente.

Como este parámetro es muy importante en una cementación, es necesario someter los diseños de la lechada a pruebas de laboratorio, utilizando para este fin el aparato llamado "Consistómetro"

Este aparato está diseñado para observar el comportamiento de la lechada de cemento bajos los efectos de presión y temperatura así como el tiempo con el cual se estará simulando en parte el comportamiento de la lechada de cemento a condiciones de formación.

Está nos dará una mayor confiabilidad en nuestro diseño de cemento y por lo tanto llevar a cabo una buena cementación.

#### PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR LA LECHADA DE CEMENTO

Las características que debe reunir una lechada de cemento, se determina en base a la información obtenida del pozo, a partir de la cual se definen los materiales que deben de intervenir y las proporciones óptimas de ellos. Se debe diseñar con anticipación una mezcla inicial en la que intervengan las proporciones que dicta la práctica y específicamente del fabricante sometiéndola a pruebas de laboratorio para comprobar su comportamiento y remediar cualquier divergencia con las condiciones requeridas.

Definidas las proporciones óptimas y los materiales a utilizar, se efectuará un balance de pesos y volúmenes para obtener las cantidades totales de cada material para preparar el volumen de la lechada que se va a utilizar. Se procede como sigue:

1.- Calcular el volumen del espacio anular que se va a cubrir con la lechada de cemento.

2.- Basándose en la densidad del lodo, definir la densidad de la lechada de cemento que va a emplearse y a calcular si es necesario la cantidad de densificante.

3.- Por medio de un balance de pesos y volúmenes obtener el rendimiento de la lechada por unidad de peso del cemento, tomando en consideración las necesidades de agua de cada uno de los materiales.

4.- Dividir el volumen de la lechada que se necesita entre el rendimiento de la mezcla unitaria, obteniéndose de esta manera la cantidad cemento a usarse.

5.- Obtener las cantidades de los demás materiales-- multiplicando la proporción en que interviene, por la cantidad de cemento.

6.- Ejemplo de aplicación en el diseño de la lechada de cemento para la cementación de la tubería corta y complemento de diámetro 7 5/8 pgs., del pozo Bellota 1-A.

DATOS DEL POZO.

Profundidad	= 4800.0 m.
Temperatura	= 123°C.
Presión de Fractura	= 927 Kgs/cm <sup>2</sup> .
Gradiente de Fractura	= 937 / 4800 = 0.195 $\frac{\text{Kgs/cm}^2}{\text{m}}$ .

Diámetro de la barrena = 9 7/16 pgs.  
 Diámetro del escariador = 9 1/2 pgs.  
 Diámetro del agujero = 10 pgs.  
 Lodo = Emulsión inversa.  
 Densidad del lodo = 1.90 grs./cc.  
 Tubería de perforación = 5 pgs.  
 Tubería a cementar = 7 5/8 pgs.  
 Intervalo a cubrir = 4800 - 2880 = 1920 m.  
 Última tubería de revestimiento = 10 3/4 pgs.  
 Profundidad de la zapata de 10 3/4 pgs. = 3080 m.

DISEÑO DE LA LECHADA DE CEMENTO.

Cemento tipo H con el 35% de Arena sílica malla 100, (D30); 0.25% de controlador de pérdida de fluidos (D60); 0.2% de reductor de viscosidad (D65); 0.4% de retardador de fraguado (D28); 1 lt/m<sup>3</sup> de antiespumante (D47).

Densidad de la lechada = 1.90 grs./cc.

<u>MATERIAL</u>	<u>PESO Kgs.</u>	<u>VOLUMEN Lts.</u>
Cemento	50	15.82
D 30	17.5	6.60
D 60	0.22	0.02
D 65	0.22	0.01
D 28	0.24	0.04
	<u>= 68.18</u>	<u>= 22.49</u>

$$\text{Vol. de agua} = \frac{\text{Peso} - (\text{densidad} \times \text{vol.})}{\text{densidad} - 1} = \frac{68.18 - (1.90 \times 22.49)}{1.9 - 1}$$

Vol. de agua. = 28.27 lts.

Rendimiento de la lechada = 22.49 + 28.27 = 50.76. lts  
 saco. Capacidad del espacio anular entre TR. 7 5/8 pgs. y agujero de 10 pgs., obtenida de tablas de cementación. = 21.21 lts./m.  
 Capacidad del espacio anular entre TR. 7 5/8 pgs. y TR. 10 - 3/4 pgs. = 17.819 lts./m.

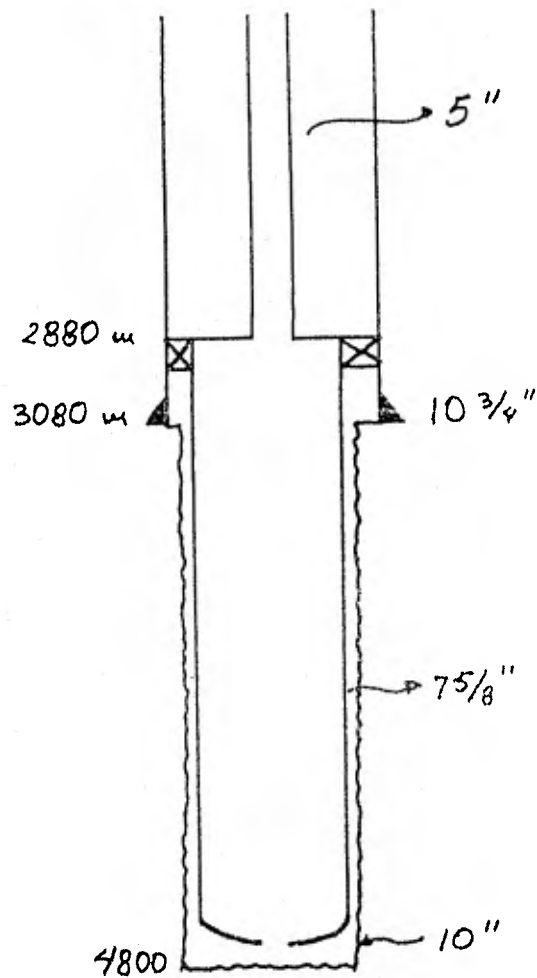


Diagrama de cementación de la TR. corta 7 5/8 pgs.

Pozo Bellota 1-A.

Vol. de lechada 1 = 200 m. x 17.819 lt./m. = 3563.98 lts.

Vol. de lechada 2 = 1720 m. x 21.21 lt./m. = 36483.09 lts.  
= 40047.07 lts.

Cantidad de cemento en sacos = 40047.07 lts. / 50.76 lts./sc.

= 789 sacos de cemento.

más el 100% de exceso

= 789 scs.

Total = 1578 sacos de cemento.

Cantidad de cemento en Kgs. = 1578 scs. x 50 Kgs./sc. = 78900-

Kgs.

= 79 Tns. de cemento.

CANTIDAD TOTAL DE MATERIALES NECESARIOS.

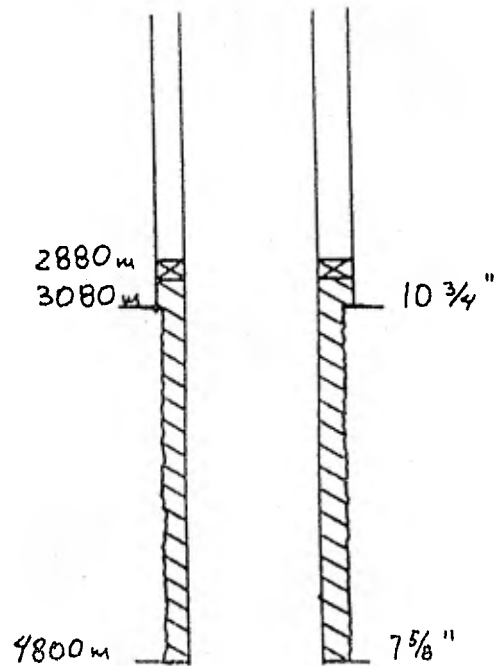
<u>MATERIALES</u>	<u>CANTIDAD</u>
Cemento	79000 Kgs.
Arena silica	27650 "
Cont. de perdida de fluído	158 "
Reductor de fraguado	45 lts.
Agua	45 m <sup>3</sup> .

La cantidad de agua necesaria, se obtiene de multipli-  
car la cantidad de sacos de cemento por el volumen de agua que  
necesita la muestra =

= 1578 scs. x 28.27 lts./sc. = 45 m<sup>3</sup>. de agua.

Bache limpiador - m<sup>3</sup>. de espaciador 100l.





Cementación de la tubería 7 5/8 pgs. Complemento para el pozo  
Bellota 1-A.

Cemento tipo H con 0.5% de dispersante (CFR-2), 0.3%  
de retardador (HR-4), 0.25% de antiespumante.

<u>MATERIAL</u>	<u>VOLUMEN</u>	<u>PESO</u>
Cemento	15.82 lts.	50 Kgs.
Dispersante CFR-2. 0.5%	0.79 lts.	0.25 "
Retardador HR-4, 0.3%	0.04 "	0.15 "
Antiespumante D-Air 1, 0.25%	0.04 "	0.12 "
	= 15.986lts.	= 50.525Kgs.

$$\text{Vol. de agua} = \frac{W - (e \times \text{Vol.})}{e - 1} = \frac{50.525 - (1.9 \times 15.98)}{1.9 - 1}$$

Vol de agua = 22.39 lts.

Rendimiento = 15.986 lts. + 22.39 lts. = 38.376 lts/sc.

Capacidad del espacio anular entre la tubería de 10/34 pgs., -  
y la tubería 7 5/8 pgs. = 17.819 lts./ m., de las tablas de -  
cementación.

Volumen de la lechada de cemento = 2880 m. x 17.819 lt./m.

= 51321.31 lts.

Cantidad de cemento en sacos = 51321.31 lts. / 38.37 tls./  
sc.

= 1337.3 sacos de cemento.

Cantidad de cemento a granel = 1337.3 scs x 50 Kgs./cs.

= 66.8 Tns. de cemento.

Más el 50% de exceso = 33.5 Tns. de cemento.

= 100 Tns. de cemento.

#### CANTIDAD DE MATERIALES:

<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>
Cemento tipo "H"	100000 Kgs.
Dispersante CFR-2, 0.5%	500 Kgs.
Retardador HR-4, 0.3%	300 Kgs.
Antiespumante D-Air 1, 0.25%	<u>250 Kgs.</u>
Total de material	=101050 Kgs.

Volumen de agua necesaria para mezclar el total de material -  
usado en la cementación:

$$\text{Vol. de agua} = (101050 \text{ Kgs./}50 \text{ Kgs./sc.}) \times 22.39 \text{ lts/}$$

$$\text{sc.}$$

$$= 44780 \text{ lts. de agua.}$$

$$= 44.7 \text{ m}^3 \text{ de agua.}$$

Bache limpiador de  $2 \text{ m}^3$  de agua.

VERIFICACION DEL CALCULO DEL FLUJO CON EL CUAL  
SE PROGRAMA LA CEMENTACION DE LA TUBERIA DE RE  
VESTIMIENTO.

El comportamiento de flujo de los fluidos, es un aspecto importante en una cementación primaria.

Las Técnicas comunmente empleadas son:

Desplazamiento bajo régimen turbulento, en donde el número de Reynolds. (NRe), sea mayor de 2100 y el desplazamiento bajo régimen de flujo tapón o sea menor de 2100.

Para establecer el régimen de desplazamiento adecuado, es necesario calcular la presión de fondo de desplazamiento de la lechada, a condiciones de operación y compararla con la presión de fractura de la formación: Si con régimen turbulento, no es posible llevar a cabo la cementación por sobre pasar la presión de fractura de la formación, se deberá diseñar para --

flujo tapón.

La secuela a seguir en el cálculo del tipo de flujo durante la cementación, se deberá partir de las propiedades reológicas de la lechada de cemento, como es la viscosidad -- plástica ( $v_p$ ), viscosidad aparente ( $v_a$ ) y punto de cedencia ( $Y_p$ ).

Con estas propiedades reológicas, podemos obtener -- los parametros,  $n'$  (Índice de comportamiento), que nos define la desviación de su comportamiento con respecto a un fluido -- Newtoniano y  $K'$  (índice de consistencia), que es una medida -- de la viscosidad de dichos fluidos.

Paso 1.- Para determinar  $n'$  y  $k'$ , se utilizan las fórmulas -- siguientes:

$$n' = 3.32 \log. \frac{2v_p + Y_p}{v_p + Y_p} \dots\dots\dots (1).$$

$$\text{Donde: } v_p = L_{600} - L_{300} \text{ (cps.)}$$

$$Y_p = L_{300} - v_p \text{ (lbs/100 pies}^2\text{)}$$

$$K' = N \frac{v_p + Y_p}{100 + 511 n'}$$

Donde:  $N$ ; constante de resorte del viscosímetro.

(1, 2, 3).

Paso 2.- Determinar la velocidad crítica del cemento en el es pacio anular, para obtener un flujo turbulento, se usa la siguiente fórmula:

$$V_c = \left[ \frac{135.48 K' \left( \frac{96}{d_a - d_t} \right)^{n'}}{e} \right]^{\frac{1}{2-n'}} \dots (3).$$

Donde:

$V_c$  = Velocidad del cemento en pies/seg.

$d_t$  = Diámetro exterior de la TR., en pgs.

$d_a$  = Diámetro del agujero en pgs.

$e$  = Densidad de la lechada de cemento en grs./cc.

Paso 3.- Determinar el gasto crítico, utilizando la fórmula siguiente:

$$Q_c = V_c \times 60 \times \text{Cap. Esp. Anular (bls./min.)} \dots (4)$$

Paso 4.- Determinar el número de Reynolds (NRe) para cada uno de los fluidos. Así como el factor de fricción. Utilizando -- las siguientes formulas.

$$NRe = \frac{15.5 V_c \left( \frac{96}{d_a - d_t} \right)^{n'}}{K' \left( \frac{96}{d_a - d_t} \right)^{n'}} \times \dots (5)$$

Donde  $V_c$  = pies/seg.

Para régimen turbulento:

$$F = 0.00454 + \frac{0.645}{(NRe)^{0.7}} \dots (6)$$

Para régimen laminar:

$$F = \frac{16}{NRe} \dots (7)$$

Paso 5.- Calcular las pérdidas de presión por fricción en -- el espacio anular para cada fluido, utilizando la siguiente--

fórmula:

$$\Delta P_{fa} = \frac{0.099 L \rho V_c^2 f}{d_a - d_t} \quad (8)$$

Donde:

L = Longitud en (m).

$\Delta P_{fa}$  = Pérdida de presión por fricción en el espacio anular-  
(lb/pgs<sup>2</sup>).

TABLA I

FLUIDO	Vc	L	$\rho$	P	$\Delta P_{fa}$
CEMENTO					
LODO					
FLUIDO LIMPIADOR.					

$\Sigma P_{fa}$ -----

Paso 6.- Calcular la presión hidrostática para los tres fluidos en el espacio anular, utilizando la siguiente fórmula.

$$P_h = \frac{Pr \times \rho}{10} \text{Kgs/cm}^2 \quad (9)$$

$$P_h = 1.4 \times Pr \times \rho \text{ lbs/pg}^2 \quad (9')$$

Donde: Pr. = Profundidad.

Ph = presión hidrostática.

TABLA II

FLUIDO	O	L	Ph
CEMENTO			
LODO			
FLUIDO LIMPIADOR			

$$\Sigma Ph$$

Paso 7.- Calcular la presión de fondo de cementación sumando la  $\Sigma P_{fa}$  de la tabla I.

y la  $\Sigma Ph$  de la tabla II:

$$PFC = \Sigma P_{fa} + \Sigma Ph \quad (lb/pg^2) \quad \text{-----} \quad (10)$$

Paso 8.- Calcular el gradiente de cementación usando la fórmula siguiente:

$$G_c = \frac{0.07 \times PFC}{\text{Prof. a Cementar}} \quad \left( \frac{\text{Kgs/cm}^2}{\text{m.}} \right) \quad \text{-----} \quad (11)$$

Con cálculo efectuado del gradiente de cementación y comparado con el gradiente de fractura se efectúan las siguientes -- consideraciones.

Sí  $G_c < G_f$ . La cementación puede llevarse a cabo.

Sí  $G_c > G_f$ . La cementación no podrá efectuarse mediante flujo-turbulento, ya que se perdería la circulación, por

lo tanto se tendrán dos alternativas.

a).- Modificar la lechada para mejorar sus propiedades reológicas.

b).- Calcular para flujo tapón.

Paso 9.- Calcule el tiempo de contacto de la siguiente forma:

a).- Calcule el volumen del colchón de acuerdo con la longitud de colchón.

Considerada en la Tabla I.

Vol. 1 (bls.) =  $L \times 3.28 \times \text{Cap. esp. anular (bls/pié)}$ .  
bls.

b).- Calcule el volumen entre la cima teórica del cemento (1) y la profundidad del punto más somero, de interés (12).

Vol. 2 =  $(l_2 - l_1) \times 3.28 \times \text{Cap. anular} = \text{bls.}$

c).- Divida la suma de los volúmenes calculados entre el gasto crítico calculado anteriormente.

$$TC = \frac{\text{Vol. 1} + \text{Vol. 2}}{Q_c} = \text{min.}$$

Si Tc es mayor de 7.5 minutos, continúe sus cálculos con el paso 10.

Si Tc es menor de 7.5 minutos, aumente la longitud del colchón si no hay peligro de un flujo, o bien aumente la longitud de cementación si lo permite el gradiente de fractura. Si hace alguna modificación repita los cálculos a partir del paso 5 para las nuevas condiciones.



paso 10.- Cálculo de la presión superficial y la potencia hidráulica.

a).- Calcule la velocidad de el lodo dentro de la tubería utilizando  $Q_c$  y la fórmula (13).

$$v_t = \frac{Q_c}{60 \times \text{Cap. T.R.}} \quad (\text{pie/seg.}).$$

b).- Calcule el número de Reynolds y el factor de fricción para el lodo, utilizando las fórmulas 14, 15 y 15 llene la tabla III.

$$NRe = \frac{15.5 \ v^{(2-n')}}{K' \left(\frac{96}{n'}\right)^{n'}} \quad (14)$$

$$f = 0.00454 + \frac{0.645}{(NRe)^{0.7}} \quad (15) \quad (NRe > 2100)$$

$$f = \frac{16}{NRe} \quad (15') \quad (NRe < 2100)$$

TABLA III

<u>FLUIDO</u>	$v_t$	$n'$	$K'$	$p$	$dt^*$	$L^*t$	NRe	f
LODO								

$dt^*$  es el diámetro interior promedio de la tubería y  $L^*t$  la longitud de la T.R.

a).- Calcule la caída de presión dentro de la T.R., utilizando los datos de la tabla III y la ecuación Número 16.

$$\Delta Pft = \frac{0.099 \text{ Lt } \rho \text{ vt}^2 \text{ f}}{dt} \text{ -----(16)}$$

Lt en metros y  $\rho$  en grs./cc.

b).- Obtenga la diferencia entre la presión hidrostática en el interior de la T.R. y la del espacio anular, anotada en la tabla II.

$$P.H. = \sum Ph = 1.42 \rho \text{ lodo} \times L = \text{lb/pg}^2.$$

c).- Obtenga la presión superficial  $P_w$  sumando la  $P_{fa}$  del paso 5., y la del  $Pft$  del paso 10-c, y la  $PH$  del paso 10-d.

$$P_w = \sum P_{fa} + \Delta Pft + PH = \text{lb/pg}^2.$$

Paso 11.- Calcule la potencia hidráulica necesario utilizando  $Q_c$  calculada en el paso 3 y  $P_w$  calculada en el paso 10-e, y la fórmula 17.

$$HHP = \frac{Q_c \times P_w}{40.8} \text{ -----(17)}$$

Paso 12.- Calcule la cantidad de cemento utilizando la capacidad del espacio anular C.E.A. en bls/pié, la longitud a cementar ( $L_c$ ) en metros y el rendimiento ( $R$ ) en lts/tons.

$$\text{Cant. Cemento} = \frac{C.E.A. \times L.C.}{R} \text{ (Tons.)}$$

Paso 13.- Calcule el tiempo de desplazamiento utilizando  $Q_c$  del paso 3, la longitud de TR. ( $L_t$ ) en metros y la capacidad de la T.R. (C.T.R.) en bls/pié,  $L_C$  y CEA del paso 9 y la fórmula número 18.

$$T_d = \frac{L_t \times CTR + x \text{ CEA}}{Q_c} \quad (\text{min}) \quad \text{----- (18)}$$

De acuerdo a los diseños tanto de tuberías de revestimiento, como para las cementaciones de estas, las tuberías de revestimiento y los diseños de cemento, fueron los siguientes.

La tubería conductora fue cementada a 60 mts., es tubería de grado B (0.250, bisel), con un diámetro de 24 pgs., y para su cementación se utilizaron, 20 tns. de cemento tipo II, con el 2% de acelerador de fraguado, con una densidad de lechada de cemento de 1.90 grs./cc.

La tubería superficial, con diámetro de 16 pgs. quedo distribuida de la siguiente manera:

- Zapata guía.
- 2 T. de tubería K-55-84 lbs/pié, 8 hrr.
- Cople flotador.
- Tubería K-55-84 lbs./pié. 8hrr.

En la cementación de está tubería se utilizaron 40 tns., de cemento tipo "H" al 2% de dispersante de arcilla (CFR-2) y 0.15 de retardador de fraguado (HR-4), y 60 tns., de cemento tipo "H" al 0.2% de dispersante (CFR-2), 0.2% de controlador de agua (Hllad 22.4), 0.2% de antiespumante D-Air. 1, con previo bache limpiador de 3 m<sup>3</sup>. de agua, la densidad de la lechada fue de 1.67 grs./cc.

La tubería intermedia de diámetro 10 3/4 pgs., quedó distribuida de la siguiente manera:

- de 3882.00 m. - 3881.67 m. Zapata guía.
- 3045.28 3 T. TR., P-110-60.7 lb/pié, 8hrr.
- 3043.53 m. Combinación 8h a Buttress.
- 3043.06 " Cople diferencial.
- 3016.45 " Cople de retención.
- 1946.60 " 89 T. TR., P-110-60.7 - - 8hrr.
- 1042.93 " 78 T. TR., P-110-55.5 - - 8 hrr.
- 694.61 " 29 T. TR., P-110-55.5 - - 8 hrr.
- 0.00 " 57 T. TR., P-110-60.7 - - 8 hrr.

Para la cementación de la primer etapa de esta tubería se utilizaron 20 tns. de cemento Thix set, con el 0.3% de retardador de fraguado HR-4 y 40 Tns., de cemento tipo G, con 0.3% de retardador, 0.5% de dispersante y 0.25% de antiespumante. Con densidad de lechada de 1.90 grs./cc., previo bache de 2m<sup>3</sup>. de agua.

Para la segunda etapa se utilizaron 30 tns. de cemento Thix set, al 0.3% de retardador y 30 tns., de cemento tipo H al 4% de retardador con una densidad de lechada de 1.90 ---

grs./cc. previo bache de 3 m<sup>3</sup>. de agua.

La TR., corta 7 5/8 pgs., quedo distribuida como sigue:

- de 4808.0 - 4807.50 m. Zapata flotadora tipo "V"
- 4784.00 " 2 T. TR. V-150-39, BCN
- 4783.55 " Cople flotador
- 4771.80 " 1 T. T.R., V-150-39, BCN.
- 4771.30 " Cople de retención.
- 2851.81 " 181 T. TR. V-150-39, BCN.
- 2851.46 " Comb. piñon But. a caja 8 hrr.
- 2850.65 " Unión giratoria.
- 2847.06 " Conjunto colgador mecánico.
- 2844.82 " Receptáculo pulido.
- 2842.97 " Camisa soltadora.

Para su cementación se utilizaron 80 tns., de cemento tipo H, con el 35% de arena silica, 0.2% de controlador de pérdida de fluido, 0.2% de dispersante, 0.4% de retardador, 1-lt/m<sup>3</sup>, de antiespumante. Con una densidad de la lechada de 1.-90 grs./cc. previo bache de espaciador 1001 de 3 m<sup>3</sup>..

La TR., de 5 pgs. quedo distribuida de la siguiente manera:

- de 5809.00 m. - 5805.5 m. Zapata flotadora tipo "V"
- 5738.93 m. 2 T. TR. P-110-18, BCE.
- 5788.35 " cople flotador.

- 5778.53 " 1 T. TR. P-110-18, BCE.
- 5778.29 " Cople de retención.
- 4605.45 " 108 T. TR. P-110-18, BCE.
- 4604.74 " Unión giratoria.
- 4601.64 " Colgador mecánico.
- 4597.02 " Receptáculo pulido.
- 4595.23 " Camisa o cople soldador.

Para su cementación se utilizaron 16 tns. de cemento-tipo H, con el 5% de material para altas temperaturas (harina-de silice), 5% de arena de silice, 0.6% de dispersante, 0.8%--de controlador de pérdida de agua, 0.25% de antiespumante, 1.3% de retardador de fraguado, previo bache de espaciador CS-2, de 6 m<sup>3</sup>., con densidad de la lechada de 1.60 grs./cc.

La cementación de la prolongación de la tubería de 5 pgs., (STUB) quedó distribuida de la siguiente manera:

de 4599.40 - 4597.20 m. Herramienta de enlace posterior "Tie Back".

- 4586.71 " 1 T. TR. P-110-18, 8hrr.
- 4585.65 " Combinación 8hrr a Butt.
- 4585.10 " Cople flotador.
- 4574.46 " 1 T. TR. P-110-18, BCN.
- 4573.89 " Cople flotador.
- 4561.24 " 1 T. TR. P-110-18, BCN
- 4561.00 " Cople de retención.

- 4481.07 " 7 T. TR. P-110-18, BCN.
- 4480.87 " Comb. BCN. a 8hrr.
- 4008.79 " 42 T. T.R. P-110-18, 8hrr.
- 4007.37 " Comb. 8hrr a piñón Butt.
- 4006.71 " Unión giratoria.
- 4003.62 " Conjunto colgador mecánico.
- 3999.00 " Receptáculo pulido.
- 3997.22 " Cople Soltador.

Se cementó con 10 tns. de cemento tipo H, al 35% de harina silice 0.75% de dispersante, 0.6% de controlador de -- pérdida de agua, 0.25% de antiespumante, 0.2% de retardador -- previo bahce de 3 m<sup>3</sup>. de agua. Con una densidad de lechada -- de 1.90 grs./cc.

La TR., 7 5/8 pgs., complemento quedo distribuida de la siguiente forma:

- de 2839.00 - 2837.00 m. Herramienta de enlace poste rior.
- 2817.00 " 2 T. TR. P-110-39, 8hrr.
- 2816.03 " Cople diferencial.
- 1705.25 " 99 T. TR. P-110-39, 8hrr.
- 1003.46 " 61 T. TR. P-110-33.5 hrr.
- 0.00 " 85 T. TR. C- 75-39, 8hrr.

Se cementó con 90 tns. de cemento tipo H, al 0.4% de retardador, 0.5% de dispersante, 1 lt./m<sup>3</sup>. de antiespuman

te, previo bache de agua de  $2 \text{ m}^3$ . Con una densidad de la lecha da de 1.90 gr./cc.

#### CONDICIONES DEL FLUIDO DE PERFORACION

Cuando se ha determinado la profundidad a la que se va a cementar una tubería de revestimiento, al fluido o lodo de perforación se le debe de proporcionar un tratamiento adecuado, para llegar con éxito a la operación de cementación.

Debe cumplir con las características reológicas con las que se este perforando el pozo, tales como:

- Peso específico.
- Viscosidad.
- Resistencia al gel.
- Filtración.
- Concentración de sal.

Peso específico.- Esta propiedad se debe cuidar, ya que deberá crear una presión hidrostática tal que no sea menor ni mayor que la presión de formación perforada. Esto podría ocasionar un brote imprevisto o inducir una pérdida de circulación.

Viscosidad.- Esta cualidad deberá ser apropiada con el fin de que se acarreen los recortes de formación del fondo hacia la superficie.

Resistencia al gel.- Es la característica que permite que los recortes de formación queden en suspensión, durante la-



interrupción de circulación, en lugar de asentarse en el fondo del pozo.

Filtración.- La estabilidad de la suspensión de arcilla en el líquido, es una cualidad deseable del lodo, al no tenerla, el lodo tiende a separarse por filtración, este fenómeno permite al agua separarse de la suspensión y filtrarse dentro de la formación. El grosor de esta puede llegar a aumentar hasta impedir el paso de la columna de perforación, en el caso de la introducción de la TR., esta capa puede llegar a impedir su paso.

Concentración de sal.- Puesto que la sal tiene efectos adversos en las suspensiones de agua y arcilla, siempre es deseable saber el grado de salinidad del lodo, para tomarse en cuenta en el diseño del cemento.

CAPITULO IVANALISIS DE COSTOS

Basándose en la gráfica número 4, donde se ilustran - profundidades a que fueron cementadas las tuberías revestimien- to, utilizadas en el pozo Bellota 1-A, y en base a los resulta- dos obtenidos en estas cementaciones y diseños de tuberías, se propone un proyecto a seguir para la introducción y cementa- ción de las tuberías de revestimiento en pozos a perforar en - el campo Bellota, Zona Villahermosa Tabasco.

Se hace un análisis de costos de las tuberías de re- vestimiento, accesorios, cementos y aditivos utilizados en la cementación del mismo pozo, para que en relación al proyecto, - se observó el incremento en el costo de la cementación de las- tuberías de revestimiento que se utilizarán en la perforación- y terminación de los pozos de el campo Bellota.

TUBERIA	Profundidad de intro- ducción y cementación de la TR. en el pozo. Bellota 1-A.	Proyecto de - introducción- de TR. y ce- mentación pa- ra el campo - Bellota.
---------	---	--

Conductora 24 pgs.	60 m.	50 m.
Superficial 16 pgs.	1000 m.	1000 m.
Intermedia 10 3/4 pgs.	3082 m.	3000 m.
Tubería corta 7 5/8 pgs.	4808 - 2843 m.	4800 - 2800 m.
Tubería corta 5 pgs.	5809 - 4595 m.	5900 - 4600 m.
Complemento TR. 7 5/8 pgs.	2843 - a superficie	2800 - a superf.
Prolongación TR. 5 pgs.	4595 - 3997 m.	4600 - 4000 m.

A continuación se hace el análisis de los costos de -  
la forma siguiente:

I.- De las tuberías de revestimiento.

II.- De los accesorios utilizados en la TR.

III.- De los cementos empleados en la cementación de -  
la TR.

IV.- De los aditivos utilizados en los cementos.

#### ANALISIS DE COSTOS

I.- De las tuberías de revestimiento utilizadas en el  
ademe del pozo Bellota 1-A.

a).- Tubería conductora de 24 pgs. de diámetro:

<u>TIPO</u>	<u>Costo por metro</u>	<u>Costo Total</u>
60 m. de tub., grado B (0.250 bicel)	\$ 18000.00	\$ 1080000.00
b).- Superficial 16 pgs. de diámetro		

1000 m. tub., K-55, - 84 lb/pié - 8 hrr'	\$ 4500.00	\$4500000.00
c).- Tubería intermedia 10 3/4 --- pgs.		
1252 m. de tub. P-110-55 lb/pié,- 8 hrr.	\$ 3261.00	\$4082772.00
1830 m. de tub. P-110-60.7 lb/pié 8 hrr.	\$ 3566.00	\$6525780.00
d).- tubería corta 7 5/8 pgs.		
1920 m. tub. V-150 - 39 lb/pié -- BCN.	\$ 3126.00	\$6001920.00
e).- Tubería corta 5 pgs.		
1214 m. tub., P-110-18 lb/pié BCE.	\$ 1148.00	\$1393672.00
f).- Prolongación T.R. 5 pgs. - - (Stub.)		
598.0 m. tub. P-110-18 lb/pié BCE.	\$ 1148.00	\$686504.00
g).- Complemento T.R. 7 5/8 pgs.		
935 m. tub. P-110- 39 lb/pié 8hrr.	\$ 2442.00	\$2283270.00
1070.0 m. tub. P-110-33.7 lb/pié - 8hrr.	\$ 1920.00	\$2054400.00
845.0 m. tub., C-75 39 lb/pié, - - 8hrr.	\$ 2073.00	\$1751685.00

Costo total de la tubería utilizada en el ademe del -  
Pozo Bellota 1-A:

= \$ 30360003.00

## II.- De los accesorios utilizados en el ademe:

a).- <u>Tubería superficial 24 pgs.</u>	<u>Costo por unidad</u>	<u>Costo Total</u>
Zapata guía,	\$ 38000.00	\$ 38000.00
Cople flotador	\$ 45273.00	\$ 45273.00
50 centradores	\$ 2300.00	<u>\$115000.00</u>
	Total	\$198273.00

## b).- Tubería intermedia 10 3/4 pgs.

Zapata guía	\$ 17350.00	\$ 17350.00
Cople de retención	\$ 65000.00	\$ 65000.00
Cople diferencial	\$ 65850.00	\$ 65850.00
Cople de cem. múltiple	\$350000.00	\$350000.00
Combinación 8 hrr., a Butt.	\$ 16000.00	\$ 16000.00
Combinación Butt., a 8 hrr.	\$ 16000.00	\$ 16000.00
50 centradores	\$ 2444.00	<u>\$122200.00</u>
	Total	652400.00

## c).- Tubería corta 7 5/8 pgs.

Zapata flotadora tipo V.	\$ 63000.00	\$ 63000.00
Cople flotador	\$ 35000.00	\$ 35000.00
Cople diferencial	\$ 78000.00	\$ 78000.00
Unión giratoria	\$ 75000.00	\$ 75000.00
Colgador mecánico	\$300000.00	\$300000.00
Receptáculo pulido	\$ 57000.00	\$ 57000.00
Cople soltador	\$ 58000.00	\$ 58000.00

Comb. piñón Butt., a caja 8hr.	\$ 13000.00	\$ 13000.00
50 Centradores	\$ 2895.00	<u>\$144750.00</u>
	Total	\$823750.00

## d).- Tubería corta 5 pgs.

Zapata flotadora tipo V	\$ 52500.00	\$ 52500.00
Cople de retención	\$ 52500.00	\$ 52500.00
Cople flotador	\$ 7800.00	\$ 7800.00
Unión giratoria	\$ 90000.00	\$ 90000.00
Colgador mecánico	\$262500.00	\$262500.00
Receptaculo pulido	\$ 67500.00	\$ 67500.00
Cople soltador	\$ 67500.00	\$ 67500.00
50 centradores	\$ 1425.00	<u>\$ 11250.00</u> \$611550.00

## e).- Prolongación de tubería 5 pgs. (STUB)

Herramienta conectora Tie- Back.	\$ 87750.00	\$ 87750.00
Cople flotador	\$ 7800.00	\$ 7800.00
Cople de retención	\$ 52500.00	\$ 52500.00
Colgador mecánico	\$262500.00	\$262500.00
Unión giratoria	\$ 90000.00	\$ 90000.00
Receptáculo pulido	\$ 67500.00	\$ 67500.00
Cople soltador	\$ 67500.00	\$ 67500.00
40 centradores	\$ 1425.00	<u>\$ 1425.00</u> \$692550.00

f). - Complemento T.R. 7 5/8 pgs.

Herramienta conectora Tie - Back	\$ 126000.00	\$ 126000.00
cople flotador de orificio	\$ 112500.00	\$ 112500.00
50 centradores	\$ 4342.00	<u>\$ 217125.00</u>
		\$ 455625.00

Costo total de los accesorios utilizados en el ademe--  
del pozo, Bellota 1-A = \$ 3434148.00

III.- De cementos utilizados

a).- En T.R. conductora 24 pgs.	Costo por Tons.	Costo Total
20 tons., de cemento tipo II	\$ 2808.49	\$ 56169.80
b).- En T.R. superficial 16 pgs.		
100 tns. de cemento tipo H	\$ 3049.36	\$303936.00
c).- En T.R. intermedia 10 3/4 pgs.		
primera etapa		
20 tns. de cemento tipo H	\$ 3049.36	\$ 60987.20
40 tns. de cemento tipo G	\$ 4264.65	\$170586.00
d).- En T.R. intermedia 10 3/4 pgs.,		
segunda etapa.		
60 tns. de cemento tipo H	\$ 3049.36	\$182961.60
e).- En T.R. corta 7 5/8 pgs.		
80 tns. de cemento tipo H	\$ 4564.60	\$365168.00
f).- En T.R. corta 5 pgs.		
16 tns. de cemento tipo H	\$ 5286.16	\$ 84578.56
g).- En la prolongación de T.R. 5" pgs.		
(STUB).		
10 tns., de cemento tipo H	\$ 5286.00	\$ 52861.60
h).- En el complemento T.R. 7 5/8 pgs.		
100 tns., de cemento tipo H	\$ 5286.16	\$528616.00

COSTO TOTAL DEL CEMENTO UTILIZADO EN EL ADEME DEL POZO:

BELLOTA 1-A = \$ 1,866864.70



## IV.- De los Aditivos utilizados en el cemento.

a).- En T.R. 16 pgs.	Costo por Unidad	Costo Total
120 Kgs. de Hallad 22-4	\$ 275.00	\$ 33000.00
200 Kgs. de CFR-2	\$ 187.00	\$ 37400.00
120 Kgs. de D-Air-1	\$ 100.65	\$ 12078.00
60 Kgs. de HR-4	\$ 48.40	\$ <u>2904.00</u>
	Total	\$ 85382.00

## b).- En T.R. 10 3/4 pgs. primer etapa.

200 Kgs. de Thix Set Comp. A.	\$ 132.00	\$ 26400.00
50 Kgs. de Thix Set Comp. B.	\$ 302.50	\$ 15125.00
190 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ 10450.00
3500 Kgs. de SSA-1	\$ 6.60	\$ 23100.00
220 Kgs. de CFR-2	\$ 180.00	\$ 39600.00
120 Kgs. de Hallad 22-A	\$ 280.41	\$ 33650.00
15 Kgs. de D-Air-1	\$ 106.15	\$ 1692.25
900 Kgs. de sal	\$ 7.33	\$ <u>6600.00</u>
	Total	\$ 156617.25

## c).- En T.R. 10 3/4 pgs., segunda etapa'

300 Kgs. de Thix Set Comp. A.	\$ 132.00	\$ 39600.00
75 Kgs. de Thix Set Comp. B.	\$ 302.50	\$ 22687.00
149 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	8200.00
150 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 29700.00

400 Kgs. Cloruro de Potacio	\$ 8.75	\$ 3500.00
6.8 Kgs. de D-AIR-1	\$ 106.47	\$ <u>724.00</u>
Total		\$104411.50

## d).- En T.R. 7 5/8" pgs. Corta.

28000 Kgs. de D-30	\$ 37.70	\$1055600.00
160 Kgs. de D-60	\$ 480.95	\$ 76952.00
160 Kgs. de D-65	\$ 300.50	\$ 48080.00
320 Kgs. de D-28	\$ 232.14	\$ 103404.00
67 lts. de D-47	\$ 208.00	\$ <u>13936.00</u>
Total		\$1297972.00

## e).- En T.R. 5 pgs. Corta.

800 Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ <del>9240.00</del>
800 Kgs. de SSA-2	\$ 11.55	\$ 9240.00
96 Kgs. de CFR-2	\$ 197.80	\$ <del>18990.00</del>
96 Kgs. de Diacel LWL	\$ 332.43	\$ 31913.75
237 Kgs. de HR-12	\$ 109.06	\$ 25847.50
40 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ 4730.00
851 Kgs. de Cs-2	\$ 79.75.	\$ <u>67860.00</u>
Total		\$ 167821.25

## f).- En prolongación T.R. 5 pgs. (STUB)

3500 Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ 40425.00
75 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 14850.00

96	Kgs. de CFR-2	\$ 11.55	\$ 40425.00
96	Kgs. de Diacel LWL	\$ 197.43	\$ 31913.75
237	Kgs. de HR-12	\$ 109.06	\$ 25847.50
40	Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ 4730.00
851	Kgs. de Cs-2	\$ 79.75	\$ <u>67860.00</u>
	Total		\$167821.25

## f).- En prolongación T.R. pgs. (STUB)

3500	Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ 40425.00
75	Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 14850.00
60	Kgs. de Hallad 22-A	\$ 288.75	\$ 17325.00
80	Kgs. de HR-12	\$ 134.75	\$ 10780.00
25	Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ <u>2956.25</u>
	Total		\$ 86336.25

## g).- En el complemento T.R. 7 5/8 pgs.

500	Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 99000.00
300	Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ 16500.00
250	Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ <u>29562.00</u>
	Total		\$145062.50

EL COSTO TOTAL DE ADITIVOS UTILIZADOS EN LOS CEMEN--  
TOS PARA LA CEMENTACION DE LAS TUBERIAS DE REVESTIMIENTO DEL-  
POZO BELLOTA 1-A = \$2043602.75

El costo total del ademe del pozo Bellota 1-A = - -  
\$ 37,704618.00

Como se observará que las tuberías de revestimiento en el proyecto de pozos a perforar en el campo Bellota, son -- relativamente a las mismas profundidades que en el pozo Bellota 1-A. Debido a los buenos resultados obtenidos en este pozo, se utilizarán los mismos tipos de tuberías y programas de cements, ya establecidos para el pozo Bellota 1-A.

I.- De las tuberías de revestimiento:

a).- Tubería conductora de 24 pgs. de diámetro.

<u>TIPO.</u>	<u>Costo por metro</u>	<u>Costo Total</u>
60 m, de gub. grado B (0.250-bicel)	\$ 1800.00	\$1080000.00

b).- Superficial 16 pgs.

1000 m, Tub. K-55, 84 lb/ pié 8hrr.	\$ 4500.00	\$4500000.00
-------------------------------------	------------	--------------

c).- Intermedia 10 3/4 pgs.

1252 m. de tub. P-110-55 lb/- pié 8 hrrs.	\$ 3261.00	\$4082772.00
---	------------	--------------

1748 m. de tub. P-110-60.7 -- lb/pié, 8hrr.	\$ 3566.00	\$6233368.00
---	------------	--------------

d).- Corta de 7 5/8 pgs.

2000 m, de tub. V-150 39 lb/- pié BCN.	\$ 3126.00	\$6252000.00
--	------------	--------------

e).- Corta de 5 pgs.

1300 m. tub. P-110,18 lb/pié-BCE.	\$ 1148.00	\$1492400.00
-----------------------------------	------------	--------------

f).- Prolongación T.R. 5 pgs. (STUB).

600 m. tub. P-110-18 lb/pié -- BCE.	\$ 1148.00	\$ 68800.00
g).- Complemento T.R. 7 5/8 -- pgs.		
935 m. tub. P-110,39 lb/pié -- hrr.	\$ 2442.00	\$2283270.00
1070 m. tub. P-110,33.7 lb/pié- 8hrr.	\$ 1920.00	\$2054400.00
795 m. tub. C-75 39 lb/pié 8hrr.	\$ 2073.00	<u>\$1648035.00</u>
		\$30315045.00

COSTO TOTAL DE LA TUBERIA QUE SE UTILIZARA EN EL ADEME DEL PRO-  
YECTO DE POZOAS EN EL CAMPO BELLOTA. = \$ 30360003.00

## II.- De los accesorios.

Se utilizarán los mismos accesorios, que en el pozo - Bellota 1-A. Por consiguiente tendrán el mismo valor total.

\$ 3434148.00

## III.- De los cementos.

a).- En T.R. conductora 24 pgs.	Costo por Ton.	Costo Total
20 tns. de cemento tipo II.	\$ 5286.16	\$103723.20
b).- En T.R. 16 pgs.		
100 tns. de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$528616.00
c).- En T.R. 3/4 pgs. primer etapa.		
20 tons. de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$105723.20
40 tns. de cemento tipo G.	\$ 6500.00	\$260000.00
d).- En T.R. 10 3/4 pgs. segunda - etapa.		
60 tns. de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$317169.00
e).- En T.R. corta 7 5/8 pgs.		
80 tons. de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$422892.80
f).- En T.R. corta 5 pgs.		
16 tns. de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$ 48578.56
g).- En la prologación de T.R. pgs.		
10 tons de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$ 52861.60
h).- En el complemento T.R. 7 5/8 - pgs.		
100 tns de cemento tipo H.	\$ 5286.16	\$ 528616.00
		\$2404180.96
COSTO TOTAL DEL CEMENTO QUE SE UTILIZARA =		\$2404180.96

## IV.- De los aditivos.

## a).- En T.R. 16 pgs.

120 Kgs. de Hallad 22-A	\$ 288.75	\$ 34650.00
200 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 39600.00
120 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ 14190.00
60 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ <u>3300.00</u>
		\$ 91740.00

## b).- En T.R. 10 3/4 pgs. primer etapa.

200 Kgs. de Thix Set comp. A	\$ 145.00	\$ 29000.00
50 Kgs. de Thix Set comp. B	\$ 332.00	\$ 16600.00
190 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ 10450.00
3500 Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ 40425.00
220 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 43560.00
120 Kgs. de Hallad 22-A	\$ 288.75	\$ 34650.00
15 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ 1773.75
900 Kgs. de sal	\$ 8.50	\$ <u>7650.00</u>
		\$ 184108.75

## c).- En la T.R. 10 3/4" pgs. segunda etapa.

300 Kgs. de Thix Set. Comp. A	\$ 145.00	\$ 43500.00
75 Kgs. de Thix Set. Comp. B	\$ 332.00	\$ 24900.00
149 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ 8195.00
150 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 29700.00
400 Kgs. de cloruro de pota cio.	\$ 9.75	\$ 3900.00

6.8 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ <u>804.10</u>
		\$110999.10

d).- En T.R. 7 5/8 pgs. corta

28000 Kgs. de D-30	\$ 41.40	\$116200.00
160 Kgs. de D-60	\$ 529.04	\$ 84646.40
160 Kgs. de D-65	\$ 330.50	\$ 52880.00
320 Kgs. de D-28	\$ 355.45	\$113744.00
67 Kgs. de D-47	\$ 228.80	\$ <u>15329.00</u>
		\$1428600.00

e).- En T.R. 5" corta.

800 Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ 9240.00
800 Kgs. de SSA-2	\$ 11.55	\$ 9240.00
96 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 19008.00
96 Kgs. de Diacel LWL	\$ 332.43	\$ 31912.28
237 Kgs. de HR-12	\$ 134.75	\$ 31935.75
40 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ 4730.00
851 Kgs. de CS-2	\$ 79.75	\$ <u>67867.25</u>
		\$173934.28

f).- En la prolongación de T.R. 5 pgs.

3500 Kgs. de SSA-1	\$ 11.55	\$ 40425.00
75 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 14850.00
60 Kgs. de Hallas 22-A	\$ 288.75	\$ 17325.00
80 Kgs. de HR-12	\$ 134.75	\$ 10780.00



25 Kgs. de D-AIR-I	\$ 118.25	\$ <u>2956.25</u>
		\$ 86336.25

g).- En el complemento T.R. 7 5/8 pgs.

500 Kgs. de CFR-2	\$ 198.00	\$ 99000.00
300 Kgs. de HR-4	\$ 55.00	\$ 16500.00
250 Kgs. de D-AIR-1	\$ 118.25	\$ <u>29562.00</u>
		\$145062.00

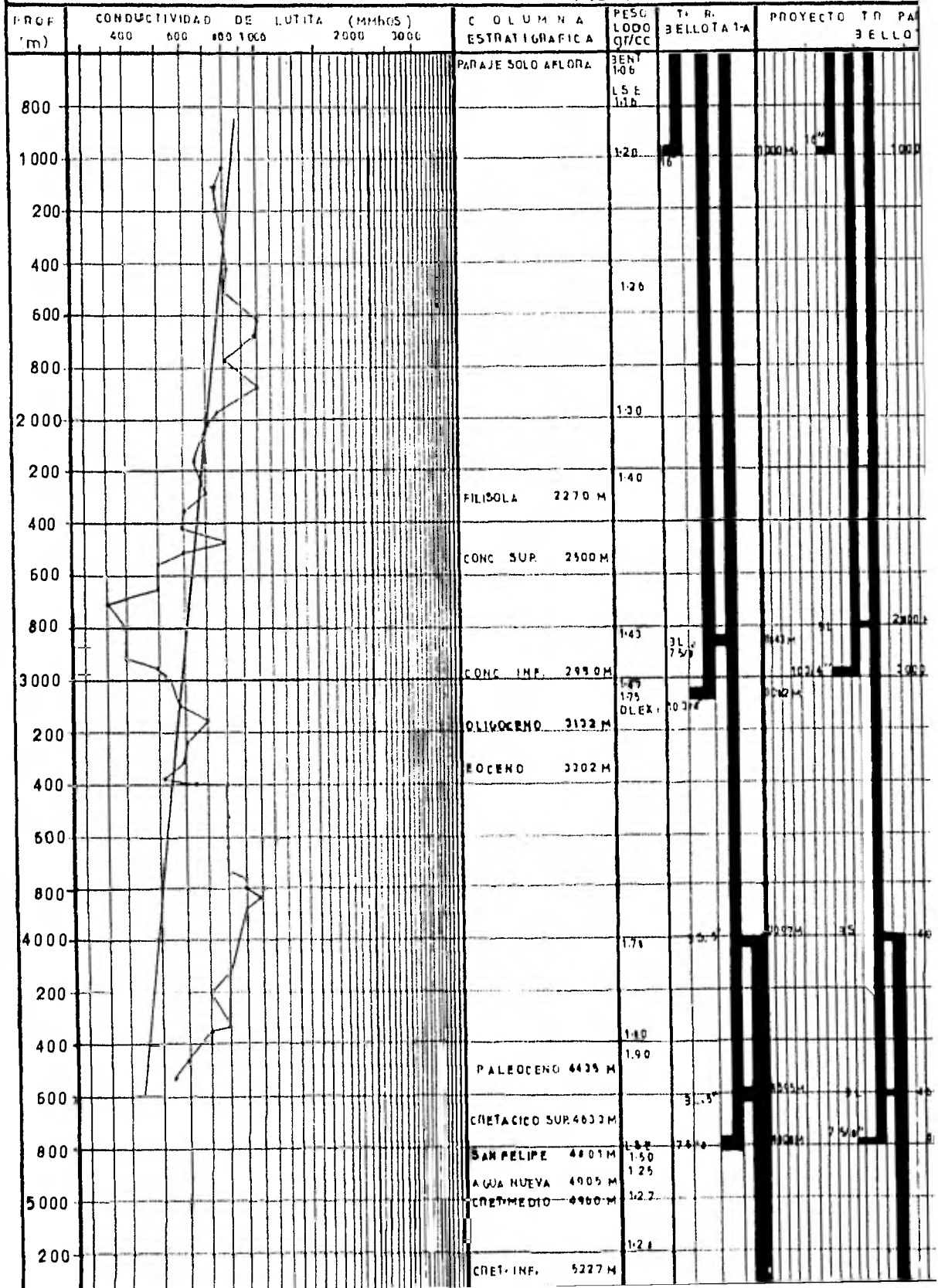
Costo total de los aditivos: = \$ 2220780.88

OBTENIENDOSE UN COSTO TOTAL EN EL

ADEME DEL POZO DE = \$ 38,419113.84

# PROYECTO DE INTRODUCCION DE TUBERIAS DE REVESTIMIENTO PARA EL CAMPO "BELLOTA"

## GRAFICA No. 4



CONCLUSIÓN

Si analizamos el costo total del ademe del pozo Bellota 1-A y del Ademe de un pozo proyecto para el campo Bellota, - se observará que el ademe del pozo proyecto se incrementa en - el 1.7% del costo total del ademe del pozo Bellota 1-A.

Pero se tienen que tomar en cuenta las siguientes con sideraciones, a partir del mes de Mayor de 1982, a causa de la devaluación de la moneda mexicana:

- El costo de la tubería de revestimiento se incrementa en un 50%.
- El costo de los accesorios se incrementa en un 100%.
- El costo de cementos y aditivos se incrementan en - un 50%.

Por lo consiguiente los costos se verán afectados, -- son los siguientes:

- De las tuberías	= \$ 45,540005.00
- De los accesorios	= \$ 6,868296.00
- De los cementos	= \$ 3,606271.44
- De los aditivos	= \$ 3,331171.32

Siendo el costo total del ademe \$ 59,345744.26

Analizando este tiene un incremento en un 57.4%.

En base a los resultados obtenidos en el pozo Bello-

ta 1-A, existe un proyecto inicial de perforar 7 pozos, los-  
cuales tendrán una erogación total de: \$ 415,420209.82.

Este se verá afectado debido a que se incrementa el  
precio de los elementos empleados y principalmente en el ce  
mento se tienen aumentos constantes de valor, como consecuen-  
cia un incremento y una erogación mayor en la perforación de  
estos pozos.

APENDICE A.

La existencia de roturas y colapsos en tuberías de revestimiento de 7 5/8 pgs., es un problema en el área de Villahermosa Tabasco.

Situando los casos de colapsos y roturas de las tuberías, se nota una relación directa con el espesor de las formaciones lutíticas plásticas y semiplásticas del área y se ha encontrado que son lutitas del Eoceno y Oligoceno.

Durante la perforación de un pozo que cruza formaciones plásticas, es de máxima importancia conocer el rango de densidades del fluido de control sin causar la deformación plástica de la pared del pozo.

Si se utiliza un fluido de menor densidad, la deformación dá como resultado una contracción de la pared del agujero, lo que provocará atrapamiento de la sarta de perforación o problemas al intentar situar la tubería de revestimiento. Si se utiliza un fluido de densidad excesiva, la deformación dará como resultado un agrandamiento del control del pozo y en caso extremo la fractura de la formación y pérdida severa de circulación.

El fluido de control para perforar estas formaciones es lodo de emulsión inversa con una densidad promedio de 2 grs.

cc., en estas condiciones se evita la desestabilización de la arcilla por efectos iónicos, la aportación de fluidos de la formación anormalmente geopresionada y el atrapamiento de la sarta de perforación por desplazamiento de la formación plástica hacia el pozo.

Una premisa básica para el diseño tradicional de una tubería de revestimiento, es que la formación a la que se va a cementar la tubería tenga un comportamiento elástico, lo que equivale que la resultante de esfuerzos de la formación en un plano perpendicular al eje del pozo y radialmente al mismo sea nula, en el caso de las formaciones plásticas esta premisa no se cumple, existe un esfuerzo resultante en tal plano que implica el desplazamiento de la formación y la acción del esfuerzo, sobre la tubería de revestimiento.

Teóricamente el esfuerzo máximo al que quedará sometida la tubería de revestimiento, a un tiempo infinito, será la presión total ejercida por el gradiente de roca.

Hay evidencia suficiente para definir a los sedimentos terrígenos terciarios del área, como formaciones con comportamiento plástico, el colapso de la tubería de revestimiento, se evitará con un diseño adecuado de la misma a condiciones de trabajo del área.

Las tuberías de revestimiento diseñadas en forma adi-

dicional, quedan sujetas a cargas de roca, para las cuales -- no fueron diseñadas.

En la gráfica No. 4, se observará que al entrar a la formación del Eoceno, se tiene una zona altamente geopresionada.

La tubería de 7 5/8 pgs., v-150-39 lbs./pie, despues de los 4000 m., está teoricamente colapsada, por lo que se -- utiliza para revestir este colapso una prolongación de tubería de 5 pgs., que nos cubre las deficiencias que presente -- la tubería de 7 5/8. pgs..

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual de Cementaciones.  
Dowell Schlumberger.
- 2.- Composite Catalog.  
Of Oil Field Equipment and Services.  
Published Word Oil.
- 3.- Outline of Oil Well Cementing.  
Halliburton Services.
- 4.- Catalogo Baker Oil Tools Company.
- 5.- Cementing.  
Dwight K. Smith, Second Printing.
- 6.- Productions Operation I  
Thomas O. Allen and Alan P. Roberts.
- 7.- Apuntes sobre diseño de cementaciones  
elaborados por el Ing. Cesar Trujillo V.
- 8.- Apuntes sobre roturas y colapsos de las  
Tuberías de Revestimiento en la zona de  
Villahermosa Tabasco.  
Ing. Luis M. Andaluz Carmona.